

RUBENS CORRÊA SECCO

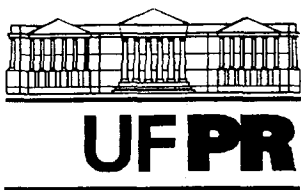
**DISPONIBILIDADE DE ZINCO DERIVADO DE LODO  
DE ESGOTO URBANO E DE DEJETO DE SUÍNOS ESTABILIZADOS PELO  
*PROCESSO N-VIRO* NUM CAMBISSOLO HÁPLICO DO SEGUNDO  
PLANALTO PARANAENSE CULTIVADO COM MILHO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área de Concentração Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Luiz A. C. Lucchesi

CURITIBA

2003



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)  
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-350-5648  
E-mail: [pgcisolos@agrarias.ufpr.br](mailto:pgcisolos@agrarias.ufpr.br)

## P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **RUBENS CORRÊA SECCO**, sob o título "**Disponibilidade de zinco derivado de lodo de esgoto urbano e de dejetos de suínos estabilizados pelo processo N-Viro num cambissolo háplico do Segundo Planalto paranaense cultivado com milho**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, com o conceito "**A**", completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba aos 25 de julho de 2003.

  
Prof. Dr. Luiz Antonio Corrêa Lucchesi, Presidente.

  
Dr. Ronaldo Severiano Berton, Iº Examinador.

  
Dr. Otavio Augusto Boni Licht, IIº Examinador.



A minha esposa Cíntia e a minha filha  
Mariana que por elas minha vida é cheia de  
felicidades.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo Dom da vida.

Aos meus Pais pelo exemplo e pela educação a mim dada, sem dúvida responsáveis pela minha orientação na vida.

À minha esposa Cintia pelo companheirismo, entendimento, apoio e grande auxílio nesta etapa que passamos.

Ao Professor Luiz Lucchesi pelas horas e horas de dedicação e sua capacidade de não medir esforços para se chegar ao final do trabalho.

À Universidade Federal do Paraná, por ter me acolhido e proporcionado tal oportunidade.

Aos senhores Francisco Heitor Calle Filho da Agropecuária Grão Forte, a Guilherme Munhoz da Rocha Bittencourt da Fazenda Quero-Quero e Antônio Carlos Bentin Montès de Lacerda, pela disponibilização da área experimental, matéria prima e atenção dispensada.

Aos colegas que juntos passamos horas de trabalho.

A todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho,

meus sinceros agradecimentos.

Pouco conhecimento faz que as criaturas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o céu, enquanto que as cheias a baixam para a terra, sua mãe.

Leonardo da Vinci

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>RESUMO</b> .....	xiii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3 HIPÓTESE.....	4
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	5
2.1 ZINCO NO SOLO.....	5
2.1.1 Zinco como Micronutriente Vegetal.....	6
2.2 METAIS PESADOS NO SOLO.....	7
2.3 MOBILIDADE DE METAIS PESADOS NO SOLO.....	8
2.4 EXTRATORES.....	10
2.5 BIODESTRUTURADOS NA AGRICULTURA.....	13
2.5.1 Uso de Lodo de Esgoto e Dejetos de Suínos na Agricultura.....	13
2.5.2 Parâmetros Sanitários.....	15
2.5.3 Níveis de Metais Pesados Permitidos no Lodo.....	16
2.5.4 Zinco e Metais Pesados nos Dejetos de Suínos.....	17
2.6 TRATAMENTO DE ESGOTO E GERAÇÃO DE LODO.....	18
2.7 LEGISLAÇÃO PARA A APLICAÇÃO DE LODOS DE ESGOTO E DEJETOS DE SUÍNOS PARA O ESTADO DO PARANÁ.....	19
2.8 O PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO ALCALINA COM SECAGEM ACCELERADA “N-VIRO PROCESS”.....	21
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E MEIO FÍSICO.....	24
3.2 SOLOS DA REGIÃO E DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	24
3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	25
3.3.1 Histórico da Área.....	25

3.3.2	Plantio do Milho.....	25
3.3.3	Os Experimentos e o Delineamento Experimental.....	26
3.3.4	Aplicação do N-Viro Soil (de Lodo de Esgoto), do NureSoil (de Deje- to de Suínos) e dos Adubos Sintéticos e Controle Químico de Ervas Daninhas e Pragas no Milho.....	27
3.3.5	CrITÉrios para o Estabelecimento das Dosagens de Biossólidos Tratados pelo Processo N-Viro e dos Adubos Sintéticos.....	28
3.3.6	Origem dos Biossólidos e seu Tratamento Experimental N-Viro Soil e NureSoil.....	30
3.4	AMOSTRAGEM DO SOLO E DOS BIOSSÓLIDOS.....	31
3.4.1	Preparo das Amostras de Solo.....	32
3.4.2	Caracterização Química do Solo dos Experimentos.....	32
3.4.2.1	Teores totais e extraíveis de zinco do solo.....	33
3.4.2.1.1	Extração total de zinco do solo.....	34
3.4.2.1.2	Extração de zinco do solo com Mehlich-1.....	35
3.4.2.1.3	Extração de zinco do solo por DTPA.....	35
3.4.3	Caracterização Química do Lodo de Esgoto e do Deje- to de Suínos Antes e Após seu Processamento.....	36
3.5	ANÁLISES BIOMÉTRICAS NO MILHO.....	36
3.5.1	Amostragem e Análise Folhear do Milho.....	37
3.5.2	Avaliação da Produtividade de Grãos.....	37
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	38
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
4.1	TEORES DE ZINCO NOS BIOSSÓLIDOS E DOSES APLICADAS.....	39
4.2	TEORES DE ZINCO NO SOLO.....	41
4.2.1	Teores de Zinco no Solo Antes da Implantação dos Tratamentos (Tempo 1): Teores Totais e Extraídos por M-1.....	41
4.2.2	Efeito dos Tratamentos nos Teores de Zinco Extraíveis Parcialmente do Solo.....	47
4.2.2.1	Teores de zinco extraíveis parcialmente do solo sob o experimento com	

N-Viro Soil (lodo de esgoto) (Tempo 2).....	48
4.2.2.2 Teores de zinco extraíveis parcialmente do solo sob o experimento com NureSoil (lodo de dejetos de suínos) (Tempo 2).....	51
4.3 TEORES DE ZINCO NAS FOLHAS DE MILHO.....	55
4.3.1 Teores de Zinco nas Folhas de Milho do Experimento com N-Viro Soil (Lodo de Esgoto).....	55
4.3.2 Teores de Zinco nas Folhas de Milho do Experimento com NureSoil (Lodo de Dejetos de Suínos).....	55
4.3.3 Discussão Sobre os Teores de Zinco nas Folhas de Milho de Ambos Experimentos.....	55
4.4 PRODUTIVIDADE DE MILHO.....	58
4.5 CORRELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS OBTIDOS.....	60
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>74</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - VALORES DE ZINCO NO PERFIL DE TRÊS LATOSSOLOS NO ESTADO DO PARANÁ.....	6
TABELA 2 - TEORES DE ZINCO EXTRAÍDOS COM MEHLICH-1 EM DIVERSOS SOLOS.....	13
TABELA 3 - LIMITES DE PATÓGENOS PRESENTES NO LODO DE ESGOTO PARA A RECICLAGEM AGRÍCOLA.....	16
TABELA 4 - VALOR LIMITE DE CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM LODO DE ESGOTO PARA A RECICLAGEM AGRÍCOLA.....	16
TABELA 5 - CONCENTRAÇÃO MÁXIMA PERMITIDA DE METAIS EM SOLOS AGRÍCOLAS, TRATADOS COM LODO DE ESGOTO, EM DIVERSOS PAÍSES.....	16
TABELA 6 - DOSES DE N-VIRO APLICADAS POR LUCCHESI.....	22
TABELA 7 - TEORES DE ZINCO NO SOLO EXTRAÍDOS POR EDTA ENCONTRADAS POR LUCCHESI PARA TRÊS DOSES DE N-VIRO.....	23
TABELA 8 - TEORES DE ZINCO NO SOLO EXTRAÍDOS POR M-1 ENCONTRADOS POR LUCCHESI PARA TRÊS DOSES DE N-VIRO.....	23
TABELA 9 - TRATAMENTOS E DOSES DE BIOSSÓLIDOS (LODO DE ESGOTO/N-VIRO SOIL E LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS/NURESOIL) E DE NUTRIENTES UTILIZADOS NOS EXPERIMENTOS.....	27
TABELA 10- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS MÉDIAS OBTIDAS PARA A ÁREA EXPERIMENTAL ANTERIOR À INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS, (AMOSTRAGEM	

	EM 24 DE AGOSTO DE 2001).....	29
TABELA 11-	TEXTURA DO TALHÃO DA FAZENDA SANTA TEREZINHA AONDE SE INSTALOU OS EXPERIMENTOS, (AMOSTRAGEM DE 03 DE ABRIL DE 2001).....	29
TABELA 12-	DOSES (BASE ÚMIDA) DE BIOSSÓLIDOS TRATADOS PELO PROCESSO N-VIRO CALCULADAS PELOS MÉTODOS DA SATURAÇÃO DE BASES E DO SMP PARA A CAMADA DE 0 A 5 PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO (N-VIRO SOIL) E COM LODO DE DEJETOS (NURESOIL) E EFETIVAMENTE APLICADAS.....	29
TABELA 13-	PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO SINTÉTICA NA CULTURA DO MILHO PLANTIO, 1 E 2 COBERTURA E 2 COBERTURA.....	30
TABELA 14-	ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS BIOSSÓLIDOS ANTES E APÓS SEU PROCESSAMENTO PELO PROCESSO N-VIRO.....	31
TABELA 15-	TEORES TOTAIS DE Zn (EM BASE ÚMIDA E SECA) NOS BIOSSÓLIDOS ANTES E DEPOIS DO TRATAMENTO PELO PROCESSO N-VIRO.....	40
TABELA 16-	DOSES DE Zn APLICADAS VIA BIOSSÓLIDOS TRATADOS PELO PROCESSO N-VIRO NOS DOIS EXPERIMENTOS ESTUDADOS.....	42
TABELA 17-	FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE ALGUNS PARÂMETROS PARA O EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO).....	62
TABELA 18-	FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE ALGUNS PARÂMETROS PARA O EXPERIMENTO COM	

NURESOIL (LODO DE DEJETO).....	63
--------------------------------	----

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - CROQUIS DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS (EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E COM NURESOIL A PARTIR DE LODO DE DEJETO DE SUÍNOS) E DISPOSIÇÃO DOS TRATAMENTOS..... 27
- FIGURA 2 - TEORES TOTAIS DE Zn (DIGESTÃO NITROPERCLÓRICA - MÉDIA DE 2 ALÍQUOTAS POR PROFUNDIDADE) DA PARCELA 14 EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO E MÉDIAS DA EXTRAÇÃO COM M-1 PARA EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO E PARA DEJETO DE SUÍNO (MÉDIA COM 4 REPETIÇÕES) EXPRESSOS EM BASE SECA..... 44
- FIGURA 3 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO (TEMPO 1) ANTES DA IMPLANTAÇÃO DOS TRATAMENTOS EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO)..... 45
- FIGURA 4 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO (TEMPO 1) ANTES DA IMPLANTAÇÃO DOS TRATAMENTOS EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS)..... 46
- FIGURA 5 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO) TEMPO 2..... 49
- FIGURA 6 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR DTPA DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO

EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO) TEMPO 2.....	50
FIGURA 7 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS) TEMPO 2 .....	53
FIGURA 8 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR DTPA DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS) TEMPO 2.....	54
FIGURA 9 - TEORES TOTAIS DE Zn NAS FOLHAS DE MILHO CULTIVADO EM SOLOS TRATADOS COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO).....	56
FIGURA 10 - TEORES TOTAIS DE Zn NAS FOLHAS DE MILHO CULTIVADO EM SOLOS TRATADOS COM NURESOIL (LODO DE DEJETO).....	56
FIGURA 11 - PRODUTIVIDADE DE MILHO NOS TRATAMENTOS COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO) COMPARADOS À ADUBAÇÃO MINERAL.....	59
FIGURA 12 - PRODUTIVIDADE DE MILHO NOS TRATAMENTOS COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NURESOIL (LODO DE DEJETO) COMPARADOS À ADUBAÇÃO MINERAL.....	59

## RESUMO

Enormes quantidades de lodo de esgoto urbano e de dejetos de suínos são geradas diariamente no Sul do Brasil, conseqüência da urbanização e verticalização da atividade agropecuária. Atualmente, tem aumentado a preocupação com a disposição final destes resíduos, buscando-se destiná-los atendendo exigências técnicas, legais e econômicas. A reciclagem de biossólidos na agricultura é uma alternativa em razão destes conterem nutrientes e matéria orgânica. Porém, em tais lodos podem ocorrer contaminantes ou certos elementos em níveis excessivos, necessitando de tratamento. Para tanto, tem-se proposto o Processo N-Viro, cujo produto final reúne características agronomicamente desejáveis, promovendo também a diluição e indisponibilização de metais pesados como o Zinco. Este trabalho objetivou a quantificação dos teores de Zn de dois biossólidos (esgoto urbano e dejetos de suínos) antes e após seu tratamento pelo Processo N-Viro e avaliação de sua distribuição no perfil do solo aonde tais biossólidos já tratados foram aplicados. Dois experimentos foram conduzidos no período de 18/dez/2001 a 3/mai/2002, um testando a utilização de biossólido de esgoto urbano (N-Viro Soil) e outro de dejetos de suínos (NureSoil), sobre um Cambissolo representativo do Segundo Planalto Paranaense, município de Palmeira PR. Cada um dos experimentos foi constituído por 6 tratamentos e 4 repetições, delineamento de blocos ao acaso. As doses dos biossólidos tratados foram estabelecidas com base em seu Poder de Neutralização. A área experimental foi manejada sob plantio direto e os fertilizantes aplicados superficialmente. Os biossólidos foram aplicados 4 dias antes do plantio do milho, as amostras de solo constituídas por 7 sub-amostras em 7 profundidades, tomadas em duas épocas (Tempos 1 e 2) antes e depois da aplicação dos biossólidos. Os teores de Zn do solo foram extraídos por Mehlich-1 em relação 1:10, e por DTPA em relação 1:2. Os teores totais de Zn do solo e dos biossólidos foram obtidos por digestão nitro-perclórica. A quantificação do Zn dos extratos se deu por espectrofotometria de absorção atômica. Observou-se uma significativa redução nos teores de Zn, nos biossólidos tratados pelo Processo N-Viro, de 132,3 e 536,5 mg kg<sup>-1</sup> antes para 98,5 e 190,1 mg kg<sup>-1</sup> após o tratamento, respectivamente para lodos urbanos e de suínos em base úmida. Ainda por alcalinizar o meio, o processo dilui e indisponibiliza o Zn por complexação, adsorção e precipitação. Indicando ser o Processo N-Viro uma alternativa para o tratamento de biossólidos a serem reciclados em solos agrícolas, particularmente quando se temer a presença de metais com comportamento similar ao Zn. Nos solos, tanto Zn extraído por M-1 quanto por DTPA, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Todos os resultados observados para extração parcial (Tempos 1 e 2) apresentaram baixos teores no perfil (todos valores < 9,0 mg kg<sup>-1</sup> solo). Os teores de Zn dos biossólidos sofreram significativa redução pelo seu processamento. As doses dos resíduos tratados geraram doses totais muito baixas do metal aplicado ao solo, cujos teores não foram significativamente alterados e detectados pelos extratores utilizados. Também não se detectou diferenças significativas nos teores folheares do milho cujas médias para o experimento com lodo de esgoto (N-Viro Soil) variaram de 9,85 a 14,04 mg kg<sup>-1</sup> e para o com lodo de dejetos de suínos (NureSoil) de 16,58 a mg kg<sup>-1</sup>, o que é um indício de possibilidade de reciclagem destes biossólidos sem que se incorra em riscos de contaminação por Zn.

## ABSTRACT

Large amounts of urban sewage-sludge and porcine waste are daily generated in the South of Brazil, and the final disposition of these residues is a constant worry. The recycling of such waste in agriculture is an attractive alternative due to its high content of nutrients and organic matter. However, the bio-solids need previous treatment in order to eliminate contaminants and/or certain elements present at excessive levels. For this purpose, the N-Viro Process has been proposed. It provides, among other things, the characteristic of unavailability of heavy metals such as Zn. This paper aims at quantifying the Zn content of two bio-solids (urban sewage-sludge and porcine waste) before and after the treatment using the N-Viro Process and the assessment of its distribution in the soil profile where such treated bio-solids were used. Two experiments were done between 18/Dec/2001 and 3/May/2002, one testing the bio-solid from urban sewage and the other from porcine waste, over a representative cambissolo at the Second Plateau in Paraná, in the city of Palmeira. Each experiment was made up of 6 treatments and 4 repetitions, underlying the blocks at random. Treated bio-solid doses were set based on the PN. The bio-solids were used 4 days before corn was planted. Samples were taken in 2 occasions, before and after the use of the treated bio-solids. Soil Zn content was determined by Mehlich-1 (1:10), and DTPA (1:2). Total Zn soil and bio-solids' contents were obtained through nitric-perchloric digestion. Zn quantification was done by atomic absorption. A significant reduction in Zn content in the bio-solids treated by the process was seen, from 132,3 and 536,5 mg kg<sup>-1</sup> before to 98,5 and 190,1 mg kg<sup>-1</sup> after the treatment, respectively, for urban sewage and porcine waste on humid base. As it also alkalizes the medium, the processes dilutes Zn and makes it unavailable per complexation, adsorption and precipitation. Zn extracted by M-1 or DTPA, did not present significant differences between the treatments. The results indicate that the Process is an alternative for the treatment of bio-solids that must be recycled in agricultural soils, specially when the presence of metals, similar to Zn, is feared.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente urbanização do Paraná e verticalização de sua agropecuária vêm acarretando, ao lado de benefícios econômicos e sociais, alguns problemas de ordem ambiental e prejuízos à qualidade de vida da população. Destes destacam-se no Estado aqueles gerados pelo acúmulo e pela disposição inadequada de biossólidos derivados da coleta e do tratamento de esgotos urbanos (lodos de esgoto) e da suinocultura (lodos de dejetos de suínos) os quais são gerados diariamente em enormes quantidades. Sabe-se que para melhorar tal realidade há a necessidade de não somente se efetuar a coleta e o tratamento dos esgotos ou simplesmente de se acumular dejetos de suínos em esterqueiras ou em outras estruturas, há também necessidade de se dar destino adequado aos lodos gerados para o quê surge como alternativa a reciclagem agrícola.

No que concerne ao saneamento básico, o Paraná, quando comparado a outros Estados da Federação, conta com um bom sistema de coleta e tratamento de esgotos (IBGE, 2002). No entanto, segundo (OLIVEIRA e FERNANDES, 2002) 42% do esgoto urbano é computado como coletado e deste 90% é tratado. Deste apenas uma pequena parcela do lodo de esgoto resultante tem sido reciclada na agricultura. Atualmente, também no Paraná, empreendedores e governo têm-se preocupado com a questão dos dejetos animais, particularmente dos oriundos da suinocultura, atividade para a qual tem-se buscado soluções que atendam tanto a exigências técnicas e legais, quanto a necessidades econômicas de forma a permitir a sustentabilidade da atividade que conta hoje, segundo ABCS (2002) SEAB (2003), com 4,4 milhões de animais.

Uma das alternativas economicamente viáveis e ambientalmente aceitáveis para se dar destino aos biossólidos é a sua reciclagem em sistemas de produção agrícola (Lucchesi, 1997). Porém, para que tal reciclagem ocorra sugere-se que os biossólidos sejam tratados por processos que os valorizem (trate, transforme e estabilize), transformando-os em materiais com características agronômicas desejáveis, de forma a permitir que macro e micronutrientes minerais vegetais tais como o nitrogênio, o fósforo, o zinco e outros neles contidos, assim como a matéria orgânica que em grande parte os constitui, ao serem aplicados aos solos tragam benefícios com o menor

impacto negativo possível ao ambiente e à saúde dos consumidores dos alimentos assim produzidos. A digestão aeróbica e anaeróbica, a irradiação por raios gama, a compostagem e os tratamentos térmicos e químicos citados por HAUG et al. (1992) e RIORDAN (1983) são categorias de processos que têm sido utilizados para tal.

Muitos pesquisadores têm-se dedicado a viabilizar a reciclagem agrícola de lodos de esgoto em solos do Paraná, buscando processos que permitam que os biossólidos por eles tratados alcancem, por exemplo, níveis de metais pesados e de sanidade tais que permitam sua destinação segura. Para tanto, LUCCHESI (1997) sugere que as alternativas mais econômicas e tecnicamente viáveis são a compostagem e o tratamento químico, onde se destaca o "Processo de Estabilização Alcalina Avançada com Subseqüente Secagem Acelerada" conhecido também na literatura como Processo N-Viro (PINTO, 2001; LOGAN & HARRISON, 1995; BURNHAM et al., 1990). Tal processo, sugerido por PREISLER (2002); SALVADOR (2002), para que seja adotado para o tratamento de biossólidos de origem urbana e rural, foi recentemente testado em Planta Piloto estabelecida no Município de Palmeira, PR.

Por outro lado, a aplicação de matéria orgânica pode trazer benefícios a muitos solos do Paraná que por sua vez necessitam fertilização para melhorar suas produtividades e qualidade da produção. Desta forma, implantando-se um sistema que permita compatibilizar tais necessidades com a de se dar adequado destino a lodos de esgoto produzidos pelos centros urbanos paranaenses e, ou a dejetos de suínos gerados no meio rural, pode-se, por meio da reciclagem de biossólidos tratados pelo Processo N-Viro, estar contribuindo significativamente para se dar solução a este grave problema.

Segundo LUCCHESI (1997), os produtos finais do Processo N-Viro adquirem características tais que permitem sua classificação como "Lodo Classe A" pela atual legislação americana (40 CFR 503), que rege a questão da sanidade dos biossólidos reciclados na agricultura, e como biossólidos de "Excepcional Qualidade" (EQ) para aqueles que atendam os limites estabelecidos para metais pela mesma legislação dentre os quais o zinco (USEPA, 1996; USEPA, 1994). Com relação à este elemento, o mais abundante micronutriente encontrado tanto nos biossólidos de origem urbana quanto

naqueles de suínos, em razão de sua administração na dieta destes animais, necessitam-se diagnosticar os seus níveis em solos aonde a reciclagem de lodos venha a ocorrer, bem como sua disponibilidade. A existência de poucos trabalhos que permitam instrumentalizar recicladores, técnicos e autoridades no monitoramento dos teores de zinco em solos do Paraná, afirmação esta inserida na problemática acima apresentada, justifica o presente trabalho uma vez que, apesar dos resultados de pesquisa que demonstram os efeitos positivos da aplicação de N-Viro em solos intemperizados cultivados (LUCCHESI, 1997), ainda existem dúvidas com relação ao destino de certos contaminantes presentes nos bio sólidos, em especial de “metais pesados” como o zinco.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a disponibilidade de zinco derivado de bio sólidos (de lodo de esgoto urbano aeróbio e de dejetos de suínos) tratados pelo Processo N-Viro aplicados superficialmente em área cultivada com milho sob plantio direto, de modo a gerar informações passíveis de subsidiar decisões no que concerne à sua reciclagem e ações de cunho legislativo e fiscalizatório no Estado do Paraná.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Quantificar os teores de zinco de dois bio sólidos, um advindo de lodo de esgoto urbano e outro de dejetos de suínos, antes e após estes terem sido tratados pelo Processo N-Viro, e caracterizar algumas de suas propriedades físicas e químicas.

Avaliar a distribuição de zinco no perfil do solo por três métodos extratores antes e após estes terem sido aplicados sob diferentes doses.

Avaliar a biodisponibilidade de zinco derivado de bio sólidos tratados pelo Processo N-Viro para milho, cultivado sob plantio direto em cambissolo dos Campos Gerais do Paraná.

Relacionar teores de zinco extraídos por diferentes métodos com doses

aplicadas e teores folheares de milho de modo a permitir estimar sua biodisponibilidade sob as condições estudadas.

Melhor compreender a dinâmica do zinco derivado de lodo de esgoto e de dejetos de suínos estabilizados pelo Processo N-Viro em um cambissolo representativo do Segundo Planalto do Paraná.

Gerar informações para subsidiar a legislação estadual que regulamentará a disposição e a reciclagem de lodos de esgoto no Paraná.

### 1.3 HIPÓTESE

Sendo necessário que biossólidos a serem reciclados em solos agrícolas apresentem níveis aceitáveis de metais pesados, espera-se que com a aplicação do Processo N-Viro os teores de zinco (totais e biodisponíveis) neles presentes antes do seu tratamento sejam reduzido. Espera-se ainda que tal afirmação seja comprovada quando da aplicação de tal processo em biossólidos advindos de lodo de esgoto urbano e dejetos de suínos, pela análise dos teores totais de Zn antes e após o seu tratamento. Isto posto, tal processo poderá ser considerado uma alternativa para o tratamento de biossólidos que se deseje reciclar em solos agricultáveis e que estejam com certo nível de contaminação. Complementarmente, em se conhecendo a necessidade de se monitorar solos que receberam aplicação de biossólidos, tratados ou não, em relação aos níveis de zinco biodisponíveis, espera-se, no presente trabalho, que as metodologias aqui utilizadas de extração parcial de zinco de solos aonde se aplicou biossólidos oriundos de dejetos de suínos e de lodos de esgoto urbano ambos tratados pelo Processo N-Viro, representem a realidade e norteie ações a serem futuramente tomadas no que concerne à sua reciclagem. Espera-se também demonstrar que os teores de zinco presentes nos biossólidos tratados pelo Processo N-Viro, em razão de seu baixo teor e forma química, após a sua aplicação superficial ao solo cultivado sob plantio direto, não promovam aumentos significativos nos teores extraíveis, tanto pelos métodos químicos utilizados quando por plantas de milho, utilizada como seu bioindicador.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ZINCO NO SOLO

Segundo RAIJ (1987), do ponto de vista de fertilidade do solo dentre os micronutrientes catiônicos, o zinco é o que desperta maior interesse na região Centro-sul do Brasil, devido aos numerosos relatos de solos deficientes e ou respostas de culturas à aplicação deste nutriente. A forma disponível para as plantas é o íon  $Zn^{2+}$ . O aumento do pH ou a presença de grandes quantidades dos ânions que precipitam o Zn pode reduzir a sua disponibilidade no solo. A solubilidade do Zn não é afetada por mudanças no potencial de oxi-redução. RAIJ (1979) complementa que o Zn pode existir no solo na forma de minerais primários ou como  $Zn^{2+}$  adsorvido às partículas mais finas, ainda, o Zn precipita com hidróxidos, fosfatos, carbonatos e silicatos e pode assim fazer parte dos materiais amorfos do solo. Esse metal pode ainda ser adsorvido à matéria orgânica ou com ela formar complexos.

Conforme LINDSAY (1978), não se conhece os minerais específicos que controlam a atividade do zinco na solução do solo.

Segundo OLIVEIRA et al. (1999), devido às baixas concentrações de zinco na solução do solo, a difusão (fluxo difusivo) é a forma mais importante de transporte deste elemento no solo. OLIVEIRA et al. (1999) ainda afirma que o fluxo difusivo do zinco é menor quanto maior o pH do solo e quanto maior o teor de argila deste.

MELLO et al. (1983), dizem que o zinco ocorre em minerais primários (minerais ferromagnesianos e magnesita, em rochas básicas; biotita e hornblenda, em rochas ácidas), secundários (precipitados sob várias formas, de acordo com as condições: fosfato, carbonato, hidróxido, zincato), como cátion trocável, na solução do solo e na matéria orgânica. Ainda, o mesmo autor afirma que o teor de zinco na litosfera é de 10 a 300 ppm de Zn total, sendo que o teor trocável é muito menor, com frequência da ordem de 1 ppm ou menos.

SOUZA e FERREIRA (1991), comentam que entre aos fatores que afetam a disponibilidade de Zn no solo estão os teores de argila, de óxidos de ferro e de

alumínio que, quanto maiores, maior também a fixação do elemento. Complementam os autores que os mecanismos de disponibilização são influenciados pelo pH, teores de fosfato e matéria orgânica.

LICHT (2000) em estudo da geoquímica do Estado do Paraná, mostra que a região onde localizou-se o experimento, apresenta teores totais de zinco compreendidos na faixa de entre 15,417 e 38,038 mg kg<sup>-1</sup> no sedimento de fundo das microbacias hidrográficas.

LUCCHESI (1997), encontrou os teores de zinco apresentados na Tabela 01 para três latossolos do Estado do Paraná, extraídos por 4 diferentes métodos.

TABELA 01 – VALORES DE Zn NO PERFIL DE TRÊS LATOSSOLOS NO ESTADO DO PARANÁ

	Latossolo Roxo derivado de basalto				Latossolo Vermelho-Escuro derivado de arenito caiua				Latossolo Vermelho-Amarelo derivado de migmatito			
	Total	EDTA	DTPA	M-3	Total	edta	dtpa	m-3	total	edta	dtpa	m-3
	.....Zn mg kg <sup>-1</sup> .....											
Mínimo	102,76	0,17	0,11	0,09	11,23	0,20	0,08	0,08	44,45	0,13	0,10	0,03
Máximo	121,12	2,27	1,49	2,06	16,48	0,42	0,18	0,44	64,69	1,71	1,75	2,56
Camada arável	121,12	2,27	1,49	2,06	14,13	0,39	0,17	0,40	46,21	1,06	1,05	1,62

FONTE: LUCCHESI (1997)

Segundo SHAWARBI (1952), citado por MELLO (1983) o Zn trocável torna-se tóxico quando em concentração superior a 0,28 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de terra, dependendo do solo e da cultura. Em geral, quanto maior o conteúdo coloidal do solo, maior deverá ser o seu teor de Zn disponível para se constituir em elemento tóxico. Como trata-se de um micronutriente catiônico, pode-se corrigir a toxidez de Zn através da calagem.

### 2.1.1 Zinco como Micronutriente Vegetal

Segundo MALAVOLTA (1997), para o micronutriente Zn, de um modo geral, aceita-se que a absorção radicular se dê ativamente na forma de Zn<sup>+2</sup>. Nas raízes cerca de 90% do elemento ocorrem em sítios de troca ou adsorvidos nas paredes das células do parênquima cortical. A absorção foliar também é ativa. O processo é favorecido por um pH do meio em torno de 6 e diminui muito quando o pH está perto de 3,0.

Complementa o autor que a deficiência de zinco é induzida pelo fósforo. Pois altos níveis de P no meio, solo ou solução nutritiva, causam diminuição na sua absorção, provocando sintomas de carência na parte aérea pois o nível do micronutriente no tecido cai abaixo do necessário. Isto se deve a várias causas: (1) o P insolubiliza o Zn na superfície das raízes diminuindo sua absorção; (2) o P inibe não competitivamente a absorção; (3) o P insolubiliza o Zn no xilema diminuindo o transporte para a parte aérea. Conclui o autor dizendo que o Zn é pouco móvel nas plantas e que o teor de Zn foliar para o milho esta compreendido entre 15 e 50 mg kg<sup>-1</sup>.

GALRÃO (1988) comenta que muitos pesquisadores, em diversos experimentos com aplicação de Zn, concluíram que as produções obtidas aumentaram significativamente até a doses entre 3,0 a 5,0 kg ha<sup>-1</sup> do micronutriente.

SOUZA e FERREIRA (1991) estimam que para a cultura do milho o Zn chega até as raízes pelos seguintes mecanismos: interceptação radicular com participação de 20 a 33%; fluxo de massa 20 a 33% e difusão com 33 a 60%.

MARTINS et al. (2003), estudando a disponibilidade de Zn para a cultura do milho cultivado sob diferentes doses de lodo de esgoto aplicado ao solo com e sem adição de calcário e com dosagens de Zn, via biossólido, de até 153 kg ha<sup>-1</sup>, concluíram que os teores de Zn nas folhas do milho foram diretamente proporcionais às dosagens de lodo aplicado. Complementam os autores que as concentrações de Zn foliar e da parte aérea foi mais alta naqueles tratamentos que não receberam calagem.

## 2.2 METAIS PESADOS NO SOLO

Os metais estão presentes naturalmente nos solos, em concentrações variáveis de acordo com a sua gênese. No entanto, estas concentrações podem sofrer incremento devido a processos antrópicos, principalmente por fontes difusas. A maioria das informações disponíveis na literatura brasileira refere-se à fertilidade do solo e poucos se referem à questão ambiental CETESB (2001).

De acordo com MATIAZZO e ANDRADE (2000), trabalhos sobre comportamento de metais pesados em solos, sua fitodisponibilidade e conseqüente

passagem para a cadeia alimentar têm sido objeto de estudos bastante intensivos na literatura mundial. Entretanto, no Brasil, esses estudos têm se limitado a fornecer dados sobre Cu e Zn, tendo em vista as limitações dos métodos analíticos utilizados para detectar concentrações traço de Cd, Hg e Pb.

Segundo BERTON (2000), as espécies vegetais variam grandemente quanto à sua sensibilidade aos metais. A tolerância ou sensibilidade também pode variar dentro da espécie vegetal. A fitodisponibilidade de um metal pode ser influenciada pela presença no solo de constituintes orgânicos e inorgânicos como óxidos de Fe e Al, silicatos, fosfatos e carbonatos, além da presença de outros metais.

LICHT (1998) comenta que a forma sob a qual os elementos-traço ocorrem nas amostras de solo, sedimentos de drenagem, rochas e outros materiais naturais determina o seu comportamento químico, tanto no que concerne ao seu comportamento frente ao ambiente natural, quanto aos procedimentos requeridos em laboratório para sua quantificação.

### 2.3 MOBILIDADE DE METAIS PESADOS NO SOLO

MATOS et al. (1995b), dizem que os solos podem apresentar uma grande variedade de sítios de adsorção, com diferentes propriedades de ligações e grande quantidade de complexos aquoso-iônicos e não iônicos capazes de participar da adsorção e possivelmente dos processos de precipitação de metais. Os metais podem, ainda, ser retidos no solo por complexação e quelação pela matéria orgânica, por adsorção específica em óxidos de ferro, alumínio e manganês e oclusão em carbonatos. Os mesmos autores observaram que a classe e horizonte do solo afetaram significativamente a adsorção e conseqüentemente a mobilidade dos metais. Dentre os tipos de solos estudados, o podzólico vermelho amarelo - PV, foi o de maior capacidade de retenção dos metais e o latossolo vermelho amarelo - LVa, o de menor capacidade. No que se refere aos horizontes do solo, a interação solo-soluto foi mais pronunciada no horizonte A, ficando os horizontes sub-superficiais (B e C) com interações bem mais restritivas.

Em estudo da destinação de resíduos no solo MATOS et al. (1995a) elaboraram modelos de regressão associando os fatores de retardamento e coeficientes de difusão do zinco de outros metais às propriedades físicas e químicas do solo. A participação das propriedades físicas nos modelos foi pequena, enquanto que as participações da matéria orgânica, por exemplo, foi mais significativa.

Também em estudos para a destinação de resíduos sólidos, MATTIAZZO e GLORIA (1995), observaram que os efeitos prejudiciais da presença de metais, manifestaram-se em solos com baixa capacidade de troca catiônica - CTC ( $< 5 \text{ cmol}/100 \text{ cm}^3$ ) e baixos conteúdos de argila, particularmente quando o pH do solo (em água) estava ao redor de 4,0. Ainda MATTIAZZO e GLORIA (1995) concluem que, a CTC e o pH do solo são os fatores limitantes para a aplicação de metais em solos de clima temperado, porém a quantidade máxima de metais que pode ser aplicada ao solo, presente em um resíduo orgânico ou inorgânico, dependem do conteúdo de argila e de óxidos de ferro e alumínio no solo.

MATTIAZZO et al. (1995), em aplicação de metais em solos de baixa CTC, concluíram que a atividade microbiana é significativamente afetada pelos metais aplicados e em solos argilosos a presença de metais não afetou significativamente a atividade microbiana, quando em valores de pH igual ou acima de 5,0.

Afirmam ainda MATTIAZZO e BARRETO (1995), que em solos com baixa CTC e baixo conteúdo de argila, o efeito da adição de metais foi mais prejudicial em pH 4,0, no momento da adição do metal na forma solúvel.

MATOS et al. (1996), mostra que em um estudo comparativo da mobilidade entre os metais nos horizontes B e C, o Zn destaca-se como sendo um dos elementos mais móveis. Nestas condições, é possível afirmar que o Zn é um dos metais que oferecem maior risco, em potencial, à contaminação de águas subterrâneas. Este autor observou uma grande retenção do Zn na fase trocável do solo, nas camadas superficiais sem calagem (62% do total retido). No horizonte C foi observada uma grande retenção no complexo de troca em toda sua profundidade. MATOS et al. (1996) conclui que a fração oxídica assumiu importante relação na retenção de Zn. Uma imobilização do metal foi proporcionada até no horizonte C, alcançando níveis

de até 80% do total retido. Dentre as propriedades do solo que afetam a retenção e mobilidade de metais pesados, estão o pH, CTC, quantidade de matéria orgânica, quantidade e tipo de fração argila (argilas silicatadas e óxidos) e competição iônica MATOS et al. (1996).

MATOS et al. (1996) afirma também que a prática da calagem faz diminuir a quantidade de Zn retido na fração trocável. Ainda, em Latossolo vermelho-amarelo, o horizonte A do solo, com e sem calagem, proporcionou menor mobilidade ao elemento Zn ( $P < 0.1$ ) em relação ao B. Os autores atribuíram esse fator ao grande número de regiões disponíveis para troca no horizonte A, pela presença da matéria orgânica.

Ainda neste contexto, BARBOSA FILHO (1992), em experimento com arroz de sequeiro em casa de vegetação, também constatou a redução dos teores de zinco, a medida em que o pH do solo era elevado com a adição de calcário.

Segundo LUCCHESI (1994), a concentração dos elementos traço em solos pode ser obtida através da utilização de métodos não-destrutivos e métodos destrutivos. Ou seja, com análise de nêutrons ativos ou dissolução total com emprego de ácido HF, dissolução parcial com 4M HNO<sub>3</sub>, ou por refluxo em NHO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>; já demonstrado por LUND et al., (1981). LUCCHESI (1994) diz ainda que a concentração dos elementos traço resultante nos solos está em função da metodologia utilizada.

Vale ainda considerar, de forma semelhante, que para uma boa avaliação dos metais traços presentes no solo, não se deve atribuir a utilização somente de métodos de extração de um solo puro, mas avaliar a possibilidade de misturas de resíduos, como citado, em misturas de solo e lodo de esgoto, por LUCCHESI (1994).

## 2.4 EXTRATORES

LICHT (1998), fala que métodos de extração de metais-traço em solos, sedimentos e outros materiais geológicos são usados em exploração geoquímica. O autor complementa que o usuário pode escolher um método que forneça o melhor

contraste entre as anomalias e o teor de fundo, dentro das restrições de custo, tempo, equipamento e passos analíticos encadeados.

Muitos extratores têm sido usados para avaliar o Zn disponível para as plantas. Estes incluem desde água e sais neutros (para extrair a fração solúvel e trocável) até soluções ácidas e mais recentemente, os agentes quelatos VIETS & LINDSAY, (1973).

RAIJ (1987) comenta que entre os extratores ácidos, o HCl é o que tem merecido maiores atenções. Ele extrai o Zn solúvel, trocável e parte daquele ligado à matéria orgânica, além de solubilizar parcialmente frações precipitadas com fosfato, carbonato, entre outros. Este método não é adequado para o uso em solos calcários. Ainda complementa o autor que, diversos autores encontraram boas correlações entre o Zn extraído com HCl 0,1N e aquele absorvido pelas plantas. No Brasil, diversos laboratórios extraem Zn com solução  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,125M + HCl 0,05M - extrator Mehlich-1.

Sobre o uso de quelatos, RAIJ (1987) menciona que, muitos laboratórios têm preferido o uso de quelatos para extrair o Zn e outros metais do solo, pois os quelatos tendem a simular a remoção dos nutrientes pelas plantas e a reposição destes para a solução pela fase sólida do solo. A quantidade do metal quelato que acumula no solo durante a extração é uma função da atividade inicial do nutriente (fator intensidade) e da habilidade do solo para repô-lo em solução (fator capacidade), que por sua vez estão ligadas à disponibilidade do íon para as plantas. Outra vantagem atribuída aos quelatos é que o pH de extração pode ser mantido mais próximo daquele do solo, sendo um fator importante para a determinação do nutriente, cujas solubilidades dependem da reação do solo.

Vários quelatos têm sido descritos na literatura para extração do Zn, entre eles a ditizona tamponada a pH 7,0 com  $\text{NH}_4\text{OAc}$  e o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) em várias concentrações e geralmente tamponado, próximo a neutralidade e o DTPA (ácido dietilenotriaminopentacético) em trietilonamina, tamponado a pH 7,3. Este último é talvez o mais usado. O método do DTPA, foi desenvolvido para solos calcários, mas também pode ser utilizado em solos ácidos se

for incluído o pH dos solos na interpretação dos resultados (BAKER e AMACHER, 1982).

LICHT (1998), comenta que em muitos levantamentos geoquímicos, o contraste entre o teor de fundo e as anomalias pode ser melhorado pela extração seletiva, dirigida a formas específicas de ocorrência de um elemento, em vez de seu teor total. Esses métodos de extração seletiva são baseados na forma de ocorrência do elemento.

O mesmo autor conclui ainda que o tempo, a temperatura e a estabilidade química dos minerais afetam a taxa de decomposição de uma amostra submetida à extração total ou seletiva. Em geral, uma reação de dissolução se processa com uma velocidade inicial relativamente rápida, que vai se atenuando à medida que o equilíbrio esteja sendo atingido, ou então que a fase atacada esteja sendo consumida. As taxas de reação tendem a crescer na razão direta da temperatura.

O Zn extraído por qualquer dos extratores pode ser determinado colorimetricamente ou por espectrofotometria de absorção atômica, sendo este último mais adequado para laboratórios de solo que fazem determinações de vários cátions.

BUZETTI (1992), comparando os extratores acima citados, DTPA, Mehlich 1, e HCl 0,1N, concluiu que estes mantêm um comportamento semelhante quando para a extração de zinco, mesmo quando este tiver sido adicionado ao solo, com fins científicos.

Porém, BATAGLIA e RAIJ (1994), em estudos para avaliação da fitodisponibilidade de zinco para duas culturas, milho e arroz, constataram que o extrator DTPA, apresentou coeficientes de correlação ligeiramente superior que os demais, para tais culturas.

Segundo RAIJ (1987), Mehlich-1 tem preferência de uso em muitos laboratórios por já ser usado para fósforo e por fornecer extratos muito límpidos, embora não haja alguma razão teórica que recomende seu uso. Os valores obtidos são da ordem de até algumas partes por milhão de zinco.

Como diz COX e KAMPRATH (1972), o zinco solúvel no solo é diretamente relacionado com o extrator que se usa. Por exemplo, para o mesmo solo temos os seguintes resultados:

1 – 7,5 ppm com HCl 0.1 N

0,3 – 2,3 com ditizona + acetato de amônio

1,4 – 3,0 com EDTA + carbonato de amônio

0,5 – 1,0 com DTPA a pH 7,3

MELLO (1983) fala que as quantidades de Zn solúvel extraídas, dependem do extrator, da relação solo-extrator e do tempo de extração, e que a solubilidade do Zn depende do pH e, por isso, as deficiências desse elemento (micronutriente) em solos com pH elevado ou que receberam calagem excessiva, podem ser explicadas por esse fato.

CAMARGO (1979) utilizou Mehlich-1 em vários solos e obteve os resultados apresentados no tabela 02:

TABELA 02 - TEORES DE ZINCO EXTRAÍDOS COM MEHLICH-1 EM DIVERSOS SOLOS

SOLO	MEHLICH Zn ppm
Latossolo Vermelho Amarelo Húmico (LH)	1,4 – 7,4
Latossolo Vermelho Escuro orto (LE)	1,7 – 17,9
Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa (Lea)	0,6 – 10,7
Latossolo Roxo (LR)	3,6 – 6,8
Podzólico Vermelho Amarelo orto (PV)	9,7 – 13,4
Podzolizado de Lins e Marília var. Marília (Pml)	1,3 – 3,8
Cambissolo	1,0 – 1,7

## 2.5 BIOSSÓLIDOS NA AGRICULTURA

### 2.5.1 Uso de Lodo de Esgoto e Dejetos de Suínos na Agricultura

CARVALHO & BARRAL (1981) mencionam que a aplicação de biossólidos atribui as seguintes características: físicas; melhora a retenção de água, reduz a densidade do solo, a variação da temperatura, aumenta a estabilidade de agregados, redução no escoamento superficial, desaceleração do processo erosivo. Estes efeitos podem ser observados em maior escala principalmente em solos degradados. Químicas: melhoria na fertilidade, aumento dos teores de matéria orgânica, lodos alcalinizados são capazes de elevar o pH, a CTC do solo é normalmente melhorada

orgânica e biológicas: estas mudanças químicas e físicas relatadas anteriormente, normalmente geram um aumento de massa viva do solo, por proporcionar condições para um melhor desenvolvimento da vida (tanto das plantas cultivadas, quanto da fauna e flora do solo).

LUCCHESI (1997b), menciona que solos tratados com doses crescentes de bio sólidos apresentaram incremento na produtividade de aveia e azevém, proporcionalmente às doses aplicadas.

LUCCHESI (1997b), em experimento com lodo de esgoto tratado pelo processo N-Viro, aplicou doses de zinco via bio sólido de 5,6; 11,1 e 22,3 mg kg<sup>-1</sup>.

ENCKENFELD, (1988) diz que os limites para a aplicação dos elementos traço via bio sólidos nos solos devem estar baseados tanto nas propriedades dos solos quanto nas dos bio sólidos. Elementos traço, como As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Mo, Pb, se, Zn e Co, tendem a co-precipitar no esgoto e se concentrar no lodo. No esgoto a presença de zinco está ligada a efluentes de indústrias de galvanização, aço, fibras sintéticas, tintas, pilhas elétricas e borracha.

BERTONCINI e MATTIAZZO (1999) dizem que em solos tratados com lodo de esgoto em uma dose de 156 t ha<sup>-1</sup> em base seca, após um período de incubação, de 310 dias adicionando-se água suficiente para o estudo da lixiviação de metais pesados, os níveis de zinco encontrados no lixiviado não passaram de 2% dos teores existentes no lodo e ainda que o aumento dos teores de matéria orgânica proporcionados pela adição do lodo de esgoto, contribuiu para a menor mobilidade do zinco no solo.

BERTON et al (1989) utilizando dosagens equivalentes a 40 e 80 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto digerido anaerobiamente, centrifugado, seco ao ar (não compostado) e com um teor de 4,11 mg kg<sup>-1</sup> de Zn, aplicados em solos cultivados com milho como indicador, comenta que houve aumento significativo, proporcional, às doses de lodo aplicado, na produção de matéria seca de milho, devido ao aumento da absorção de nutrientes pela planta (N, P, Ca, Mg e Zn), o autor conclui que mesmo nestas dosagens o elemento Zn não apresentou problemas a ponto de causar redução na produção de matéria seca de milho.

LUCCHESI (1998b), comparando a biodisponibilidade do elemento Zn para aveia e azevém, quando submetidos a doses de zinco derivados de dois processos de estabilização de lodo de esgoto, compostagem e processo N-Viro, diz que a biodisponibilidade deste elemento é maior para os tratamentos com a aplicação de compostagem do que N-Viro, complementa ainda que a biodisponibilidade tende a ser mais influenciada pelas fontes de Zn que pelos solos.

LUCCHESI (1997a), conclui que Zn derivado de biossólidos estabilizados por compostagem, tende a ser mais biodisponível do que quando estabilizados pelo processo N-Viro, em mesmas condições, quando avaliados por dois diferentes extratores, M-1 e EDTA.

O lodo de esgoto, subproduto gerado através do tratamento de esgoto urbano, apresenta disposição final problemática e freqüentemente negligenciada, o que compromete parcialmente os efeitos benéficos da coleta e tratamento de esgotos. Pode-se dizer que para os dejetos de suínos a situação é parecida no que diz respeito ao impacto ambiental causado, porém difere na forma de coleta e armazenamento. A reciclagem agrícola de lodos de esgoto e de dejetos de suínos deve atender uma série de requisitos para que sua aplicação e eficiência sejam viáveis. Dentre eles: Avaliação da Qualidade do Lodo - Parâmetros agronômicos; Metais pesados; Estabilização; Sanidade. Recomendação Agronômica - Responsabilidade Técnica; Aptidão do Solo; Restrições Ambientais; Culturas mais Aptas; Dose de Aplicação; Precauções no Transporte; Depósito Temporário na Propriedade. Monitoramento Ambiental Responsabilidade; Monitoramento da Qualidade do Biossólido; Monitoramento da Área de Aplicação, (IAP, 2002).

### 2.5.2 Parâmetros Sanitários

IAP (2002), para fins de análise padrão sanitário do lodo, serão avaliados os seguintes indicadores: ovos viáveis de helmintos e coliformes fecais. A tabela 03 apresenta os valores limites almejados. Uma vez controlados estes patógenos, os

demais automaticamente estarão presentes no lodo em níveis admissíveis e que não proporcionam riscos aos usuários do produto, consumidores e ao meio ambiente.

TABELA 03 - LIMITE DE PATÓGENOS PRESENTES NO LODO DE ESGOTO PARA A RECICLAGEM AGRÍCOLA

Parâmetros	Limites
Contagem de Ovos Viáveis de Helmintos	0,25 ovos/g/M.S.
Coliformes Fecais	10 <sup>3</sup> NMP/g M.S.

FONTE: IAP (2002)

### 2.5.3 Níveis de Metais Pesados Permitidos no Lodo

Na tabela 04 e 05 estão apresentados os níveis tolerados dos elementos quando da disposição de biossólidos no solo.

TABELA 04 - VALOR LIMITE DE CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM LODO DE ESGOTO PARA A RECICLAGEM AGRÍCOLA

Elemento	Teor Limite no Lodo (mg kg <sup>-1</sup> de Matéria Seca)
Cd	20
Cu	1000
Ni	300
Pb	750
Zn	2500
Hg	16
Cr	1000

FONTE: IAP (2002)

TABELA 05 - CONCENTRAÇÃO MÁXIMA PERMITIDA DE Zn EM SOLOS AGRÍCOLAS, TRATADOS COM LODO DE ESGOTO, EM DIVERSOS PAÍSES

País	mg kg <sup>-1</sup>
CEE	150 – 300
França	300
Alemanha	200
Itália	300
Espanha	150
Reino Unido	300
Dinamarca	150
Finlândia	150
Noruega	150
Suécia	100
Est. Unidos	1400
Nova Zelândia	280
Canadá(Ontário)	220

Fonte: SANEPAR (1999)

#### 2.5.4 Zinco e Metais Pesados nos Dejetos de Suínos

Os compostos químicos de maior preocupação nos dejetos suínos são nitrato, fósforo (P) e potássio (K), mas os minerais traços, que são com frequência incluídos nos alimentos dos animais em concentrações muito maiores que as exigências, tornam-se parte dos dejetos. A média de eficiência de utilização do N da dieta de suínos é de 29%, do P é de 28% e do K é de 6%. Nesse mesmo contexto, é sugerido pelo NRC (1998) que 45 a 60% do N, 50 a 80% do cálcio (Ca) e P e 70 a 95% do K, sódio (Na), magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e ferro (Fe) consumidos são excretados pelos animais. Desta forma, a administração destes elementos deve ser otimizada, então muitos nutrientes animal, inclusive o Zn, são administrados aos animais na forma de compostos inorgânicos, denominação dada para "íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando estruturas com características únicas de estabilidade e de alta biodisponibilidade mineral". Quando quelatados, proteinados e transformados em complexos de forma correta, os microminerais são absorvidos e aproveitados pelos animais em proporções superiores a dos elementos presentes no alimento ou, até mesmo, daqueles elementos dos sais usados nos premixes pois elementos como zinco, manganês, cobre, ferro, cromo e selênio desempenham papéis fundamentais nos animais em todas as suas fases, atuando nos sistemas imunológico, enzimático, reprodutivo, no metabolismo de energia, proteína e lipídios, integridade epitelial, entre outros. Para garantir que o animal receba as quantidades necessárias de cada um destes microelementos, eles são incluídos nos premixes minerais, que por sua vez são adicionados às rações. [suinoculturaindustrial.com.br](http://suinoculturaindustrial.com.br).

COSTA (2003) comenta que quando um animal consome esta ração, ocorre uma dissociação do elemento zinco, ou seja, o zinco fica livre no sistema digestivo, e desta forma o animal não consegue absorvê-lo e aproveitá-lo. Para que o zinco possa ser absorvido, ele necessita estar ligado a um agente "ligante" ou molécula transportadora, que permite a passagem através da parede do intestino. Muitos destes

íons de zinco não conseguem se ligar a um agente transportador e acabam sendo excretados nas fezes.

No que diz respeito à sanidade dos animais, em leitões lactantes, os diagnósticos mais constantes são: colibacilose, hipoglicemia, enteroxemia e coccidiose. Em casos de diarreia pós-desmame, também muito comum, os produtores têm adicionado sais de zinco à ração. CARVALHO (2003), comenta que embora a medida tenha contribuído para a solução deste problema, criou-se outro, de ordem ambiental, já que os animais eliminam o zinco nas fezes.

## 2.6 TRATAMENTO DE ESGOTO E GERAÇÃO DE LODO

Segundo ALEM SOBRINHO (2001), o tratamento do esgoto sanitário implica na remoção de matéria orgânica e inorgânica, em suspensão dissolvida do esgoto. Assim, o lodo primário nada mais é do que o esgoto sanitário com os seus materiais orgânicos e inorgânicos em suspensão muito mais concentrados, sendo portanto, ainda mais agressivo do que o próprio esgoto e necessita ser tratado para estabilizar a matéria orgânica e diminuir seu volume, de modo a permitir uma disposição adequada do lodo.

ALEM SOBRINHO (2001), diz que os tratamentos primário e físico-químico de esgoto sanitário bruto, removem respectivamente cerca de 30-35% e 60-65% de DBO. Uma remoção mais efetiva de matéria orgânica pode ser conseguida até mais economicamente através de tratamento biológico, onde microrganismos utilizam essa matéria orgânica em um reator biológico, para obtenção de energia para as suas atividades e como fonte de matéria prima para sua reprodução.

O autor ainda comenta que, atualmente, um problema ambiental bastante sério, observado em regiões metropolitanas e em cidades de porte médio que implantaram sistemas de tratamento de esgoto sanitário, é relativo ao destino dos lodos produzidos em suas ETEs. Para uma adequada solução desse problema é necessário inicialmente se conhecer a produção de lodo, considerando o aspecto quantitativo de sólidos produzidos em uma ETE. O teor de sólidos do lodo é outro parâmetro importante para

a disposição final destes e depende fundamentalmente do tipo de estabilização utilizado (biológica anaeróbia ou aeróbia, ou química) e do tipo de equipamento de desaguamento utilizado.

Segundo ANDREOLI, et al. (1997), os diferentes sistemas de tratamento de esgoto e seus respectivos estágios geram lodos com características e quantidades variáveis. Os processos aeróbios produzem de 15 a 20 mil litros de lodo por milhão de litros de esgoto tratado, com 0,5 a 2% de sólidos contendo 50 a 60% de matéria orgânica. Os processos anaeróbios, em geral, produzem quantidades menores de lodo. Uma estimativa teórica do potencial de produção de lodo de esgoto no Brasil, considerando apenas o tratamento integral do esgoto coletado da população urbana (que beneficia aproximadamente 35% da população), produziria diariamente cerca de 25 a 35 mil toneladas de lodo primário (com 3 a 7% de sólidos) ou 750 a 2450 toneladas (em base seca). A produção de lodo secundário estaria entre 150 a 200 mil t (com 0,5 a 2% de sólidos) ou 750 a 4000 t (em base seca) considerando-se uma produção per capita diária média de esgoto em torno de 250 litros. A amplitude anual de produção de lodo em base seca situa-se entre 244 mil a 1,46 milhões de toneladas. A maior parte dos esgotos de Curitiba é tratada por uma estação de aeração prolongada (ETE – Belém) que gera aproximadamente 80 toneladas/dia de lodo a 80 – 85% de umidade, após ser desidratado por uma desaguadora contínua de prensas cintadas com adição de polímeros. Ainda, existem cerca de 200 pequenas unidades espalhadas por todo o estado do Paraná, as quais produzem lodo anaeróbio em RALFs, por bateladas, de 3 a 4 vezes por ano, com uma umidade de 40 a 60%.

A estabilização do lodo, segundo MIKI et al. (2001), tem como objetivos reduzir a quantidade de patógenos, eliminar os maus odores e inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação.

## 2.7 LEGISLAÇÃO PARA A APLICAÇÃO DE LODOS DE ESGOTO E DEJETOS DE SUÍNOS PARA O ESTADO DO PARANÁ

O Instituto Ambiental do Paraná, IAP, apresentou uma proposta para o licenciamento ambiental da gestão agrícola do lodo, onde são apresentadas varias diretrizes para o controle e segurança na disposição final destes resíduos. Com embasamento em leis e decretos federais, Decreto no 24.643/34 - Código de Águas; Lei no 4.771/65 - Código Florestal Brasileiro; Lei no 6.938/81 e Decreto no 99.274/90 - Política Nacional do Meio Ambiente; Lei no 7.803/89 - altera o Código Florestal Brasileiro e estaduais, leis e decretos estaduais, Lei no 6.513/73 e Decreto no 5.316/74 - Proteção dos Recursos Hídricos contra Agentes Poluidores; Lei Complementar nº 4/75 e Decreto nº 3.641/77 - dispõe sobre o Código Sanitário do Estado; Lei no 7.109/79 e Decreto no 857/79 - Sistema de Proteção do Meio Ambiente; Decreto no 6.120/85 - dispõe sobre a preservação do solo agrícola no Estado do Paraná; Lei 10.066/92 - Criação da Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA e do Instituto Ambiental do Paraná – IAP; Lei nº 10.233/92 - Taxa Ambiental; LEI PR No. 12493 - 22/1/99 - Disposição de Resíduos Sólidos, portarias, resoluções e normas da SEMA e IAP, Resolução SEMA no 008/94 - Procedimentos administrativos referentes ao Licenciamento Ambiental; Portaria IAP no 145/94 - Competência aos Escritórios Regionais sobre o Licenciamento Florestal; Resolução SEMA no 006/94 - Licenciamento Ambiental; Portaria IAP no 098/95 - Competência aos Escritórios Regionais sobre o Licenciamento e Fiscalização Ambiental, normas ABNT,

NBR 10.004 - Resíduos sólidos

NBR 10.005 - Lixiviação de resíduos

NBR 10.006 - Solubilização de resíduos

NBR 10.007 - Amostragem de resíduos

NBR 12.988 - Líquidos livres- Verificação em amostras de resíduos

NBR 8849 - Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos

NBR 8419 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos

NBR 12.235 - Armazenamento de resíduos sólidos perigosos

NBR 11.174 - Armazenamento de resíduos classe II, não inertes e classe III, inertes.

E norma técnica, NT - Proposta preliminar de Norma Técnica para Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto.

Dentro dos vários parâmetros apresentados por esta proposta, características da estação, sistema de higienização, avaliação da qualidade do lodo, recomendação agrônômica e o monitoramento ambiental, o que nos interessa para este trabalho são os teores de zinco permitido no material a ser aplicado. Na tabela 04 estão apresentados os valores limites de metais pesados em lodo de esgoto para reciclagem agrícola. Nesta o elemento zinco, objeto de estudo apresenta um valor de  $2500 \text{ mg kg}^{-1}$  de matéria seca.

## 2.8 O PROCESSO DE ESTABILIZAÇÃO ALCALINA COM SECAGEM ACELERADA "N-VIRO PROCESS"

O Processo de Estabilização Alcalina com Secagem Acelerada, a partir daqui chamado de processo N-Viro, utiliza-se de reagentes alcalinos tais como o calcário, e outros resíduos industriais são misturados aos biossólidos. Tais reagentes dependem de sua alcalinidade, características físicas e químicas, e dos custos (N-VIRO, 1996).

O processo de N-Viro estabiliza e pasteuriza os biossólidos, reduzindo o seu odor a níveis aceitáveis, reduzindo também a disponibilidade de vários elementos tóxicos (LOGAN, 1990).

O produto final deste processo é o N-Viro Soil, um produto com um aspecto granular similar ao solo, com múltiplos usos comerciais, e passível de ser utilizado com segurança em sistemas agrícolas BURNHAM et al. (1992).

Quando do contato entre os biossólidos e os reagentes alcalinos ocorre uma reação química que promove a elevação da temperatura da massa para  $52 - 62 \text{ }^\circ \text{C}$  ("pulso de calor") e o pH para valores acima de 12. Tal aquecimento faz com que se eleve o teor de sólidos para aproximadamente 50%, N-VIRO (1999).

A aplicação de N-Viro Soil nos solos promove aumentos de pH, CTC, disponibilidade de alguns nutrientes (bases, fósforo e potássio) e a minimização da toxidez de certos elementos como  $Al^{3+}$  do solo. Pode ocorrer a adsorção do Zn pelos óxidos, e sua precipitação como fosfatos, hidróxidos, carbonatos e silicatos.

O material resultante do processo de estabilização possui um pH alcalino, tornando-se portanto além de um corretivo da acidez dos solos passível de utilização pelos equipamentos convencionalmente utilizados pelos agricultores, N-VIRO (1999).

Segundo LOGAN (1997), as principais vantagens do produto N-Viro Soil são: Produz um material que apresenta características físicas, químicas e biológicas adequadas à reciclagem em sistemas agrícolas;

Resulta em um produto com grande estabilidade, capaz de ser estocado por um longo período;

Apresenta flexibilidade para tratamentos em diferentes comunidades;

Imobiliza metais;

O pulso de calor aplicado nos bio-sólidos, mantém a microflora benéfica, este fator, mais o alto pH, previne contra reinfestações de organismos patógenos;

Substituto do calcário;

Muito útil para solos desgastados devido ao manejo inadequado, e na recuperação de áreas degradadas;

Substrato para produção vegetal.

Lucchesi (1997) em experimento com três latossolos do Estado do Paraná, aplicou doses crescentes de N-Viro Soil tabela 06, e obteve os resultados apresentados nas tabelas 07 e 08 para o elemento Zn, extraídos por dois métodos distintos.

TABELA 06 - DOSES DE N-VIRO APLICADAS POR LUCCHESI

DOSES DE N-VIRO APLICADAS	Base seca	base úmida
	.....Mg ha <sup>-1</sup> .....	
1	22,6	37,2
2	45	74,4
3	90,2	148,8

FONTE: LUCCHESI (1997)

TABELA 07 - TEORES DE ZINCO NO SOLO EXTRAÍDOS POR EDTA  
ENCONTRADOS POR LUCCHESI PARA TRÊS DOSES DE N-VIRO

	Latossolo Roxo derivado de basalto	Latossolo Vermelho-Escuro derivado de arenito caiua	Latossolo Vermelho-Amarelo derivado de migmatito
Doses	Zn mg kg <sup>-1</sup>		
1	1,77	3,61	3,44
2	4,82	4,44	4,45
3	5,19	7,64	7,70

FONTE: LUCCHESI (1997)

TABELA 08 - TEORES DE ZINCO NO SOLO EXTRAÍDOS POR M-1  
ENCONTRADOS POR LUCCHESI PARA TRÊS DOSES DE N-VIRO

	Latossolo Roxo derivado de basalto	Latossolo Vermelho-Escuro derivado de arenito caiua	Latossolo Vermelho-Amarelo derivado de migmatito
Doses	Zn mg kg <sup>-1</sup>		
1	4,90	2,77	2,63
2	7,79	7,77	5,32
3	11,00	9,27	13,84

FONTE: LUCCHESI (1997)

LUCCHESI (1998a), estudando a solução aquosa lixiviada em colunas com três latossolos representativos do Estado do Paraná, horizontes sub-superficiais, quando submetidos à aplicação de três doses de N-Viro Soil, (22,6; 45 e 90,2 Mg ha<sup>-1</sup>) mostra que o teor de Zn no lixiviado foi baixo, (0,02 mg kg<sup>-1</sup>), mesmo aplicando doses elevadas de bio-sólidos. LUCCHESI complementa que a espécie do metal mais abundante foi a de Zn dissolvido em matéria orgânica.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E MEIO FÍSICO

O experimento foi conduzido em talhão da Fazenda Santa Terezinha, localizada na microbacia do Rio Pulgas, tributário do Rio Tibagi, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Paraná, município de Palmeira, Paraná, a aproximadamente 80 km de Curitiba, a 4 km da rodovia BR 277, inserida, segundo MAACK (1968), no Segundo Planalto Paranaense, na região denominada de Campos Gerais do Paraná, cuja altitude está compreendida entre 800 a 960 metros do nível do mar. A altitude da área experimental é de 940 metros.

Na região onde se encontra a área experimental, contida na Folha Geológica de Quero-Quero (BIGARELLA, 1966), ocorrem formações de origem flúvio-glacial, a Formação Itararé e a Formação Furnas. Ali, segundo LARACH et al. (1984) os solos têm origem em produtos da meteorização de rochas sedimentares, principalmente folhelhos silticos e siltico-arenosos pertencentes a diferentes grupos ou formações geológicas. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfb, ou seja, subtropical úmido, mesotérmico, com geadas severas e frequentes no inverno, sem estação seca definida IAPAR (1994). A precipitação e a temperatura média são respectivamente 1500 mm e 19° C, sendo a mínima de 13° C e a máxima de 24° C. A umidade relativa média do ar é de 80%, e o número de horas com insolação está entre 1800 a 2000 horas por ano (IAPAR, 1994).

#### 3.2 SOLOS DA REGIÃO E DA ÁREA EXPERIMENTAL

Dentre os solos que ocorrem na região destaca-se a unidade classificada por LARACH et al. (1984) como Ca23: Associação Cambissolo Álico Tb substrato folhelhos silticos + Podzólico Vermelho-amarelo álico Tb câmbico ambos A proeminente textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo suave ondulado de vertentes curtas. O solo de ocorrência na área experimental é

provavelmente um Cambissolo Háptico A proeminente textura média fase campo subtropical relevo suave ondulado, possivelmente formado a partir de materiais citados por LARACH et al. (1984), como provenientes da decomposição de folhelhos siltico-arenosos do Grupo Faxina-Furnas do Devoniano.

### 3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

#### 3.3.1 Histórico da Área

A exploração agropecuária realizada na Fazenda Santa Terezinha, da Agropecuária Grão Forte Ltda., é conduzida em moldes representativos da agricultura comercial dos Campos Gerais do Paraná em área com acidez excessiva já corrigida. As produtividades médias obtidas na referida propriedade para a soja nas safras 1998/99, 1999/00 e 2000/01 foram respectivamente de 2975, 3446 e 3100 kg ha<sup>-1</sup>, e para o milho nas safras 1998/99 e 1999/00 de respectivamente 6694 e 7934 kg ha<sup>-1</sup>.

A gleba em que foi alocada a área experimental vinha sendo cultivada sob plantio direto com soja (*Glycine max* (L.) Merril), milho (*Zea mays* L.) e aveia preta (*Avena strigosa* Sereb) para cobertura. Antes da instalação dos experimentos, em 18 de dezembro de 2001, tal área havia sofrido a seguinte rotação: aveia preta para cobertura em 2000, soja na safra 2000/01, seguida por aveia em 2001 (dessecada em 28 de setembro de 2001 com Roundup (3 L ha<sup>-1</sup> de glifosate 400 g L<sup>-1</sup> + 0,1% de óleo) que em razão do atraso no plantio do milho foi sucedida por papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch), que foi novamente dessecado da mesma forma antes do plantio.

#### 3.3.2 Plantio do Milho

A escolha da variedade de milho foi embasada na necessidade desta ser precoce devido à época de semeadura já ser tardia para aquela região, e desta apresentar sensibilidade ao alumínio disponível no solo, de modo a permitir a observação de outros efeitos dos tratamentos, estudados por outros autores (SALVADOR, 2002,

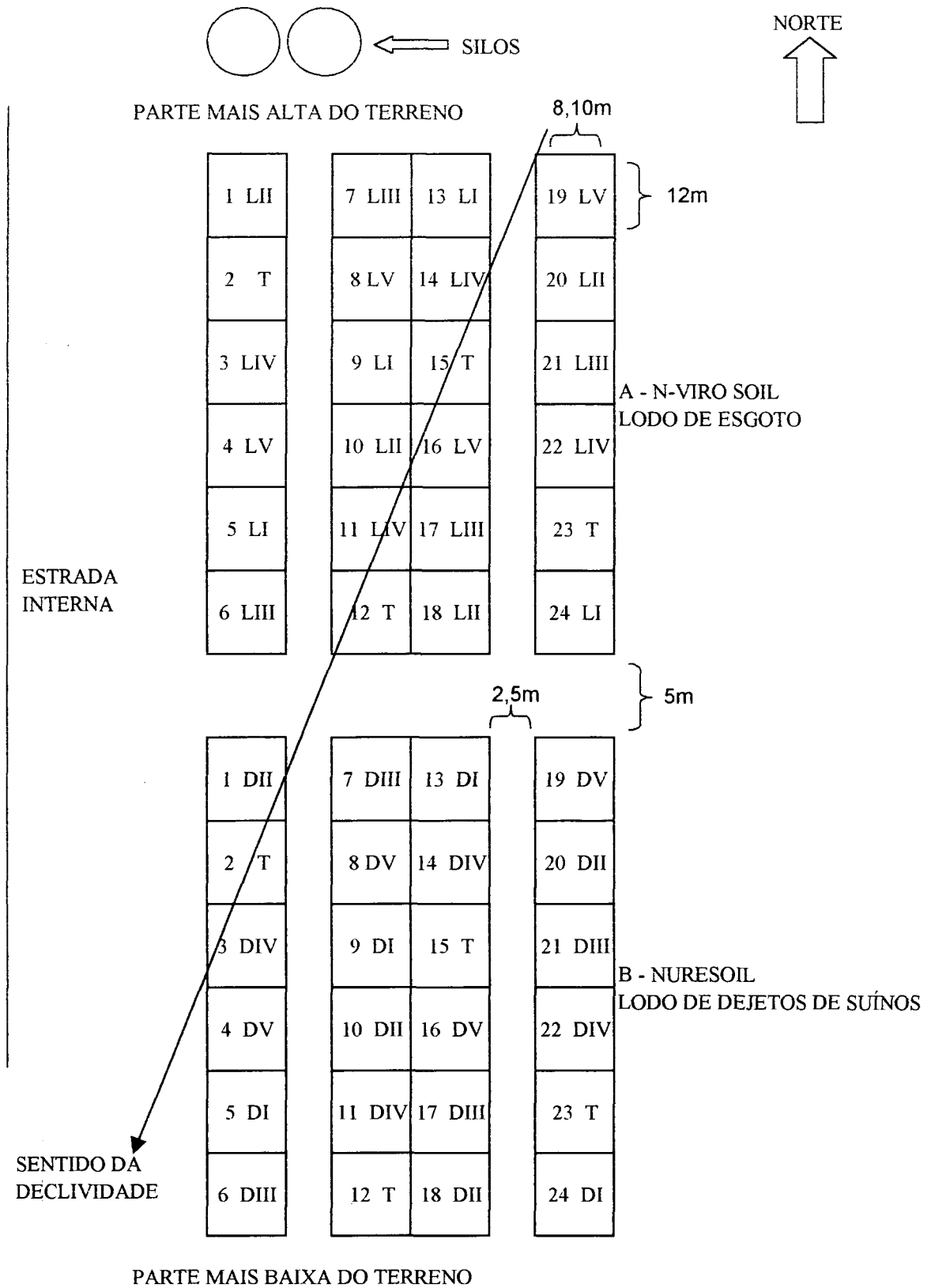
PREISLER, 2002 e NISHIMURA, 2002). Assim sendo, FURLANI (2001) e ASSIS (2001) sugeriram a variedade SHS 5050, um híbrido triplo super precoce, de grãos duros de cor laranja, com florescimento em 60 dias e maturação em 120 dias (soma térmica 810 u.c.) produzido pela Sementes Santa Helena. O plantio foi efetuado em 22 de dezembro de 2001, 4 dias após a aplicação dos biossólidos (N-Viro Soil e NureSoil), com uma semeadeira Metasa PDM-9810 (4 m de largura) equipada com um contador de sementes Dick John num espaçamento de 80 cm entre linhas, densidade de 4 a 6 plantas por metro linear ou 59.600 sementes por hectare. Para tanto utilizou-se de sementes do lote 19/01BL. A semeadeira percorreu cada uma das parcelas 2 vezes longitudinalmente. Ao todo efetuou-se o plantio de 0,49 ha, que incluiu parcelas e bordaduras.

### 3.3.3 Os Experimentos e o Delineamento Experimental

Foram conduzidos simultaneamente dois experimentos, um em que se testou o efeito de um lodo de esgoto urbano aeróbio tratado experimentalmente pelo Processo N-Viro (N-Viro Soil) e outro aonde se aplicou lodo de lagoa de dejetos de suínos tratado experimentalmente (NureSoil) pelo mesmo processo. Em ambos os experimentos adotou-se um delineamento de blocos ao acaso constituído por 6 tratamentos e 4 repetições estabelecidas em parcelas experimentais de 97,2 m<sup>2</sup> com 12,0 m de comprimento por 8,1 m de largura. Na Figura 01 pode-se observar a disposição esquemática das unidades experimentais e dos tratamentos em relação à amarrações observadas na Fazenda Santa Terezinha.

Os tratamentos aplicados em ambos os experimentos foram os seguintes: T, (testemunha com adubação sintética) em que se aplicou exclusivamente adubo sintético em dosagem e formulação comparável às utilizadas na região; doses I, II, III e IV de biossólidos tratados pelo Processo N-Viro (N-Viro Soil para o experimento com lodo de esgoto, e NureSoil para o experimento com lodo de dejetos de suínos) em adição à mesma dose utilizada em T; e dose V de biossólidos mais 70% da dose de nutrientes aplicados em T. As doses de biossólidos advindos de lodo de esgoto (N-Viro Soil), de

FIGURA 01 - CROQUIS DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS (EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E COM NURESOIL A PARTIR DE LODO DE DEJETO DE SUÍNOS) E DISPOSIÇÃO DOS TRATAMENTOS



lodo de dejetos de suínos (NureSoil) e de nutrientes utilizadas nos experimentos podem ser observadas na Tabela 09.

TABELA 09 – TRATAMENTOS E DOSES DE BIOSSÓLIDOS (LODO DE ESGOTO/N-VIRO SOIL, E LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS/NURESOIL) E DE NUTRIENTES UTILIZADAS NOS EXPERIMENTOS

Tratamentos	Descrição	Biossólidos <sup>(1)</sup>	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
			kg ha <sup>-1</sup>								
T	Testemunha com Adubação Sintética (AS)	0	120	98	100						
I	AS + Dose I Biossólidos	500	120	98	100						
II	AS + Dose II Biossólidos	1000	120	98	100						
III	AS + Dose III Biossólidos	2000	120	98	100						
IV	AS + Dose IV Biossólidos	4000	120	98	100						
V	70 % AS + Dose V Biossólidos	750	84	68.6	70						

NOTA: <sup>(1)</sup> Base úmida

### 3.3.4 Aplicação do N-Viro Soil (de lodo de esgoto), do NureSoil (de dejetos de suínos) e dos Adubos Sintéticos e Controle Químico de Ervas Daninhas e Pragas no Milho

No plantio, como fonte de nitrogênio e fósforo utilizou-se MAP (11-52-0) o qual foi aplicado superficial e imediatamente após a semeadura. O restante da adubação sintética necessária para atender às recomendações de nitrogênio e potássio, foi aplicado em duas coberturas realizadas respectivamente em 17 de janeiro de 2002 (aos 19 dias da emergência, estágio V2) e em 15 de fevereiro de 2002 (aos 47 dias da emergência, estágios V3-V4) na forma de uréia (46-0-0), cloreto de potássio (0-0-60) e de 25-0-25 (mistura de KCl e uréia). Os fertilizantes utilizados foram produzidos pela empresa Fertipar.

Na data da primeira adubação de cobertura (17 de janeiro de 2002) foi efetuada a pulverização para o controle de ervas daninhas com 7 L ha<sup>-1</sup> em 100 L ha<sup>-1</sup> de calda de Primóleo (Triazina 400 g L<sup>-1</sup> + óleo vegetal 300 g L<sup>-1</sup>) em mistura de tanque com Talcord 250 CE (Permetrina 250 g L<sup>-1</sup>) na dose de 70 mL ha<sup>-1</sup> e Match CE (Lufesuron 250 g L<sup>-1</sup>) 300 mL ha<sup>-1</sup> para o controle de pragas, para tanto foi utilizado pulverizador com barras de 8 m equipado com bicos 110.LD.015 verde. Em 6 de fevereiro de 2002

quando as plantas de milho encontravam-se no estágio V3, foi realizada uma munda manual para a eliminação de ervas daninhas não controladas pelo herbicida.

Os biossólidos (N-Viro Soil de lodo de esgoto e NureSoil de lodo de dejetos) foram aplicados superficialmente. Sua aplicação se deu em 18 de dezembro de 2001 em ambos os experimentos, 4 dias antes do plantio do milho. Para tanto, pesou-se doses proporcionais ao disposto na Tabela 09, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos que, após terem sido distribuídos nas unidades experimentais, tiveram então seu conteúdo aplicado a lanço, de modo a esta ser distribuída o mais uniformemente possível. Quatro pessoas efetuaram a distribuição dos tratamentos, sendo cada uma delas responsável por uma das repetições em ambos os tratamentos.

### 3.3.5 Critérios para o Estabelecimento das Dosagens de Biossólidos Tratados pelo Processo N-Viro e dos Adubos Sintéticos

Os biossólidos tratados pelo Processo N-Viro advindos de lodo de esgoto urbano aeróbio (N-Viro Soil) e de lodo de dejetos de suínos (NureSoil) apresentam uma grande quantidade de cálcio e de magnésio na forma de hidróxidos e carbonatos devido aos ingredientes adicionados durante o seu processamento (BURNHAM et al., 1992), sendo pois estes passíveis de serem utilizados em solos como corretivos da acidez. Assim, para o estabelecimento das dosagens dos biossólidos, levou-se em consideração o seu poder de neutralização (PN), 69,43 % para o N-Viro Soil conforme SALVADOR (2002) e 77,80 % para o NureSoil conforme PREISLER (2002) e os resultados analíticos do solo sob ambos os experimentos, utilizando-se a partir destes dos métodos propostos por QUAGGIO (1983) e por BARTZ et al. (1995) para elevar a saturação de bases da camada de 0 a 5 cm de profundidade a 70 e 80%, e para elevar o pH em água a 6,5 pelo método do SMP. Para tanto utilizou-se dos resultados analíticos da camada de 0-15 cm apresentados nas Tabelas 10 e 11, sendo que os resultados obtidos para a dosagem de corretivos foram divididos por 4 sendo assim ajustados para sua aplicação superficial, assumindo-se que estes tivessem efeito até 5 cm de profundidade já que o sistema de manejo do solo era o plantio direto. No cálculo da

dosagem levou-se apenas em consideração o PN e não o PRNT dos biossólidos que em razão da agregação de suas partículas situou-se na faixa de 2,5 %. Na Tabela 12 encontram-se os valores obtidos para as doses de ambos os biossólidos para os dois experimentos. A dose IV foi estabelecida arbitrariamente dobrando-se a dose máxima obtida do método SMP. A dose V foi também arbitrariamente estabelecida sendo este valor intermediário entre doses I e II.

TABELA 10 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS MÉDIAS OBTIDAS PARA A ÁREA EXPERIMENTAL ANTERIOR À INSTALAÇÃO DOS EXPERIMENTOS, (AMOSTRAGEM EM 24 DE AGOSTO DE 2001)

Prof. cm	pH CaCl <sub>2</sub>	pH SMP	P mg kg <sup>-1</sup>	Al .....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....	H + Al	Ca	Mg	K	C g dm <sup>-3</sup>	CTC Total	CTC Efet.	V %
0 – 15	5,2	5,9	9,3	0,1	6,1	5,8	3,4	0,27	25,5	15,6	9,5	60,35
15 – 35	4,5	5,5	2,9	1,1	9,0	3,5	2,6	0,15	22,8	15,2	7,3	39,95

TABELA 11 – TEXTURA DO TALHÃO DA FAZENDA SANTA TEREZINHA AONDE SE INSTALOU OS EXPERIMENTOS, (AMOSTRAGEM EM 03 DE ABRIL DE 2001)

Profundidade Cm	Areia	Silte ..... g kg <sup>-1</sup> .....	Argila
0 – 5	480	200	320
5 – 10	480	160	360
10 – 20	440	160	400
20 – 40	440	140	420
40 – 60	420	160	420
0 – 15	460	180	360

TABELA 12 – DOSES (BASE ÚMIDA) DE BISSÓLIDOS TRATADOS PELO PROCESSO N-VIRO CALCULADAS PELOS MÉTODOS DA SATURAÇÃO DE BASES E DO SMP PARA A CAMADA DE 0 A 5 CM PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO (N-VIRO SOIL) E COM LODO DE DEJETOS (NURESOIL) E EFETIVAMENTE APLICADAS

Experimentos	DOSE I V% para 70%	DOSE II V% para 80%	DOSE III SMP para pH 6,5 ----- Mg ha <sup>-1</sup> -----	DOSE IV Dobro da Dose III	DOSE V Intermediária Dose I e II
N-Viro Soil	0,54	1,10	2,01	-	-
NureSoil	0,48	0,98	1,80	-	-
Efetivamente aplicada	0,50	1,00	2,00	4,00	0,75

FONTE: PREISLER, (2002); SALVADOR, (2002)

NOTA: Dados trabalhados pelo autor.

As dosagens de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O advindas de fertilizantes sintéticos foram estabelecidas conforme BARTZ et al. (1995), e encontram-se resumidas na Tabela 13,

TABELA 13 - PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO SINTÉTICA NA CULTURA DO MILHO: PLANTIO, 1ª E 2ª COBERTURA

Tratamentos	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	kg ha <sup>-1</sup>			kg ha <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup>	
	Plantio	1a cobertura	2a cobertura	Plantio	Plantio	1a cobertura	2a cobertura
T	20,7	59,3	40,0	98,0	0	60,0	40,0
I	20,7	59,3	40,0	98,0	0	60,0	40,0
II	20,7	59,3	40,0	98,0	0	60,0	40,0
III	20,7	59,3	40,0	98,0	0	60,0	40,0
IV	20,7	59,3	40,0	98,0	0	60,0	40,0
V	14,5	41,5	28,0	68,6	0	42,0	28,0

### 3.3.6 Origem dos Biossólidos e seu Tratamento Experimental N-Viro Soil e NureSoil

O material aqui referido como N-Viro Soil é produto do tratamento experimental de lodo de esgoto aeróbio gerado pela Estação de Tratamento de Esgotos Belém (ETE-Belém) da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) localizada no município de Curitiba PR. Para tanto o lodo de esgoto foi transportado em caçamba por caminhão poliguindaste até planta piloto, também estabelecida na Fazenda Santa Terezinha em Palmeira PR, para o seu processamento experimental pelo “Processo de Estabilização Alcalina Avançada com Subseqüente Secagem Acelerada” (Processo N-Viro) cujas características antes e após o tratamento encontram-se na Tabela 14.

O mesmo processo foi aplicado para o tratamento de lodo de dejetos de suínos, advindo de uma lagoa anaeróbica onde foram armazenados por mais de 3 anos dejetos de uma unidade de produção de leitões (UPL) localizada em Palmeira PR, que utiliza um sistema intensivo de lavagem das pocilgas. A remoção deste biossólido do fundo da lagoa foi feita com retro-escavadeira e o seu transporte até a planta piloto se deu da forma mencionada acima. O produto experimentalmente gerado a partir de lodo de dejetos de suínos foi denominado NureSoil. Algumas de suas características antes e após o tratamento encontram-se na Tabela 14.

TABELA 14 - ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DOS BIOSSÓLIDOS ANTES E APÓS SEU PROCESSAMENTO PELO PROCESSO N-VIRO

Biossólidos	pH em água	Umidade %	Sólidos Totais %	Ca %	PN %
Lodo de esgoto ETE Belém <sup>1</sup>	6,2	86,4	13,6	36,26	-
Lodo de dejetos de suínos <sup>2</sup>	7,5	81,5	18,5	0,94	-
N-Viro Soil <sup>1</sup>	12,1	32,2	67,8	18,92	69,43
Nuresoil <sup>2</sup>	12,1	22,7	77,3	17,08	65,18

Fonte: <sup>1</sup> SALVADOR (2002) e <sup>2</sup> PREISLER (2002)

### 3.4 AMOSTRAGEM DO SOLO E DOS BIOSSÓLIDOS

As coletas de solos foram divididas em dois tempos: antes e depois da implementação dos tratamentos. A primeira amostragem do solo, realizada em 24 de agosto de 2001, serviu para a caracterização da área quanto à sua fertilidade, teores de zinco (totais e parciais) e embasamento das recomendações de adubação e correção da acidez para a cultura do milho (citadas anteriormente). Nesta época a aveia encontrava-se com 15 centímetros de altura. A segunda amostragem do solo foi realizada em 03 de maio de 2002, três dias após a colheita do milho. Esta teve por objetivo quantificar apenas os níveis de zinco extraíveis parcialmente. Assim sendo, no presente trabalho estudou-se particularmente o zinco, seus teores totais e extraíveis, e sua disponibilidade, eventualmente influenciada por outros parâmetros medidos durante a fase experimental, cujo estudo mais detalhado foi procedido por outros autores envolvidos no mesmo projeto, a saber: PREISLER (2002), SALVADOR (2002) e NISHIMURA (2002).

Para tanto, cada uma das parcelas de ambos os experimentos (com lodo de esgoto urbano e com lodo de dejetos de suínos) foi amostrada a 7 profundidades, a saber: 0 a 5; 5 a 10; 10 a 15; 15 a 25; 25 a 35; 35 a 45; e 45 a 55 centímetros. Cada uma destas foi por sua vez constituída por sete sub-amostras distribuídas sobre a parcela que após terem sido misturadas e homogeneizadas em balde plástico à campo, tiveram parte acondicionada em embalagens de polietileno novas para posterior análise, tendo sido o restante descartado na própria parcela de origem. Foram também, previamente à instalação dos experimentos em 03 de abril de 2001, tomadas amostras compostas de

solos do talhão da Fazenda Santa Terezinha que os acolheu, às profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20; 20 a 40; 40 a 60; e 0 a 15 centímetros. O objetivo desta amostragem foi ter uma idéia prévia do nível da fertilidade do solo do talhão e de sua textura.

#### 3.4.1 Preparo das Amostras de Solo

As amostras de solo foram levadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Paraná para serem preparadas e analisadas. Para tanto, as amostras (coletadas nos tempos 1 e 2) foram secas à estufa com ventilação forçada a 60° C por um período de 48 horas, após o que estas foram desagregadas manualmente em gral de porcelana e peneiradas em peneira de 2 mm de plástico. Tomou-se, durante o manuseio das amostras no laboratório, o cuidado de isolá-las com películas de polietileno e, ou papel kraft com a finalidade de se evitar contaminações e interferências nos teores de zinco. Após o preparo, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno que foram identificados para seu armazenamento.

#### 3.4.2 Caracterização Química do Solo dos Experimentos

As amostras de solo foram analisadas nos laboratórios de Química e Fertilidade do Solo, de Física do Solo, e de Biogeoquímica do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná em Curitiba. Foram analisados fósforo extraível e potássio trocável extraídos por Mehlich 1 ( $H_2SO_4$  0,125M + HCl 0,05M) e determinados respectivamente por colorimetria e fotometria de chama, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis extraídos por KCl 1 M, carbono orgânico oxidável, pH em  $CaCl_2$  0,01 M e pH na solução SMP do qual obteve-se por tabela a acidez potencial total (H + Al), todos segundo metodologia de PAVAN (1992) adaptada. Tais determinações no entanto, efetuadas por este autor conjuntamente com SALVADOR (2002), PREISLER (2002) e NISHIMURA (2002) já tiveram seus dados publicados por estes anteriormente. A textura foi realizada pelo método do densímetro conforme EMBRAPA (1997).

### 3.4.2.1 Teores totais e extraíveis de zinco do solo

Com relação aos objetivos do presente trabalho, analisou-se o zinco das amostras de solo tomadas nas parcelas experimentais por três metodologias: digestão “total” nitro-perclórica, extração por Mehlich 1 e extração por DTPA. A digestão total foi efetuada no intuito de se quantificar a quantidade “total” de zinco existente no solo sob os experimentos e a variabilidade horizontal e vertical destes teores. A colocação do termo total entre aspas ocorre em razão desta digestão não ser suficientemente agressiva para dissolver alguns materiais, possivelmente quartzo, que para fins deste trabalho assume-se conter desprezível teor do elemento. Em selecionando-se tal método, acredita-se oportunizar laboratórios que queiram disponibilizar tal serviço a recicladores a custo inferior a outros métodos mais agressivos, como aqueles que se utilizam de HF e que requerem material, equipamentos e cuidados especiais.

A extração total teve por objetivo averiguar se a área experimental não se apresentava como anômala no que diz respeito aos teores esperados como naturais o de referência para solos da região em que foi alocada, utilizou-se dos valores obtidos por LICHT (2001).

Quanto às extrações parciais de Zn, menos agressivas e destrutivas, optou-se por se utilizar o extrator de Mehlich 1 em razão da facilidade de seu manuseio e já adoção por vários laboratórios de análise de solos no Paraná e mesmo em outros estados da Federação. Tal extrator vem já há mais de um ano sofrendo avaliações interlaboratorias quanto à repetibilidade e sensibilidade pela Comissão Estadual de Laboratórios de Análise de Solos do Paraná (CELA PR), o que facilitará sua eventual adoção como rotina para o monitoramento de solos que receberam biossólidos tratados ou não pelo processo avaliado no presente trabalho.

Complementarmente, a título de comparação, optou-se também por diagnosticar o teor de zinco extraível de solos com DTPA (ácido dietileno triamino pentacético) utilizado por alguns autores para monitorar zinco em solos onde se aplicou biossólidos. Tem-se creditado a ambos os métodos de extração parcial de zinco sua capacidade de

estimar biodisponibilidade do metal em solos que necessitam calibração, o que justifica sua escolha no presente trabalho.

#### 3.4.2.1.1 Extração total de zinco do solo

A digestão ou extração nitro-perclórica foi procedida conforme BACHER & AMACHER (1982), HOSSNER (1996) e REED & MARTENS (1996) adaptados, ou seja, a digestão foi procedida em duas etapas. Na primeira, em tubo de ensaio de 100 mL, adicionou-se 10 mL de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) em 2 gramas de solo (Terra fina seca a estufa), que em seguida foi levado a bloco digestor cuja temperatura foi elevada a  $170\text{ }^\circ\text{C}$  pelo tempo de 1 hora e trinta minutos. Na segunda etapa, adicionou-se ao mesmo tubo mais 3 mL de ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) com o tubo ainda quente, após o que elevou-se a temperatura do bloco digestor a  $203\text{ }^\circ\text{C}$  por mais 1 hora e 15 minutos. Conseguiu-se levar a cabo tal procedimento somente após inúmeras tentativas em que se perdia as amostras por explosões. Tal problema foi contornado com a manufatura de um condensador que era afixado na saída do tubo a cada digestão e que então impedia perda de material fazendo com que o evaporado fosse reprecipitado para dentro do tubo. Após este procedimento o extrato foi filtrado em papel filtro do tipo quantitativo (faixa azul) para então ser analisado por absorção atômica modelo Perkin Elmer modelo 2380, utilizando-se do comprimento de onda de 213,9 nm. Os padrões utilizados foram obtidos a partir de solução estoque comercial de  $1000\text{ mg L}^{-1}$  Merck. No filtrado adicionou-se de 1 a 5 mL de água lavando-se o papel filtro o que também contribuiu para que se evitasse a formação de cristais nas paredes dos tubos de ensaio. Antes de se proceder as quantificações o filtrado foi pesado permitindo a expressão dos resultados em massa de solução. Em razão das dificuldades metodológicas enfrentadas, para a digestão total dos solos utilizou-se apenas da parcela de número 14 do experimento com lodo de esgoto para a qual assumiu-se que esta apresentava valores totais de Zn representativos da área experimental de ambos os experimentos, tendo sido desta analisadas todas as 7 profundidades citadas anteriormente, para o que repetiu-se o procedimento 1 vez.

#### 3.4.2.1.2 Extração de zinco do solo com Mehlich 1

Para a extração com Mehlich 1 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,125M + HCl 0,05 M), chamado a partir daqui simplesmente de M-1, utilizou-se da metodologia adotada pela CELA PR adaptada à estrutura do laboratório utilizado. Uma importante modificação foi a efetuada na massa de solo usada como alíquota para a extração, que foi reduzida em 50% o que permitiu agilização nos procedimentos e economia de reagentes e água deionizada. Ou seja, efetuou-se a extração em 5 g de TFSE com 50 mL de solução extratora (relação 1:10) simultaneamente em bandejas com 11 Erlenmeyer de 125 mL. Para a extração utilizou-se de agitação a 220 rpm por 10 minutos, após o que decantou-se o extrato por 16 horas e então procedeu-se a filtração, em papel filtro do tipo quantitativo (faixa azul), por aproximadamente 15 minutos. O papel filtro não foi lavado e o extrato assim obtido foi em seguida analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica conforme o descrito acima. A extração de Zn por M-1 foi realizada para todas as profundidades amostradas, em todas as parcelas e para os dois tempos (Tempos 1 e 2).

#### 3.4.2.1.3 Extração de zinco do solo por DTPA

A extração por DTPA foi conduzida conforme metodologia proposta por EMBRAPA (1999) e por LINDSAY & NORVELL (1978), também com adaptação às condições oferecidas pelo laboratório, mas sempre com a finalidade de se economizar reagentes. O procedimento analítico consistiu na redução da massa de alíquota de TFSE e do reagente utilizado. Assim sendo, enquanto originalmente se recomendava a utilização de 20 g de TFSE e 40 mL de solução extratora DTPA (1,96 g  $\text{L}^{-1}$  de água deionizada + 14,9 mL  $\text{L}^{-1}$  de trietanolamina + 1,47 g de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ajustando-se o pH da solução para 7,3 com HCl 4 M), no presente trabalho passou-se a utilizar 10 g de TFSE e 20 mL de solução mantendo-se assim a mesma relação de 1:2. Outra modificação importante foi a substituição dos erlenmeyers de 125 mL originalmente utilizados por tubos de polipropileno de 55 mL com fundo cônico e tampa rosqueada,

usualmente utilizados para centrifugação. No entanto, a extração de Zn por DTPA em solos foi efetuada somente na segunda época de amostragem de solos (Tempo 2) ao final do período experimental, sendo nesta oportunidade amostradas todas as unidades experimentais para todas as profundidades.

Cabe ressaltar que tanto nos procedimentos adotados para a extração por M-1 quanto por DTPA, as alterações metodológicas foram previamente testadas (com o mesmo solo da área do experimento), após o quê não sendo constatadas alterações nos resultados foram adotadas.

### 3.4.3 Caracterização Química do Lodo de Esgoto e do Dejeito de Suínos Antes e Após seu Processamento

Os teores de umidade, sólidos, cálcio, magnésio, pH e poder de neutralização foram analisados por PREISLER (2002), SALVADOR (2002) e NISHIMURA (2002). No presente trabalho, no que concerne aos biossólidos em questão (lodo de esgoto e lodo de dejetos de suínos antes e após seu tratamento experimental pelo Processo N-Viro), analisou-se apenas os teores totais de zinco neles contidos. Tais análises foram procedidas conforme o acima descrito para solos (análise total), tendo sido estas conduzidas nas dependências do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, nos laboratórios de Química e Fertilidade do Solo e de Biogeoquímica.

## 3.5 ANÁLISES BIOMÉTRICAS NO MILHO

De forma a se ter indicação da biodisponibilidade de zinco ao milho cultivado experimentalmente, procedeu-se à sua análise folhear e quantificação da produtividade de grãos.

### 3.5.1 Amostragem e Análise Folhear do Milho

A análise folhear do milho foi procedida em amostras do terço médio da folha da base da espiga (1ª espiga de cima para baixo) coletadas em 4 de março de 2002. Nesta oportunidade a cultura encontrava-se 100% pendoada, ou seja no estágio fenológico R5-R6 conforme FEPAGRO (1999). Para tanto, tomou-se 15 folhas (sem lavagem prévia) por parcela que foram acondicionadas em cartuchos de papel previamente identificados os quais foram então colocados para secar em estufa a 65-70 °C por 48 horas, conforme recomendações adaptadas de MALAVOLTA et al. (1997) e RAIJ (1991). Após a secagem retirou-se as nervuras centrais e submeteu-se o material restante à moagem. O material resultante da moagem foi passado em peneira 0,5 mm e acondicionado em frascos plásticos herméticos e identificados. O preparo das folhas foi procedido por PREISLER (2002) para o material advindo do experimento com lodo de dejetos e por SALVADOR (2002) para aquele oriundo de lodos de esgoto.

A digestão folhear se deu conforme JONES & CASE (1990), unicamente com HNO<sub>3</sub> concentrado que foi adicionado em tubo de ensaio sobre 0,5 g de alíquota. Para cada parcela experimental, tomou-se 4 alíquotas de folhas cuja média então gerou o resultado da parcela. O zinco foi determinado diretamente no extrato por espectrofotometria de absorção atômica conforme metodologia descrita acima para a digestão total em solos.

### 3.5.2 Avaliação da Produtividade de Grãos

O efeito integrado dos tratamentos foi obtido pela produtividade de grãos do milho. Assim sendo, ao fim do ciclo, colheu-se manualmente em 30 de abril de 2002 o milho pesando-se no campo as espigas desempalhadas de todas as parcelas experimentais, do que se retirou amostra de 10 espigas tomadas aleatoriamente para se estimar o rendimento de grãos e sua umidade. Para tanto, eliminou-se bordadura de uma linha das laterais das parcelas e de um metro nas extremidades. Foram colhidas as 8 linhas centrais de cada parcela o que representou uma área útil final de 64m<sup>2</sup>. No

laboratório as espigas foram debulhas manualmente e pesadas para se descontar o peso dos sabugos. O próximo passo foi determinar a umidade dos grãos, com o uso de balança de precisão (Metler P 1200), para o que pesou-se 50 g de grãos que foram então secos a estufa à 105° C pelo período de 72 horas. A massa final obtida foi corrigida para 14% de umidade e convertida para kg ha<sup>-1</sup>.

### 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

A análise estatística foi empregada com a finalidade de se avaliar a influência dos tratamentos sobre fatores edáficos e biométricos. Para tanto, realizou-se Análise de Variância (Anova), Teste de F (5% e 1%) e teste de comparação de médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Tal procedimento foi empregado para ambos os experimentos cujos dados foram analisados separadamente. Para tanto utilizou-se do programa SPSS para Windows versão 10,0 (versão demonstrativa).

Procedeu-se também análise de correlação por meio do programa Microsoft Excel 2000, relacionando-se diversos fatores aos teores de zinco (totais e parciais) do solo e da planta.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 TEORES DE ZINCO NOS BIOSSÓLIDOS E DOSES APLICADAS

Os teores médios totais de Zn presentes nos bioossólidos derivados de lodos de esgoto urbano e de dejetos de suínos antes destes serem tratados pelo Processo N-Viro foram de respectivamente 137,13 e 536,47 mg kg<sup>-1</sup> em base úmida (U% antes do tratamento de respectivamente 86,4 e 81,5 %) e em base seca de respectivamente 1008,32 e 2899,83 mg kg<sup>-1</sup>. Após o tratamento dos referidos bioossólidos os teores totais de Zn passaram a ser de 98,52 para o N-Viro Soil (lodo de esgoto urbano tratado pelo Processo N-Viro) e de 189,99 mg kg<sup>-1</sup> para o Nuresoil (lodo de dejetos de suínos) em base úmida (U% após o tratamento de respectivamente 32,2 e 22,7 % e de respectivamente 145,31 e 245,78 mg kg<sup>-1</sup> em base seca). Um resumo dos resultados obtidos para o teor total de Zn dos bioossólidos analisados encontra-se apresentado na Tabela 15. Pode-se observar que estes valores são menores do que aqueles apresentados por LUCCHESI (1997) quando da aplicação de lodo de esgoto tratado pelo processo N-Viro, cuja média de Zn foi de 494 mg kg<sup>-1</sup> em base seca. Vale observar que este autor utilizou-se da mesma metodologia de extração de Zn usada no presente trabalho, ou seja nitro-perclórica. Os resultados obtidos indicam uma significativa redução dos níveis de zinco total dos bioossólidos de antes para depois de seu tratamento. Tal constatação pode ser explicada, talvez, pelo efeito de diluição promovida pela adição dos reagentes utilizados (BURNHAM et al., 1992) no Processo N-Viro de tratamento dos bioossólidos. Observa-se também que, ao se comparar tais teores de Zn com os adotados pela legislação americana (CFR 40 Part 503), menor que 2.800 mg kg<sup>-1</sup>, (USEPA, 1993) e com os propostos na *Proposta de Instrução Normativa para Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto* de IAP (2002), menor que 2.500 mg kg<sup>-1</sup>, todos os valores enquadram-se como dentro dos padrões, à exceção daqueles derivados de dejetos de suínos, o que indica ser o Processo N-Viro efetivo em tal particularidade.

TABELA 15 - TEORES TOTAIS DE Zn (EM BASE ÚMIDA E SECA) NOS BIOSSÓLIDOS ANTES E DEPOIS DO TRATAMENTO PELO PROCESSO N-VIRO

Repetições	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )			
	Base úmida			
	Antes do tratamento		Depois do tratamento	
	Lodo	Dejeto	Lodo (N-Viro Soil)	Dejeto (Nuresoil)
1	131,94	468,77	97,55	206,55
2	137,79	556,77	105,82	220,26
3	143,89	548,90	94,96	150,17
4	134,90	571,44	95,74	182,96
<b>Média</b>	<b>137,13</b>	<b>536,47</b>	<b>98,52</b>	<b>189,99</b>
	Base seca			
1	970,18	2533,88	143,88	267,21
2	1013,15	3009,57	156,08	284,95
3	1058,02	2967,01	140,06	194,26
4	991,92	3088,86	141,21	236,69
<b>Média</b>	<b>1008,32</b>	<b>2899,83</b>	<b>145,31</b>	<b>245,78</b>

Desta forma, as doses de biossólidos tratados (lodo de esgoto e lodo de dejetos) aplicadas ao solo (Tabela 09) por sua vez, geraram doses de Zn que se situaram entre 49,26 e 394,08 g ha<sup>-1</sup> para o experimento com lodo de esgoto (N-Viro Soil), e entre 95,00 e 759,96 g ha<sup>-1</sup> para o experimento com lodo de dejetos (Nuresoil). Tais doses estão discriminadas mais detalhadamente na Tabela 16. Deve-se notar que tais doses estão bem abaixo daquelas aplicadas por LUCCHESI (1997) que se utilizou de doses de Zn a partir de N-Viro Soil (derivado de lodo de esgoto de Toledo, Ohio, EUA) que variam de 11,2 a 44,6 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, muitíssimo superiores às utilizadas no presente trabalho. Complementarmente, cabe também ressaltar que em razão de o Processo N-Viro alcalinizar os biossólidos tratados a pH 12 (BURNHAM et al., 1992) e também segundo LUCCHESI (1997) proporcionar efeito de diluição e indisponibilização de Zn por complexação, adsorção e precipitação, espera-se que este elemento e outros cujas propriedades sejam a ele semelhantes e estejam presentes em biossólidos a serem tratados, venham a apresentar o mesmo tipo de comportamento quando de seu processamento pelo referido método.

## 4.2 TEORES DE ZINCO NO SOLO

No que concerne aos solos, os teores extraíveis de Zn, totais (digestão nitro-perclórica) e parcial (Mehlich-1 e DTPA), nos dois tempos amostrados (antes e depois da aplicação dos biossólidos) comportaram-se como o esperado.

### 4.2.1 Teores de Zinco no Solo Antes da Implantação dos Tratamentos (Tempo 1): Teores Totais e Extraídos por M-1

Métodos de extração total de elementos de solos não são capazes de avaliar eficazmente sua biodisponibilidade, uma vez extraem “toda” a quantidade ali presente inclusive aquelas porções imobilizadas por diferentes mecanismos e portanto indisponíveis à biota. Este é também o caso do Zn para o qual deve-se também utilizar extratores parciais que permitam correlacionar o que extraíram com as quantidades de

TABELA 16 - DOSES DE Zn APLICADAS VIA BIOSÓLIDOS TRATADOS PELO PROCESSO N-VIRO NOS DOIS EXPERIMENTOS ESTUDADOS

Tratamentos	Biossólidos	N-Viro Soil	Nuresoil
	base úmida kg ha <sup>-1</sup>	Lodo de esgoto ..... Zn (g ha <sup>-1</sup> ).....	Lodo de dejetos
T	0	0	0
L1 e D1	500	49,26	95,00
L2 e D2	1000	98,52	189,99
L3 e D3	2000	197,04	379,98
L4 e D4	4000	394,08	759,96
L5 e D5	750	73,89	142,49

fato disponíveis para as plantas. Para tanto, VIETS & LINDSAY (1973) arrolam como extratores para Zn desde água pura, soluções de sais neutros (para extrair a fração solúvel e trocável) até soluções ácidas e mais recentemente os agentes quelantes.

Assim sendo, no presente trabalho, os teores totais de Zn foram em muito superiores aos obtidos por M-1 quando da sua avaliação antes da implantação dos tratamentos (Figuras 02 a 04) (Apêndices 01 a 03). Em segundo lugar, como esperado, em razão da escolha da área e de sua aparente uniformidade, não houve diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade entre as médias obtidas no Tempo 1 para os teores de Zn extraídos por M-1, tanto para o experimento com N-Viro Soil (Figura 03 e Apêndice 02) quanto para o com Nuresoil (Figura 04 e Apêndice 03). Os resultados da Anova e do teste de F para estes fatores encontram-se resumidos nos Apêndices 12 e 13.

Nota-se também da Figura 02 haver uma tendência de decréscimo nos teores de Zn totais e extraídos por M-1 da superfície para a sub-superfície indicando que aplicações superficiais, incorporadas ou não, de biossólidos que contenham Zn podem incrementar tais diferenças. No entanto, em situações aonde não se tenha controle do histórico da área, em se observando níveis maiores de Zn em camadas superficiais não se pode concluir que nestes tenha-se efetuado aplicação de tal elemento, uma vez que nutrientes como o Zn tendem a se acumular naturalmente na superfície dos solos, afirmação esta suportada por LUCCHESI (1997), que encontrou tal comportamento ao analisar Zn também extraído por digestão nitro-perclórica para três latossolos do Paraná.

Ainda com relação aos teores totais de Zn, observa-se que o perfil de solo apresentou valores médios para a extração nitro-perclórica que variaram de 12,29 a 21,22 mg kg<sup>-1</sup>. Estes valores são condizentes com aqueles apresentados por LICHT (2000) para a região em estudo. No entanto, ao compará-los com o levantamento geoquímico efetuado por LICHT (2000) para sedimentos de fundo de bacias hidrográficas do Paraná, estes acabam por aproximar-se dos mais baixos encontrados no Estado.

FIGURA 02 - TEORES TOTAIS DE Zn (DIGESTÃO NITRO-PERCLÓRICA - MÉDIA DE 2 ALÍQUOTAS POR PROFUNDIDADE) DA PARCELA 14 EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO E MÉDIAS DA EXTRAÇÃO COM M-1 PARA EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO E PARA DEJETO DE SUÍNO (MÉDIA COM 4 REPETIÇÕES) EXPRESSOS EM BASE SECA

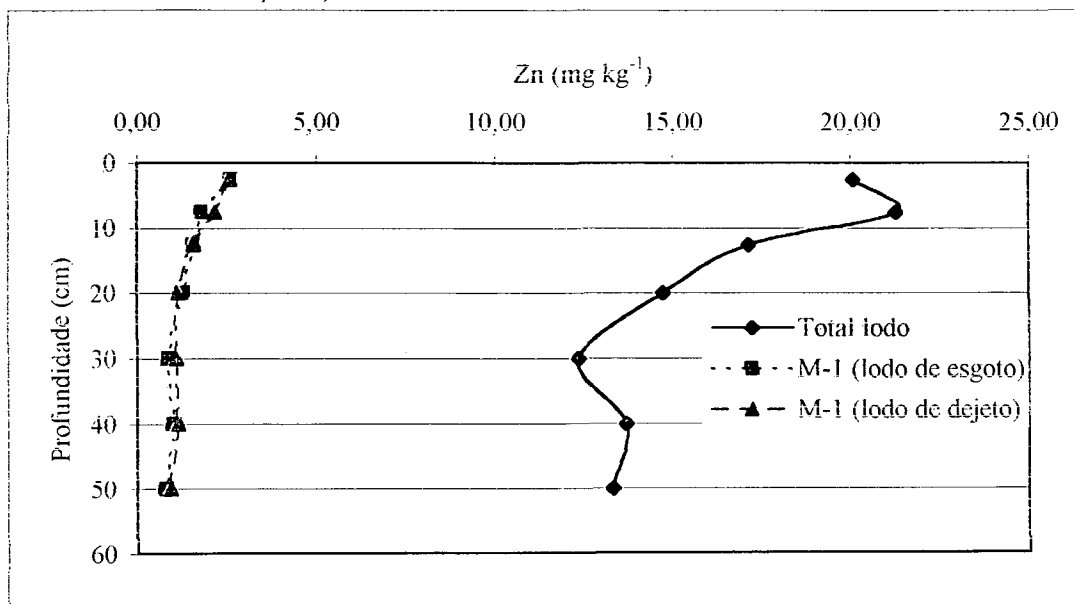


FIGURA 03 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-I DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO (TEMPO 1) ANTES DA IMPLANTAÇÃO DOS TRATAMENTOS EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO)

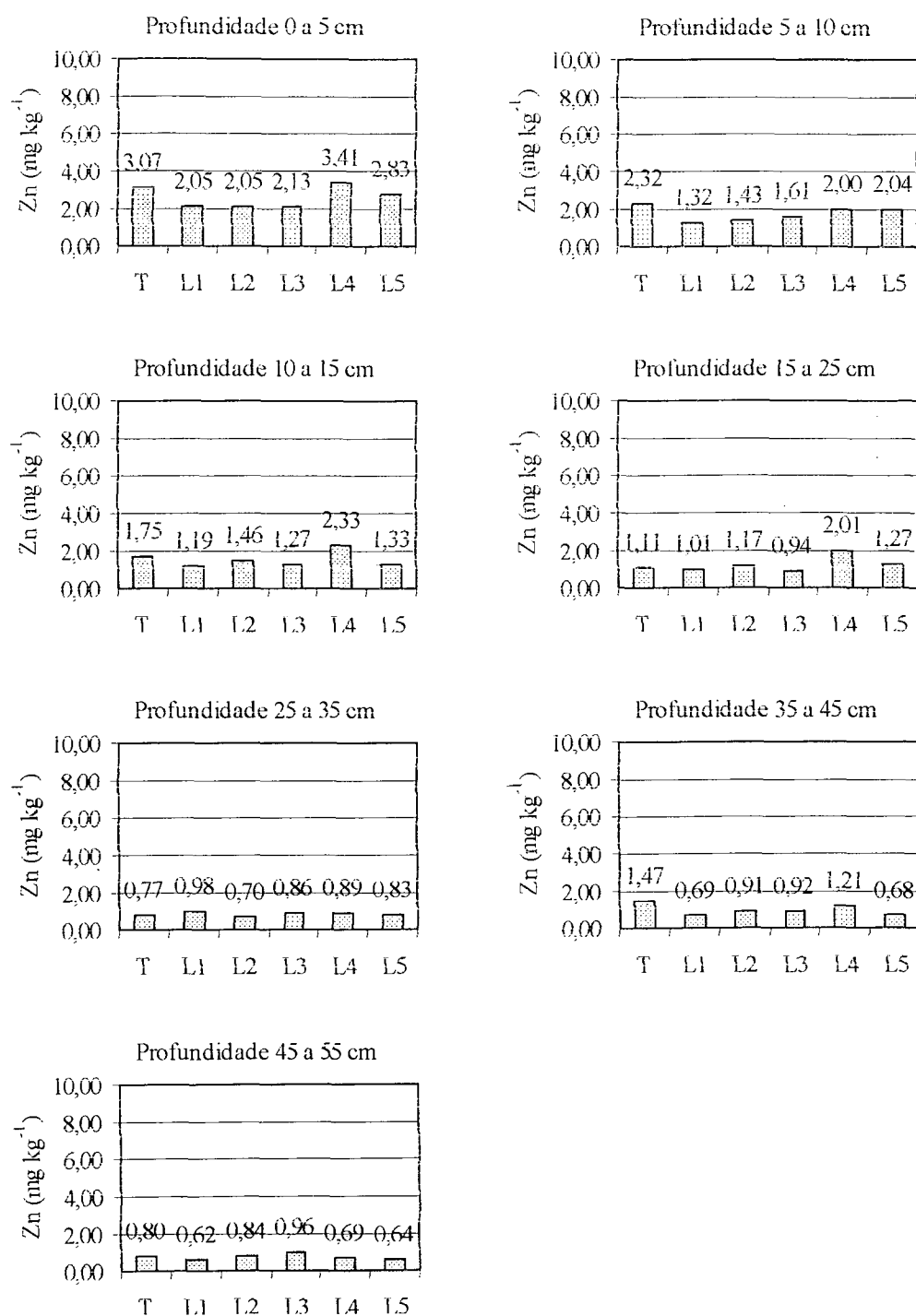
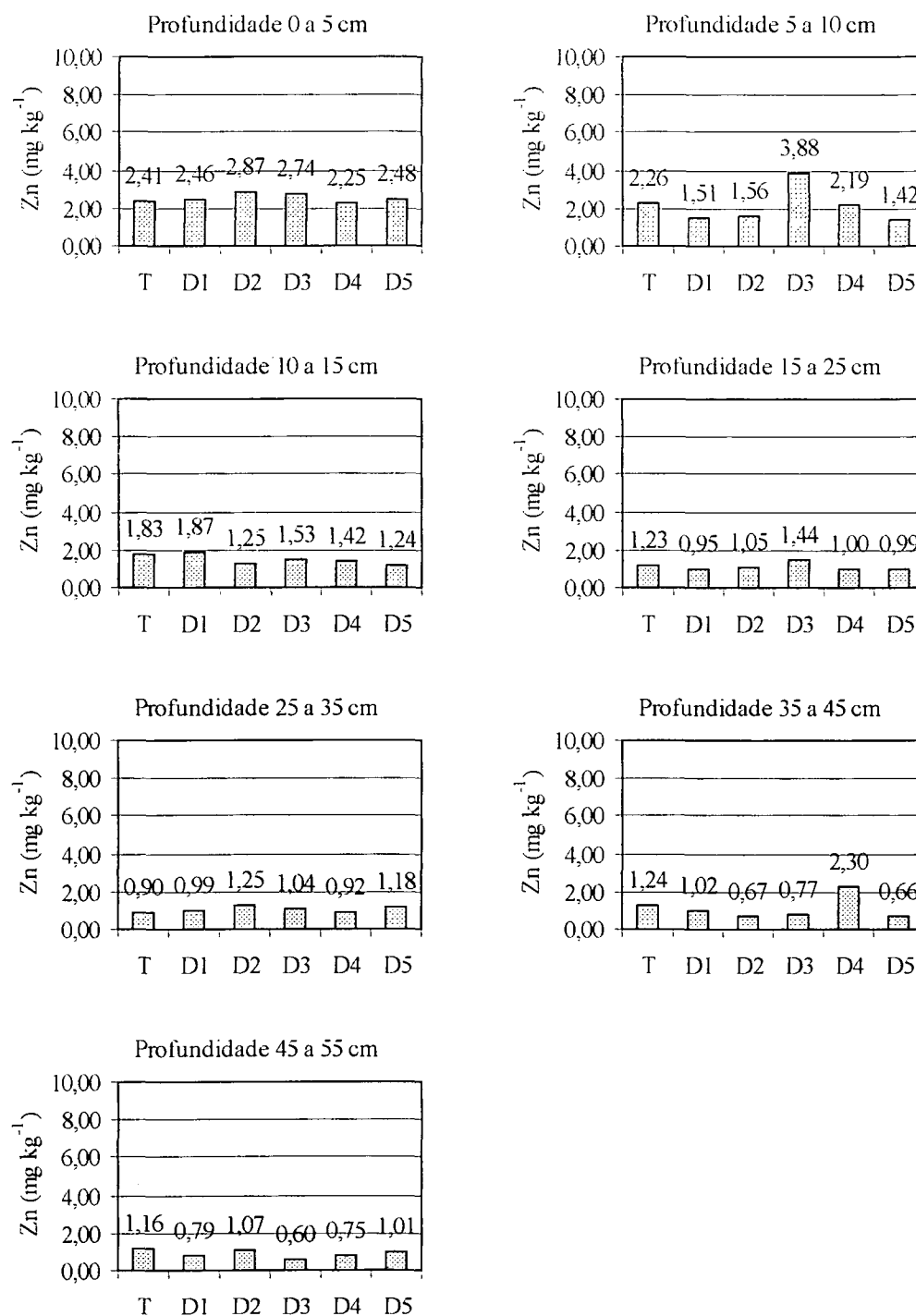


FIGURA 04 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO (TEMPO 1) ANTES DA IMPLANTAÇÃO DOS TRATAMENTOS EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS)



Por outro lado, os valores totais de Zn do perfil de 2 dos 3 latossolos do Paraná analisados por LUCCHESI (1997), foram bem mais altos do que os encontrados no presente trabalho, possivelmente em razão da geologia da região onde foram amostrados ser bastante distinta da em questão. Assim, enquanto o cambissolo aqui estudado está localizado sobre rochas sedimentares do pleistoceno (LARACH et al., 1994; BIGARELLA, 1966), os solos analisados por LUCCHESI (1997) são derivados de basalto e de migmatito, fator este que certamente influi nas suas características geoquímicas. Tais informações permitem que o cambissolo sob as área experimentais seja reportado como naturalmente “pobre” em Zn, particularmente quando se observa a classificação apresentada por LICHT (2000).

Os teores de Zn extraídos parcialmente por M-1 e DTPA foram também baixos tendo suas médias variado respectivamente de 0,62 a 3,07 e de 0,60 a 3,88 mg kg<sup>-1</sup> (Figuras 03 e 04). LUCCHESI (1997), ao efetuar a caracterização de perfis de 3 latossolos do Paraná observou que os valores extraídos parcialmente por EDTA tendiam a ser mais elevados na camada superficial daqueles solos que também apresentavam teores totais de Zn mais elevados, não observando o mesmo resultado quando se utilizou de Mehlich-1.

#### 4.2.2 Efeito dos Tratamentos nos Teores de Zinco Extraíveis Parcialmente do Solo

No Tempo 2 de amostragem de solo, ao fim do experimento, não se detectou diferenças significativas entre as médias dos teores de Zn extraíveis por Mehlich-1 e DTPA para quaisquer das profundidades analisadas, tanto para o experimento com N-Viro Soil (lodo de esgoto urbano) quanto para o com NureSoil (dejeito de suínos). A inobservância de diferenças, mesmo para a camada de 0-5 cm entre a Testemunha (sem aplicação de biossólido) e o Tratamento IV, deve-se possivelmente aos fatos de os 4000 kg ha<sup>-1</sup> de biossólidos terem sido aplicados superficialmente e às baixas doses de Zn aduzidas via biossólidos. Tais doses, comparadas àquelas aplicadas por LUCCHESI (1997) são muito baixas, o quê explica as diferenças significativas encontradas por aquele autor ao contrário dos resultados obtidos no presente.

Os resultados da Anova e do Teste F (5%) para os fatores analisados encontram-se resumidos nos Apêndices de 14 a 17.

#### 4.2.2.1 Teores de zinco extraíveis parcialmente do solo sob o experimento com N-Viro Soil (lodo de esgoto) (Tempo 2)

Apesar de não se ter observado diferenças estatísticas entre os tratamentos sobre os teores de Zn extraíveis, demonstra-se nas Figuras 05 e 06 os resultados médios das extrações procedidas respectivamente por M-1 e DTPA para o experimento com lodo de esgoto (N-Viro Soil), cujos dados estão detalhados nos Apêndices 04 e 05. Da Figura 05 observa-se que os teores médios de Zn extraídos por M-1 variaram de 0,67 a 2,36 mg kg<sup>-1</sup> e da Figura 06 tais valores para DTPA variaram de 0,45 a 1,03 mg kg<sup>-1</sup>. Para este segundo tempo de amostragem, nota-se também uma tendência à diminuição nos teores de Zn extraídos por ambos métodos com a profundidade. LUCCHESI (1997) utilizando-se do extrator M-1 encontrou valores que se situaram entre 2,63 e 13,84 mg kg<sup>-1</sup> tendo o autor encontrado para extração com EDTA valores na faixa de 1,77 e 7,70 mg kg<sup>-1</sup>. Em tal trabalho, LUCCHESI (1997) encontrou diferenças significativas entre os teores de Zn advindos da aplicação de N-Viro Soil. No entanto, como já mencionado anteriormente, tais diferenças possivelmente ocorreram em razão das doses de Zn aplicadas, em muito superiores àquelas utilizadas no presente trabalho.

Complementarmente, ainda que não se tenha evidências estatisticamente sedimentadas, no presente trabalho observa-se das Figuras 05 e 06 serem os valores médios de Zn extraídos por M-1 consistentemente maiores que aqueles extraídos por DTPA para todas as profundidades analisadas. Tal observação vem ao encontro dos dados publicados por LUCCHESI (1997), cujos teores de Zn extraídos M-1 apresentaram-se ligeiramente maiores do que aqueles extraídos por EDTA, à exceção do solo mais arenoso no qual os valores foram semelhantes. Deve-se ressaltar que um dos fatores que talvez em parte influencie na capacidade extratora das soluções utilizadas é o pH do extrator M-1 (duplo ácido), certamente muito mais ácido que o do

FIGURA 05 - TEORES DE Zn EXTRAIDOS POR MEHLICH-I DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO) TEMPO 2

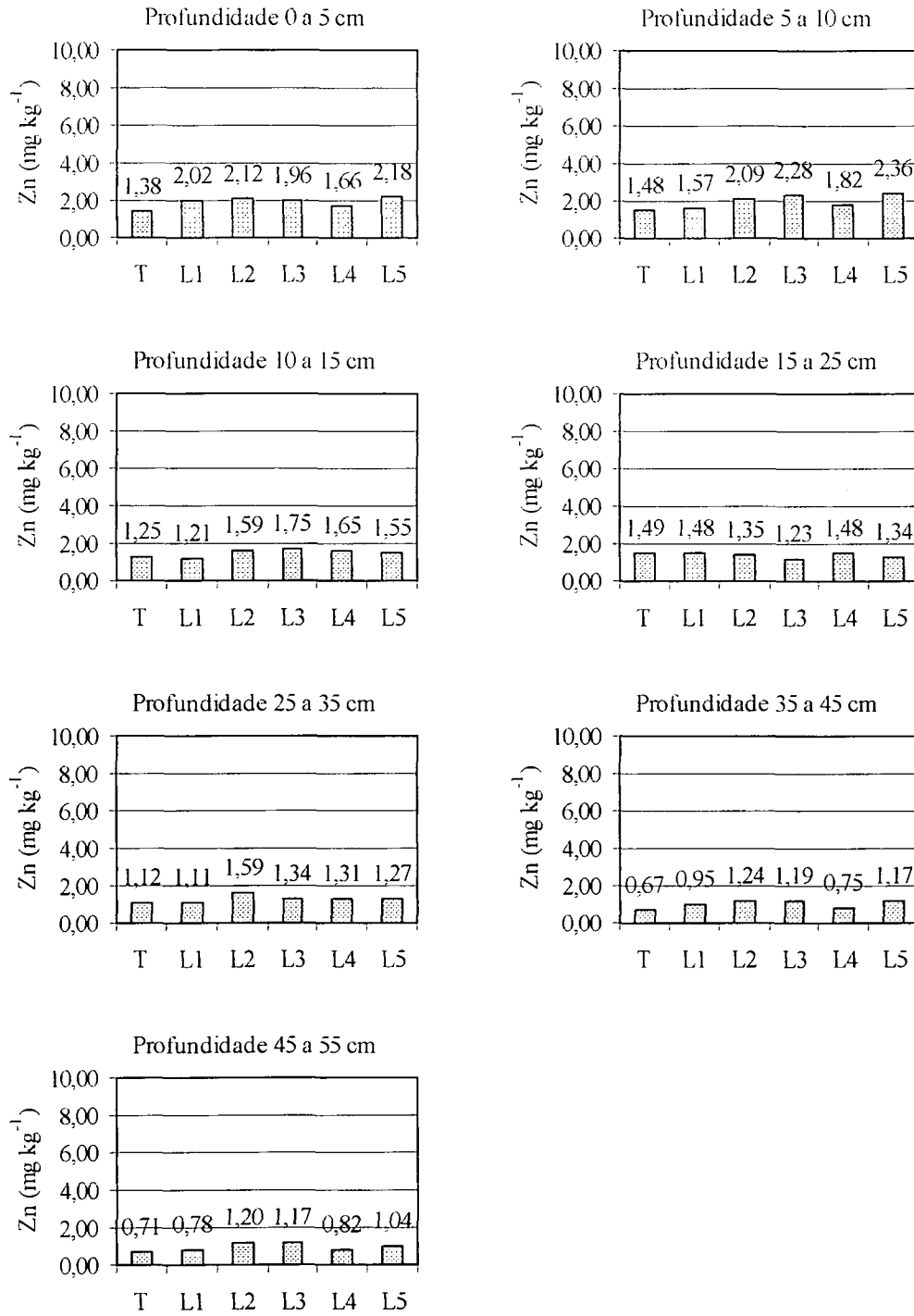
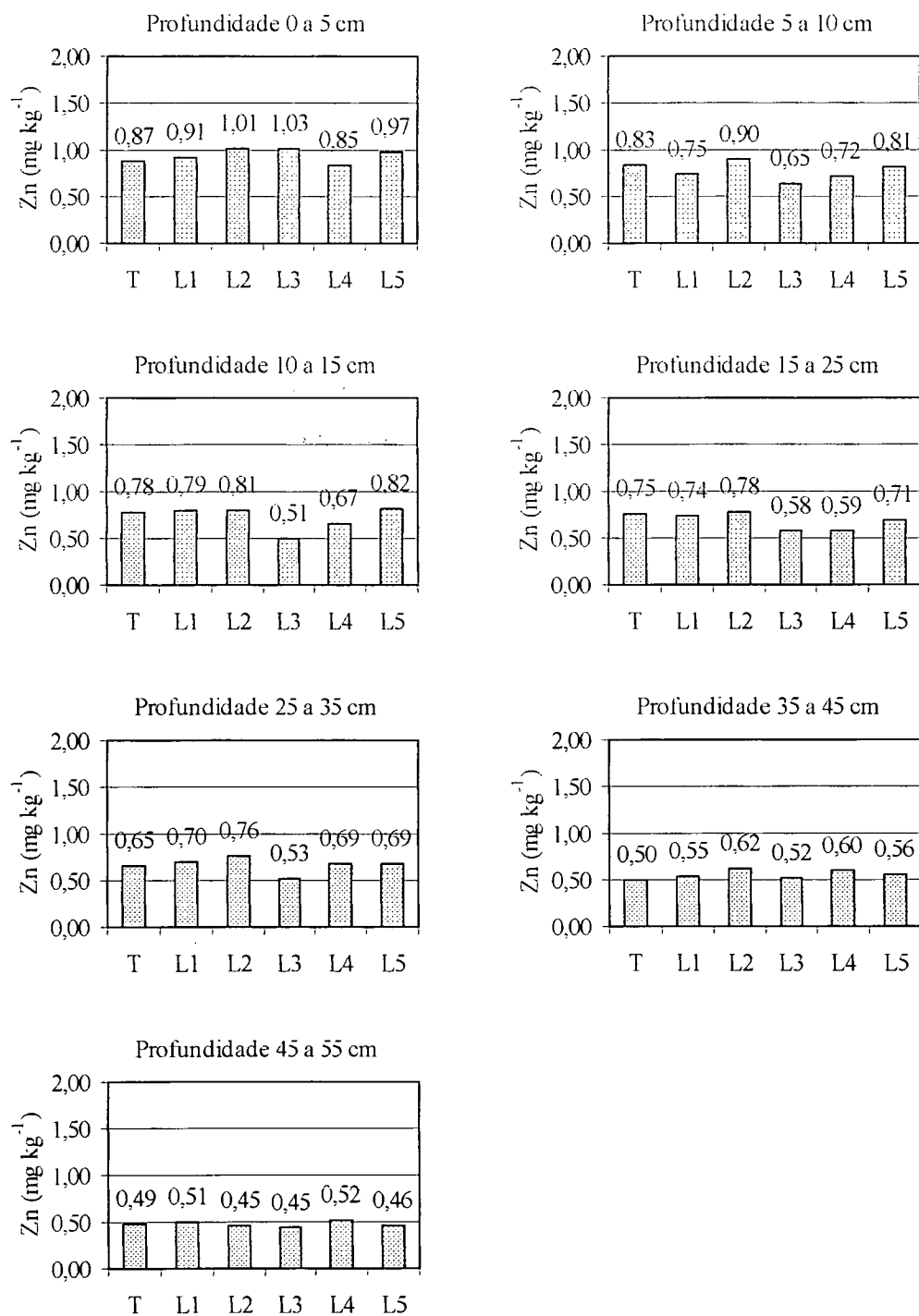


FIGURA 06 - TEORES DE Zn EXTRAIDOS POR DTPA DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO) TEMPO 2



DTPA e assim pois eventualmente capaz de dissolver (ou desorver) certas formas de Zn presentes no solo.

Assim, com base no exposto, conclui-se haver possibilidade de utilização dos extratores testados no presente trabalho, para o monitoramento de Zn no solo advindo de lodos de esgoto tratados alcalinamente, e eventualmente de outros metais que apresentem algumas propriedades semelhantes às deste elemento, desde que a estes sejam adicionados níveis por eles discrimináveis, já que para a adição de pequenas quantidades a metodologia aqui empregada (que inclui mas não se limita inclusive aos procedimentos de amostragem) não foi suficientemente sensível para detectá-las. Por outro lado, considera-se aqui ser o extrator de duplo-ácido Mehlich 1, mais prático e exeqüível para o monitoramento de áreas que sofreram reciclagem, até porque este método já é o oficial e rotineiramente utilizado para a extração de fósforo e potássio pelos laboratórios de análises de solo sob o programa interlaboratorial da CELA PR, que recentemente passou a avaliar a precisão deste método também para o Zn.

Complementarmente, RAIJ (1987) afirma merecerem os extratores ácidos maior atenção por serem capazes de extrair Zn solúvel, trocável e parte daquele ligado à matéria orgânica, além de solubilizarem parcialmente frações precipitadas como por exemplo fosfato e carbonato em solos ácidos. No entanto, o autor complementa que este método não é adequado para o uso em solos calcários. Desta forma, pode-se também inferir que em mesmo se observando boas relações entre doses de Zn advindas de biossólidos alcalinizados, como é o caso do N-Viro Soil aqui utilizado, e os teores extraíveis por Mehlich 1, faz-se necessário complementar o presente estudo com estudos de calibração para se avaliar a real biodisponibilidade do elemento às plantas, o quê em parte foi desenvolvido por LUCCHESI (1997).

#### 4.2.2.2 Teores de zinco extraíveis parcialmente do solo sob o experimento com NureSoil (lodo de dejetos de suínos) (Tempo 2)

Para o experimento com lodo de dejetos de suínos (NureSoil) os resultados não foram muito diferentes daqueles observados para o experimento com lodo de esgoto.

Neste, também não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos sobre os teores de Zn extraíveis tanto por M-1 quanto por DTPA, cujos resultados médios das extrações procedidas podem ser visualizados respectivamente nas Figuras 07 e 08, e cujos dados estão detalhados nos Apêndices 06 e 07.

Observa-se na Figura 07 que os teores médios de Zn extraídos por M-1 variaram de 0,32 a 3,33 mg kg<sup>-1</sup> sendo que para o DTPA tais valores variaram de 0,42 e 1,13 mg kg<sup>-1</sup> conforme o apresentado na Figura 08. Constatou-se também neste experimento (NureSoil) a mesma tendência observada no experimento com lodo de esgoto (N-Viro Soil), ou seja uma diminuição nos teores de Zn extraídos por ambos métodos extratores a medida em que se aprofunda a profundidade amostrada.

Assim, conclui-se que, da mesma forma que para o experimento com lodo de esgoto, também para o presente experimento, com NureSoil, ainda que não tenham havido diferenças estatisticamente significativas no que concerne à extração de Zn do solo por ambas metodologias utilizadas (M-1 e DTPA), haver possibilidade de também se utilizar dos extratores testados para o monitoramento de Zn no solo advindo de lodos de dejetos de suínos tratados alcalinamente, no caso pelo Processo N-Viro. Acredita-se que a impossibilidade de se discriminar diferenças nos teores de Zn pelos referidos métodos, ainda que na camada mais superficial do solo (0-15 cm), se deu pela baixa dosagem aplicada do elemento. Desta forma, os mesmos comentários efetuados no item acima para o N-Viro Soil no que concerne à possibilidade e algumas vantagens na utilização do M-1 sobre o DTPA podem ser também extrapoladas para o Nuresoil no âmbito do presente trabalho. Sugere-se pois, mais estudos para o aprimoramento de metodologias de monitoramento da disponibilidade de Zn em solos que sofreram a adição de lodos de dejetos de suínos e sua calibração para avaliar a sua real capacidade de estimar biodisponibilidade.

FIGURA 07 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS) TEMPO 2

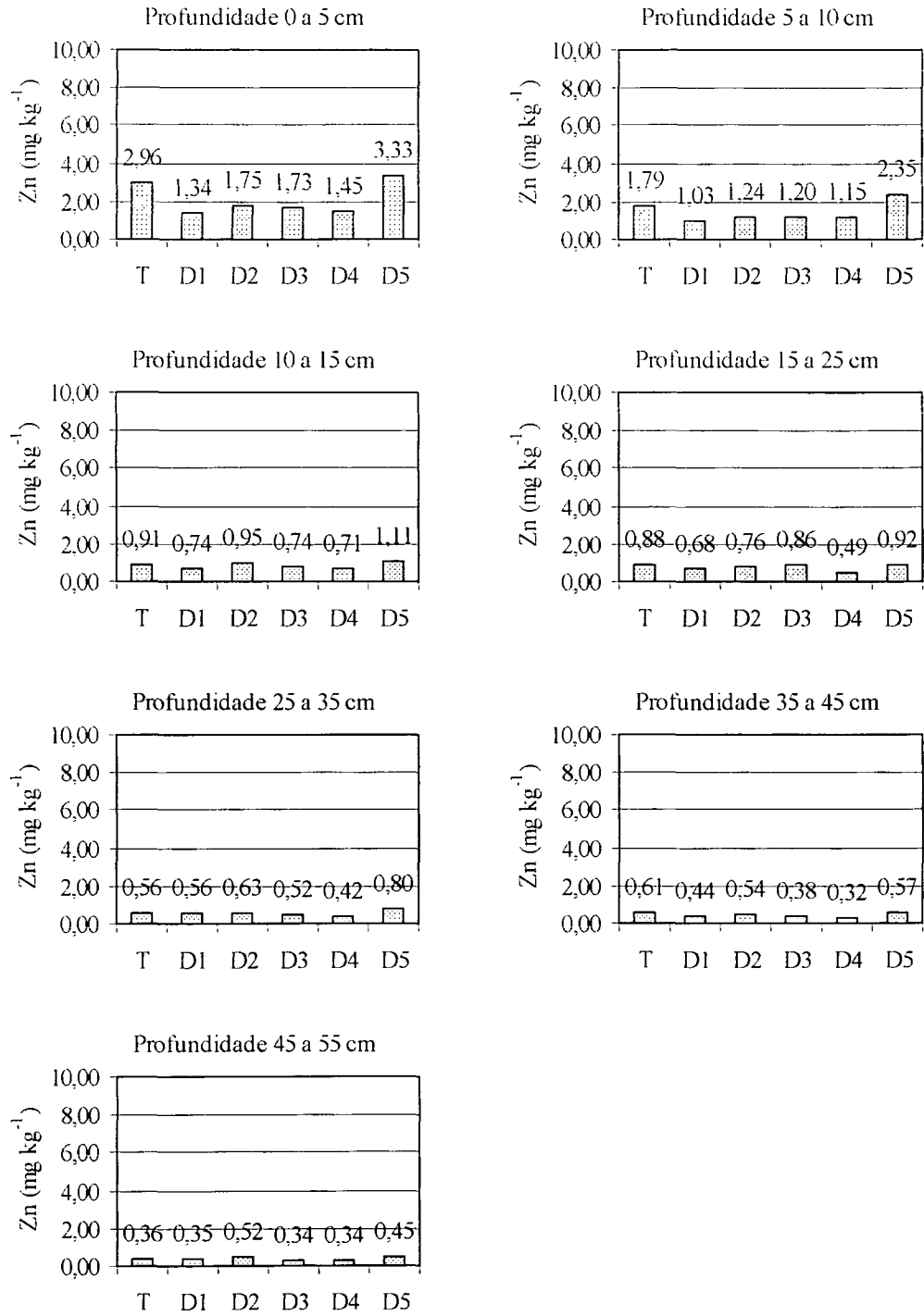
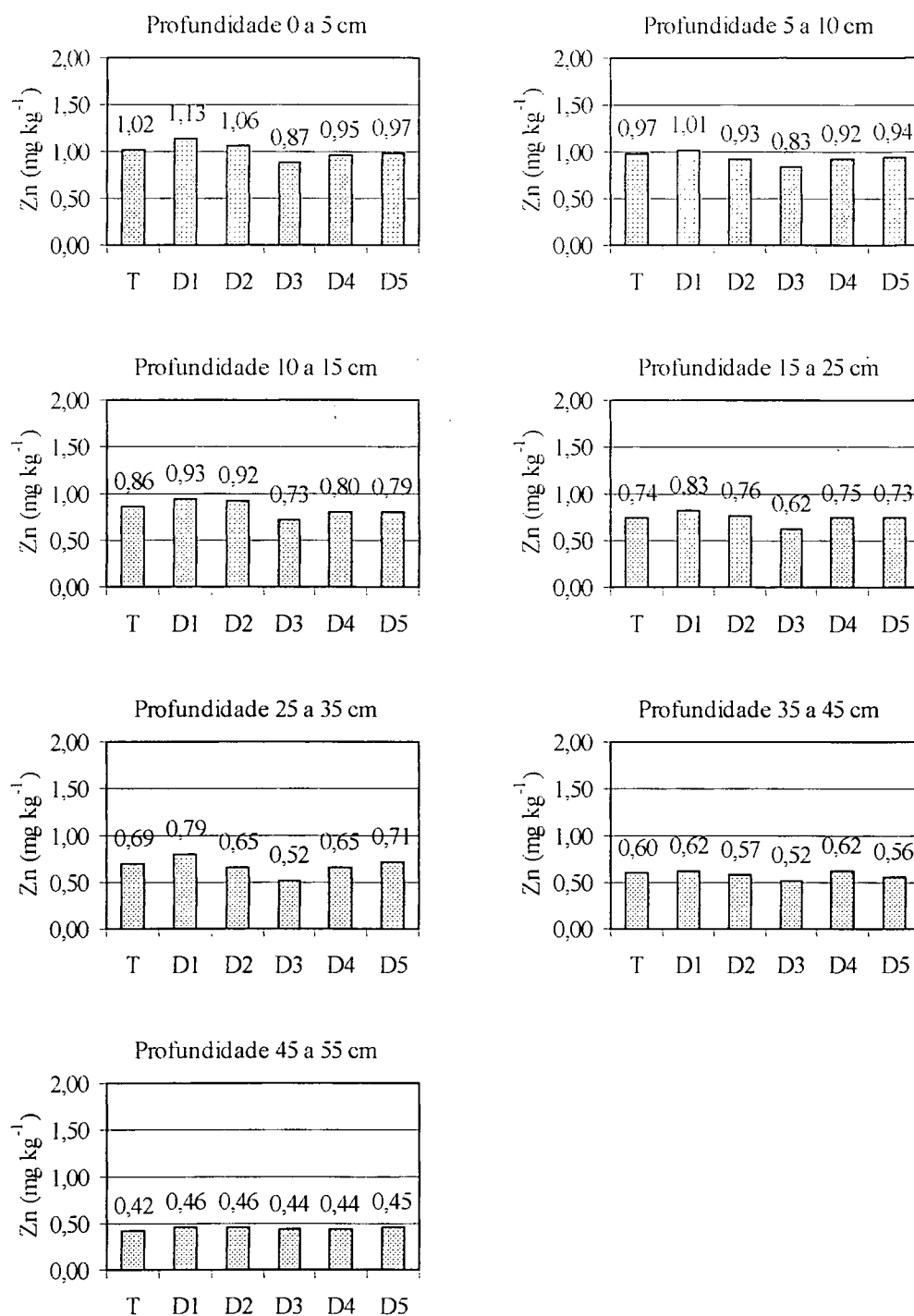


FIGURA 08 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR DTPA DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS) TEMPO 2



### 4.3 TEORES DE ZINCO NAS FOLHAS DE MILHO

#### 4.3.1 Teores de Zinco nas Folhas de Milho do Experimento com N-Viro Soil (Lodo de Esgoto)

Os teores folheares médios de Zn obtidos para o milho ao final do experimento com lodo de esgoto tratado pelo Processo N-Viro (N-Viro Soil) foram de 9,85, 11,90, 13,51, 13,80, 9,76 e 14,04 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente para os Tratamentos T (sem aplicação de lodo urbano) e Doses I, II, III, IV e V de N-Viro Soil conforme o apresentado na Figura 09 para os quais não se observou diferenças estatísticas. Os dados relativos aos resultados obtidos discriminadamente por parcela encontram-se arrolados no Apêndice 08 e os advindos da Anova no Apêndice 18.

#### 4.3.2 Teores de Zinco nas Folhas de Milho do Experimento com NureSoil (Lodo de Dejeito de Suínos)

Na Figura 10 encontram-se os teores médios de Zn encontrados nas folhas de milho relativos ao experimento com lodo de dejeito (NureSoil) para os tratamentos T (sem aplicação de lodo) e Doses I, II, III, IV e V de NureSoil, a saber: 17,30, 16,72, 16,58, 16,91, 17,34 e 16,27 mg kg<sup>-1</sup>. Também para este parâmetro não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. As informações relativas às parcelas experimentais que os geraram apresentam-se no Apêndice 09. Os dados relativos à análise estatística para este fator encontram-se arrolados no Apêndice 19.

#### 4.3.3 Discussão sobre os Teores de Zinco nas Folhas de Milho de Ambos Experimentos

Ainda que não se tenha comparado estatisticamente os resultados obtidos do experimento com NureSoil (lodo de dejetos de suínos) com os obtidos com N-Viro Soil (lodo de esgoto urbano), pode-se observar que os valores obtidos do primeiro (com dejeito) (Figura 09) mostraram-se consistentemente maiores que daqueles

FIGURA 09 - TEORES TOTAIS DE Zn NAS FOLHAS DE MILHO CULTIVADO EM SOLOS TRATADOS COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO)

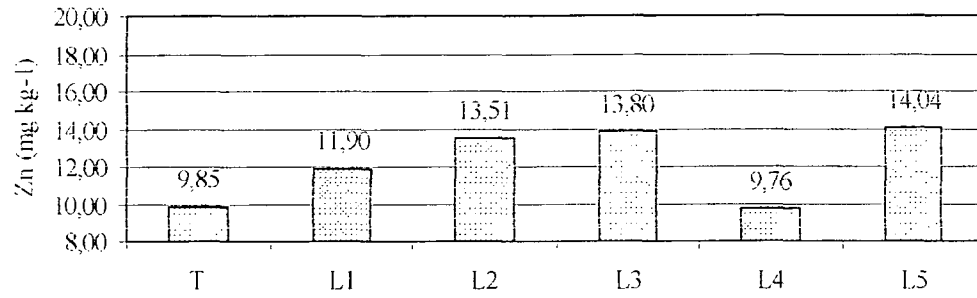
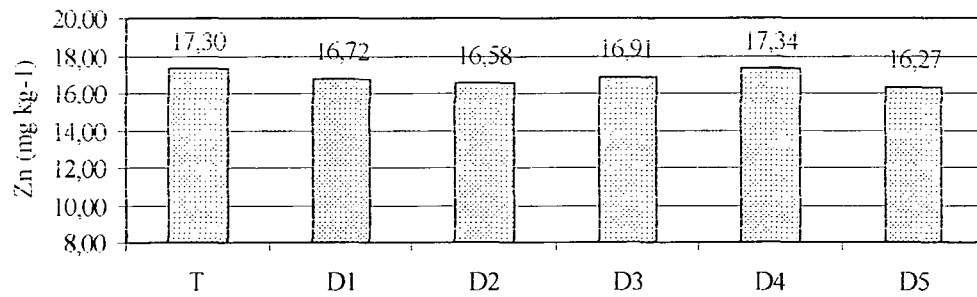


FIGURA 10 - TEORES TOTAIS DE ZINCO NAS FOLHAS DE MILHO CULTIVADO EM SOLOS TRATADOS COM NURESOIL (LODO DE DEJETO)



observados para o experimento com lodo de esgoto. Tal observação pode em parte ser atribuída à maior dose de Zn advinda de NureSoil que de N-Viro Soil em razão da maior concentração do elemento no primeiro o que gerou a aparente maior disponibilidade observada. Porém, em ambos os casos, todos os teores de Zn nas folhas do milho estão dentro da faixa proposta por MALAVOLTA (1997), que situa-se entre 15 e 50 mg kg<sup>-1</sup>, bastante ampla.

A inobservância de diferenças significativas para os teores folheares de Zn em ambos os tratamentos pode ser em parte devida ao fato de ambos os bio sólidos terem sido aplicados em superfície, e por sua vez da baixa mobilidade do Zn o que não favoreceu a absorção. MARTINS (2003), observou aumento nos teores de Zn foliar de milho cultivado em solo aonde aplicou-se até 153 kg ha<sup>-1</sup> de Zn a partir lodo de esgoto *in natura*. No entanto, o referido autor afirma ter observado tal aumento somente aonde não efetuou aplicação de calcário, não tendo verificado aumento nos teores foliares de Zn no milho naquela mesma dosagem a partir de bio sólido quando o solo foi calcariado. LUCCHESI (1997) ao incorporar doses crescentes de Zn de até 44,6 kg ha<sup>-1</sup> a partir de um N-Viro Soil no horizonte B de três latossolos do Paraná (derivado de basalto, de arenito Caiuá, e de migmatito) observou comportamentos distintos e até mesmo contraditórios para teores totais de Zn contidos em aveia (*Avena sativa* L.) e em azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) e para aqueles totalmente absorvidos por estas espécies o que indica haver influência multifatorial sobre a biodisponibilidade do elemento, o que torna complexa a sua interpretação.

No presente trabalho, em razão das baixas dosagens de Zn aplicadas via bio sólidos de forma superficial ao solo, aliada à baixa mobilidade do Zn no solo e ao pH alcalino dos lodos tratados pelo Processo N-Viro e seu poder de neutralização da acidez dos solos é possível se conjecturar que grande parte do Zn folhear detectado no milho não tenha de fato advindo dos bio sólidos.

Deste contexto, pode-se concluir que no que concerne ao Zn advindo de bio sólidos tratados pelo Processo N-Viro, tanto aquele de origem urbana quanto de derivado de dejetos de suínos, em se aplicando as doses utilizadas no presente trabalho não há riscos de fitotoxicidade.

#### 4.4 PRODUTIVIDADE DE MILHO

As produtividades de grãos de milho alcançadas para o experimento com biossólidos urbanos (N-Viro Soil) para os tratamentos Testemunha, Dose I, II, III, IV e V foram respectivamente 4731, 4703, 5025, 5100, 4734 e 4874 kg ha<sup>-1</sup> e para o experimento com biossólidos de suínos (NureSoil) foram de respectivamente 4864, 4833, 5017, 5095, 5280 e 4889 kg ha<sup>-1</sup>. Tais resultados podem ser visualizados nas Figuras 11 e 12 respectivamente para N-Viro Soil e NureSoil, cujos dados detalhados encontram-se nos Apêndices 10 e 11. Não se detectaram diferenças significativas entre as produtividades obtidas em ambos os experimentos. A Anova para as produtividades de grãos encontram-se nos Apêndices 20 e 21.

Quanto à produtividade vegetal influenciada pela aplicação de lodos de esgoto tratados pelo Processo N-Viro, LUCCHESI (1997b) obteve incrementos nas produtividades de massa seca total de aveia e azevém diretamente proporcionais à doses aplicadas ao solo de N-Viro Soil. Tal incremento pôde em parte ser explicado pela melhoria de algumas características físicas e químicas do solo. A CTC do solo é normalmente melhorada com a adição de lodos de esgoto tratados, devido principalmente à adição de matéria orgânica (CARVALHO & BARRAL, 1981). Tais efeitos na melhoria das características de solos e aumento em suas produtividades poderão ser mais facilmente observadas quando da utilização de biossólidos em áreas com um grau mais elevado de degradação. Este não é o caso das áreas experimentais do presente trabalho, uma vez que já apresentava bons níveis indicativos de sua fertilidade e histórico de boas produtividades médias. Uma discussão mais aprofundada dos efeitos de fatores edáficos sobre a produtividade de grãos de milho nos experimentos aqui abordados foram já efetuados anteriormente por PREISLER (2002) e SALVADOR (2002).

FIGURA 11 - PRODUTIVIDADES DE MILHO NOS TRATAMENTOS COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO) COMPARADOS À ADUBAÇÃO MINERAL

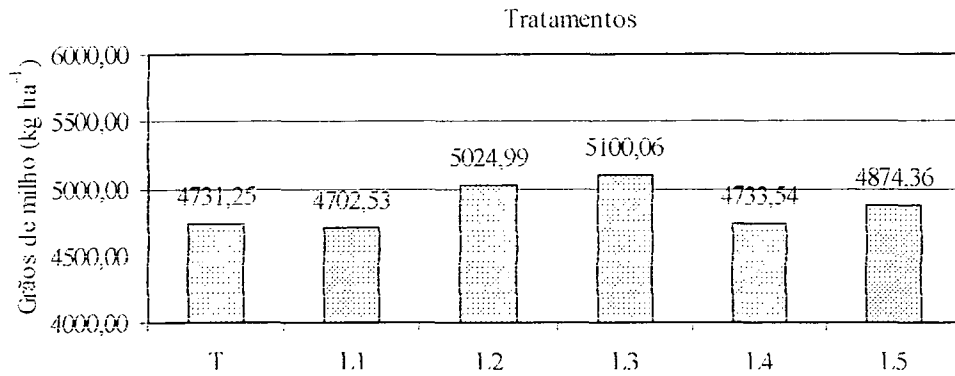
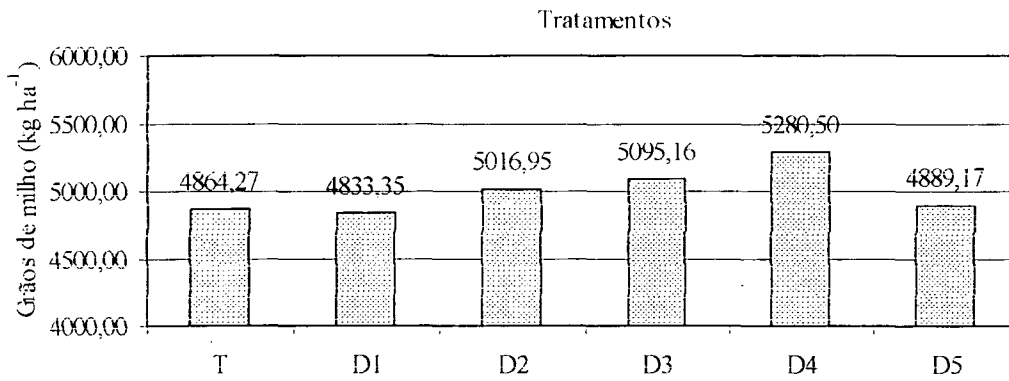


FIGURA 12 - PRODUTIVIDADES DE MILHO NOS TRATAMENTOS COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NURESOIL (LODO DE DEJETO) COMPARADOS À ADUBAÇÃO MINERAL



#### 4.5 CORRELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS OBTIDOS

Para uma melhor apreciação dos dados obtidos, efetuou-se uma análise de correlação entre alguns fatores, utilizando-se apenas dos tratamentos T, e Doses I, II, III e IV onde se utilizou doses crescentes dos bio sólidos, respectivamente Tabelas 16 e 17. Isto é, o último tratamento (Dose V) foi excluído desta análise, pois deste foi reduzida a dosagem de bio sólido e de adubação sintética. Nestas Tabelas podem ser observados que alguns parâmetros são direta ou inversamente proporcionais. Das Tabelas 17 e 18, observa-se índices de correlação iguais ou superiores a 0,7 ou iguais ou inferiores a -0,7.

Para o estudo em questão, que visa a verificação da disponibilidade do elemento traço Zn, alguns parâmetros devem ser observados com mais detalhes, é o caso de pH nos horizontes mais superficiais, que como era de se esperar, a medida em que se eleva o pH reduz a disponibilidade de zinco. Os coeficientes de correlação entre o pH do solo nas camadas de 0 a 5 cm e o Zn extraído por M-1 também na profundidade de 0 a 5 cm foram positivos, 0,4 e 0,5 para o solo tratado com lodo de esgoto e solo tratado com dejetos de suínos respectivamente. Esperava-se que a medida em que o pH se elevasse, as concentrações de Zn reduziriam, este fato não foi observado, em partes devido ao zinco adicionado no solo via bio sólido. A tendência se manteve para pH de solo com Zn extraído por DTPA, 0,5 e 0,7 para lodo de esgoto e lodo de dejetos respectivamente.

Quando observado o coeficiente de correlação entre os teores foliares de Zn e P no solo, verifica-se valores negativos, -0,1 e -0,5 para lodo de esgoto e lodo de dejetos respectivamente. De acordo com MALAVOLTA et al. (1997), o P na solução do solo causa diminuição na absorção do Zn pela planta.

Observando o coeficiente de correlação entre o Zn foliar e a produtividade de milho obtida, pode-se observar que em ambos experimentos, a correlação é positiva, sendo que para o experimento com lodo de esgoto, esta correlação apresentou-se de maneira muito significativa, com índice de 0,9, enquanto para lodo de dejetos, 0,3.

Este aumento proporcional pode estar relacionado com o fato da maior absorção, pela adição de biossólidos, de outros elementos que influenciam no incremento das produtividades. Pois, BERTON et al (1989), obtiveram aumento na produção de matéria seca de milho, à medida que aumentou as doses de lodo de esgoto, segundo o autor, houve aumento na absorção de nutrientes como (N, P, Ca, Mg e Zn) pela planta.

Por fim, observou-se pelo coeficiente de correlação entre o Zn aplicado via biossólido com o pH do solo, uma pequena tendência de aumentar em ambos experimentos. Explica-se pelo fato de o pH se elevar devido às características alcalinizantes dos biossólidos tratados, bem como o Zn aumentar conforme a dosagem de biossólido aplicada.

Os Apêndices 22 e 23, ilustram adicionais coeficientes de correlação entre fatores observados para o experimento com lodo de esgoto e para o experimento com lodo de dejetos respectivamente.

**TABELA 17 - FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE ALGUNS PARÂMETROS PARA O EXPERIMETO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO)**

Parâmetro	Zn foliar	Zn aplicado	Produtividade de milho	pH do solo	P extraível	Matéria Orgânica	Zn m1 no solo
Zn foliar	-	-	-	-	-	-	-
Zn aplicado	-0,2	-	-	-	-	-	-
Produtividade de milho	0,9	0,1	-	-	-	-	-
pH do solo	0,3	0,3	0,7	-	-	-	-
P extraível	-0,1	0,9	0,0	0,7	-	-	-
Matéria Orgânica	-0,3	0,3	0,2	0,6	0,6	-	-
Zn m1 no solo	-0,4	-0,5	-0,1	0,4	0,4	0,5	-
Zn dtpa no solo	1,0	-0,2	0,9	0,5	0,5	0,4	0,2

TABELA 18 - FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE ALGUNS PARÂMETROS PARA O EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETO)

Parâmetro	Zn foliar	Zn aplicado	Produtividade de milho	pH do solo	P extraível	Matéria Orgânica	Zn m1 no solo
Zn foliar	-	-	-	-	-	-	-
Zn aplicado	0,4	-	-	-	-	-	-
Produtividade de milho	0,3	1,0	-	-	-	-	-
pH do solo	0,2	-0,3	-0,3	-	-	-	-
P extraível	-0,5	-0,1	-0,3	0,7	-	-	-
Matéria Orgânica	-0,7	0,1	0,2	0,6	0,6	-	-
Zn m1 no solo	0,5	-0,5	-0,4	0,5	0,4	0,3	-
Zn dtpa no solo	-0,4	-0,6	-0,7	0,7	0,6	0,5	0,3

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que, por ter apresentado significativa redução nos teores de Zn dos bio sólidos pelo seu processamento, as doses destes resíduos tratados pelo Processo N-Viro geraram doses totais muito baixas do metal aplicado ao solo cujos teores não foram significativamente alterados e detectados pelos extratores utilizados o que é um indício de possibilidade de reciclagem de tais bio sólidos sem que se incorra em riscos de contaminação por Zn, bem como por elementos que apresentem características semelhantes à deste.

Os teores de Zn biodisponíveis para o milho, estão dentro do descrito pela literatura como sendo normal, não apresentando malefício algum para as plantas nos níveis em que foram adicionados ao solo.

O solo estudado apresentou baixos teores naturais, total e parcial, de Zn, mostrando claramente os maiores teores de Zn nas camadas mais superficiais do perfil, conseqüência da extração deste elemento pelas plantas e posterior deposição sobre a superfície do solo, aliada a baixa mobilidade deste elemento no solo. Nota-se um decréscimo dos teores de Zn no perfil a partir da superfície do solo. Assim, considerando-se a baixa mobilidade de Zn em solos, tal resultado indica que sucessivas adubações com bio sólidos contendo este metal podem favorecer ainda mais tal gradiente a favor principalmente das camadas de solo a que estes forem incorporados.

Quanto aos extratores utilizados para a avaliação dos teores parciais de Zn no solo, o duplo-ácido apresentou concentrações do metal ligeiramente maiores do que as extrações realizadas pelo DTPA. Isso leva a crer que o M-1 é mais recomendado para solos com características semelhantes ao da região estudada, além do que, o extrator M-1 já é utilizado pelos laboratórios de análises de solo, para extração de fósforo, potássio e sódio, bem como é o extrator recomendado para micronutrientes catiônicos pela Comissão Estadual de Laboratório de Análise do Paraná – CELA o que facilita a sua utilização, calibração e correlação.

Assim sendo, o conjunto geral de resultados, indica ser o Processo N-Viro uma alternativa a ser considerada para o tratamento de biossólidos a serem reciclados em solos agrícolas, particularmente quando se temer a presença de metais em tais resíduos com comportamento similar ao Zn.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p. 468.

ANDREOLI, C.V.; FERNANDES, F.; DOMASZAK, S.C. **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônômico e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária**. Curitiba: SANEPAR, 1997.

ASSIS, R.A. **Cultivares de milho para a região de Palmeira-PR**. Sementes Santa Helena. Comunicação pessoal a L.A.C. Lucchesi em: 18 dez. 2001.

BAKER, D.E.; AMACHER, M.C. Nickel, copper, zinc, and cadmium. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. **Methods of soil analysis**, Part 2: Chemical and microbiological properties. 2. ed. Madison, Wisconsin, USA: ASA-SSSA, 1982. p. 323-336.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. da; BARBOSA, A.M. Interações entre calagem e zinco na absorção de nutrientes e produção de arroz de sequeiro em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 355-360, 1992.

BARTZ, H.R.; BISSANI, E.E.; SCHERER, E.E.; TASSINARI, G.; SIQUEIRA, O.J.W.; FELTRACO, L.; WITHOLTER, S. **Recomendações de adubação e de calagem para o estado do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo RS: SBCS – Núcleo Regional Sul, 1995.

BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van. Soluções extratoras na avaliação da fitodisponibilidade do zinco em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 457-461, 1994.

BERTON, R.S. Riscos de contaminação do agrossistema com metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2000.

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

BERTONCINI, E.I.; MATTIAZZO, M.E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 737 – 744, 1999.

BIGARELLA, J. J. Nota explicativa da folha geológica de Quero-Quero. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, n. 19, novembro, 1966.

BURNHAM, J.C.; DONOVAN, J.F.; FORSTE, J.; GSCHWIND, J.; LOGAN, T.J.; ZENZ, D. Production and distribution of municipal sewage sludge products. In: LUEHING, C.; KUCHENRITHER, R. (Ed.). **Municipal sewage sludge management: processing, utilization and disposal**. Lancaster, Pennsylvania: Water Quality Management Library, v. 4. 1992. p. 479-529.

BUZETTI, S. Estudo da eficiência de extratores químicos de zinco, no solo, para o milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 367-372, 1992.

CARVALHO, L.F.O.S. **Saúde do rebanho suíno**. Disponível em: <<http://www.suinoindustria.com.br>> Acesso em: 07 jul. 2003.

CARVALHO, P.C.T.; BARRAL, M.F. **Aplicação de lodos de esgoto como fertilizantes**. São Paulo, v. 3, n. 2, 1981. p. 3-5.

CASARINI, D.C.P.; DIAS, C.L. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2001. p. 73. (Série Relatórios Ambientais). Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: 06 dez. 2002.

COSTA, M.A.G. **Minerais orgânicos**. Disponível em: <<http://www.suinoindustria.com.br>> Acesso em: 07 jul. 2003.

COX, F.R.; KAMPRATH, E.J. Micronutrient soil test. In: MORTVETD, J.J., GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. **Micronutrient in Agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

FEPAGRO. Recomendações técnicas para a cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Boletim Técnico**, n. 6. Porto Alegre: Emater, Fecoagro RS, 1999.

FURLANI, P.R. **Cultivares de milho para a região de Palmeira-PR**. [e-mail: furlani@barao.iac.br] Mensagem recebida por: <marpreisler@yahoo.com.br> em: 13 dez. 2001.

HOSSNER, L.R. Dissolution for total elemental analysis. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M.E. **Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods**. Madison, Wisconsin, EUA: SSSA. ASA. p. 49-64.

IAP. **Instrução normativa para reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. (Proposta). Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 2002. 25 p.

IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina, 1994.

IBGE. **Pesquisa de Saneamento Básico 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estatistica/populacao/condicaodevida>> Acesso em: 08 jul. 2002.

JONES JR, J.B.; CASE, V.W. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. In: **Soil testing and plant analysis**. 3. ed. Madison, Wisconsin, EUA: SSSA, 1990. p. 389-427.

LARACH, J.O.I.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A.P. de; HUCHMULER, D.P.; FASOLO, P.J.; RAUEN, M. de J. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Paraná**. Tomos I e II. EMBRAPA, Londrina. Boletim Técnico, n. 57, 791 p. 1984.

LICHT, O.A.B. **Prospecção geoquímica: princípios, técnicas e métodos**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998.

LICHT, O.A.B. **A geoquímica multielementar na gestão ambiental: identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no estado do Paraná, Brasil**. Curitiba, 2000. 259 f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science Society of America Journal**. 42: 421-428. 1978.

LOGAN, T.J.; HARRISON, B.J. Physical characteristics of alkaline stabilized sewage sludge (N-Viro Soil) and their effects on soil physical properties. **Journal of Environmental Quality**, Madison, 24, p.153-164. 1990.

LUCCHESI, L.A.C. **The effects of two processed sewage sludges (N-Viro and Compost) on the characteristics of three soils from Paraná, Brazil and the behavior of zinc**. A proposal. Columbus, Ohio - USA, 1994. (Proposta de Tese de Doutorado) - The Ohio State University.

LUCCHESI, L.A.C. **The effects of two processed sewage sludges on the characteristics of three soils from Paraná, Brazil and the behavior of sludge zinc**. Columbus, Ohio - USA, 1997. 359 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - The Ohio State University.

LUCCHESI, L.A.C.; LOGAN, T.J. The Bioavailability of Zinc Derived from Biosolids Processed by N-Viro Process and Composting in 3 Oxisols from Paraná Brazil. Extended abstract. In: **FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE BIOGEOCHEMISTRY OF TRACE ELEMENTS**, 1997, Berkley CA. **Anais...** Berkley CA, EUA, 1997 (a).

LUCCHESI, L.A.C.; LOGAN, T.J. The effects of two processed sewage sludges on the characteristics of three soils from Paraná, Brazil. In: ANNUAL MEETING DA ASA-CSSA-SSSA, 89., 1997, Anaheim CA. **Anais...** Anaheim CA, EUA, 1997 (b).

LUCCHESI, L.A.C.; LOGAN, T.J. Chemical characteristics of water leached from three Brazilian oxisols amended with stabilized sewage sludges (compost and N-Viro Soil). In: INTERNATIONAL MEETING OF THE INTERNATIONAL HUMIC SUBSTANCES SOCIETY – IHSS: Humic Substances Downunder. Understanding and managing organic matter in soils, sediments and waters, 9.,1998, Australia. **Anais...** Australia: University Adelaide, 1998 (a). p. 152.

LUCCHESI, L.A.C.; LOGAN, T.J. Comportamento de zinco derivado de dois lodos de esgoto estabilizados em três latossolos paranaenses. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS – FertBIO, XXIII, 1998, Caxambu, MG. **Anais...** Caxambu, 1998 (b).

LUND, L.J.; BETTY, E.E.; PAGE, A.L.; ELLIOTT, R.A. Occurrence of naturally high cadmium levels in soils and its accumulation by vegetation. **Journal of Environmental Quality**, Madison, 1981.

MAACK, R. Geografia física do estado do Paraná. Curitiba PR: Banco de Desenvolvimento do Paraná,. 1968. p. 350.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba SP: POTAFOS, 1997.

MARTINS, A.L.C.; BATAGLIA, O.C.; CAMARGO,O.A.; CANTARELLA, H. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn, e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas SP, n. 27, p. 563-574, 2003.

MATOS, A.T.; FONTES, M.P.F.; JORDÃO, C.P.; COSTA, L.M. da. Mobilidade e formas de retenção de metais pesados em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas SP, v. 20, n. 3, p.379-386, 1996.

MATOS, A.T.; COSTA, L.M.; FONTES, M.P.F.; MARTINEZ, J.A.; FERREIRA, P.A. Fatores de retardamento e coeficientes de dispersão-difusão dos metais zinco, cádmio, cobre e chumbo em solos do município de Viçosa – MG: I. Curvas de eluição dos metais; II. Correlação com algumas propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 25., 1995, Viçosa MG. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995(a). p. 2333-2338.

MATOS, A.T.; COSTA, L.M.; FONTES, M.P.F.; NEVES, J.C.L. Adsorção dos metais zinco, cádmio, cobre e chumbo em solos do município de Viçosa - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. 25., Viçosa – MG. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995(b). p. 2384-2386.

MATTIAZZO, M.E.; ANDRADE, C.A. Aplicabilidade do bio-sólido em plantações florestais: lixiviação de N orgânico e toxicidade de metais pesados. In: BETTIOL, W.W.; CAMARGO, O.A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 203-213.

MATTIAZZO, M.E.; BARRETO, M.C.V. Comportamento de Cd, Cu, Cr, Ni e Zn adicionados a solos em diferentes valores de pH. I: Cádmio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. 25., Viçosa – MG. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 2379-2380.

MATTIAZZO, M.E.; GLÓRIA, N.A. Parâmetros para adição a solos de resíduos contendo metais. I: Estudos com soluções. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO. 25., Viçosa – MG. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 2315-2317.

MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.C.B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo.** São Paulo: Nobel, 1983.

MIKI, M. K.; ANDRIGUETI, E. J.; ALEM SOBRINHO, P. Tratamento da fase sólida em estações de tratamento de esgotos. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. **Bio-sólidos na agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001. p. 468.

NISHIMURA, A.H.P. **Considerações sobre o P num solo cultivado com milho (*Zea mays L.*) sob plantio direto com a aplicação de bio sólido alcalinizado.** Curitiba, 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

N-VIRO INTERNATIONAL CORPORATION. **N-Viro vision and technology.** Toledo/OH, USA, 1996.

N-VIRO INTERNATIONAL CORPORATION. **N-Viro.** Disponível em: <<http://www.nviro.com>> Acesso em: 01 ago. 1999.

OLIVEIRA, M.F.G.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; ALVES, V.M.C.; VASCONCELLOS, C.A. Fluxo difuso de Zn em amostras de solo influenciado por textura, íon acompanhante e pH do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 609 – 615, 1999.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPUSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade.** Londrina: IAPAR, Circular n. 76, 1992.

PINTO, M.T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C.V.; SPERLING, M.von; FERNANDES, F. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: lodo de esgotos: tratamento e disposição final.** v. 6. Belo Horizonte: DESA-UFMG, Sanepar, 2001. p. 261-297.

PREISLER, M. **Bio sólido de dejetos de suínos tratados pelo processo N-viro e sua influência nos atributos químicos de um cambissolo e na produtividade de milho.** Curitiba, 2002. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para a determinação da necessidade de calagem em solos. In: RAIJ, B. van.; BATAGLIA, O.C.; SILVA, N.M. **Acidez e calagem no Brasil.** Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, XV. Campinas: SBCS, IAC. p. 33-48.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ceres/Potafós. 1991.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC/UNESP/Fundação Cargill, 1987.

REED, S.T.; MARTENS, D.C. Copper and zinc. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M.E. **Methods of Soil Analysis**, Part 3: Chemical Methods. Madison, Wisconsin, EUA: SSSA. ASA. p. 703-722.

SALVADOR, J.T. **Alterações de atributos químicos de um cambissolo e resposta de milho sob plantio direto frente à aplicação superficial de lodo de esgoto urbano tratado alcalinamente**. Curitiba, 2002. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SANEPAR. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro: PROSAB/ABES, 1999.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA BOOK SERIES. **Methods of Soil Analysis**. n. 5, Madison, Wisconsin, USA: Soil Science of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc., 1996.

SPSS. **SPSS for Windows, v. 10.0**, SPSS, Inc. 1998-1999.

U.S. Environmental Protection Agency. 1996. Part 503. **Standards for the use or disposal of sewage sludge**. Code of Federal Regulations (CFR). Protection of Environment. 40 Parts 425 to 699. p. 655-686. USEPA. Pub. Office of the Federal Register National Archives and Records Administration. Special Edition.

U.S. Environmental Protection Agency. 1994. **A plain English guide to the EPA Part 503 biosolids rule**. United States Environmental Protection Agency. USEPA. Washington, DC. EUA. 177 p.

VIETS JR, F.G.; LINDSAY, W.L. Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. In: BEATON, J.D. **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973.

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1-	TEORES TOTAIS DE Zn EXPRESSOS EM BASE SECA (DIGESTÃO NITRO-PERCLÓRICA) DO PERFIL DO SOLO DA PARCELA 14 DO EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO (TEMPO 1).....	74
APÊNDICE 2-	TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL (TEMPO 1) ANTES DA IMPLANTAÇÃO DOS TRATAMENTOS EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO).....	75
APÊNDICE 3-	TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL (TEMPO 1) ANTES DA IMPLANTAÇÃO DOS TRATAMENTOS EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETO DE SUÍNOS)....	76
APÊNDICE 4-	TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO) TEMPO 2.....	77
APÊNDICE 5-	TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR DTPA DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO) TEMPO 2.....	78
APÊNDICE 6-	TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS) TEMPO 2.....	79
APÊNDICE 7-	TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR DTPA DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS) TEMPO 2.....	80
APÊNDICE 8-	TEORES DE Zn NAS FOLHAS DE MILHO CULTIVADO EM SOLOS TRATADOS COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO).....	81
APÊNDICE 9-	TEORES DE Zn NAS FOLHAS DE MILHO CULTIVADO EM SOLOS TRATADOS COM NURESOIL (LODO DE DEJETO).....	81
APÊNDICE 10-	PRODUTIVIDADES DE MILHO NOS TRATAMENTOS COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO).....	82
APÊNDICE 11-	PRODUTIVIDADES DE MILHO NOS TRATAMENTOS COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NURESOIL (LODO DE DEJETO).....	82
APÊNDICE 12-	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR M-1 (TEMPO 1) PARA DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x	

	4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO...	83
APÊNDICE 13-	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR M-1 (TEMPO 1) PARA DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE DEJETO....	83
APÊNDICE 14-	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR M-1 (TEMPO 2) PARA DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO...	84
APÊNDICE 15-	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR M-1 (TEMPO 2) PARA DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE DEJETO....	84
APÊNDICE 16-	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR DTPA (TEMPO 2) PARA DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO...	85
APÊNDICE 17-	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR DTPA (TEMPO 2) PARA DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE DEJETO....	85
APÊNDICE 18-	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn FOLIAR DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO.....	86
APÊNDICE 19-	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn FOLIAR DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE DEJETO.....	86
APÊNDICE 20-	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE DE MILHO DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO.....	87
APÊNDICE 21-	ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE DE MILHO DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM LODO DE DEJETO.....	87
APÊNDICE 22-	FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS PARA O EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO).....	88
APÊNDICE 23-	FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS PARA O EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETO).....	92

APÊNDICE 01 - TEORES TOTAIS DE Zn EXPRESSOS EM BASE SECA (DIGESTÃO NITRO-  
PERCLÓRICA) DO PERFIL DO SOLO DA PARCELA 14 DO EXPERIMENTO  
COM LODÔ DE ESGOTO (TEMPO 1)

Profundidade cm	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )		Média
	Aliquota 1	Aliquota 2	
0 - 5	21,40	18,67	<b>20,03</b>
5 - 10	27,14	15,31	<b>21,22</b>
10 - 15	20,94	13,25	<b>17,10</b>
15 - 25	13,62	15,74	<b>14,68</b>
25 - 35	12,65	11,93	<b>12,29</b>
35 - 45	12,83	14,42	<b>13,63</b>
45 - 55	12,40	14,11	<b>13,25</b>
<b>Média</b>	<b>17,28</b>	<b>14,77</b>	<b>16,03</b>

APÊNDICE 02 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL (TEMPO 1) ANTES DA IMPLANTAÇÃO DOS TRATAMENTOS EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO)

Profundidade	Repetição	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )						Média
		T	L1	L2	L3	L4	L5	
0 a 5	1	4,19	1,47	1,21	1,52	1,75	2,71	2,14
	2	3,45	2,22	2,08	1,92	2,77	2,78	2,53
	3	2,35	2,65	1,67	2,11	6,85	2,76	3,07
	4	2,31	1,87	3,25	2,95	2,28	3,06	2,62
Média		<b>3,07</b>	<b>2,05</b>	<b>2,05</b>	<b>2,13</b>	<b>3,41</b>	<b>2,83</b>	<b>2,59</b>
5 a 10	1	3,41	1,26	0,98	1,23	1,21	1,30	1,57
	2	2,01	1,11	1,76	1,52	2,80	2,68	1,98
	3	1,89	1,43	1,60	2,01	2,63	1,98	1,92
	4	1,99	1,49	1,39	1,70	1,36	2,21	1,69
Média		<b>2,32</b>	<b>1,32</b>	<b>1,43</b>	<b>1,61</b>	<b>2,00</b>	<b>2,04</b>	<b>1,79</b>
10 a 15	1	1,44	0,90	1,91	1,12	1,11	1,49	1,33
	2	1,98	1,06	1,43	1,12	5,68	1,52	2,13
	3	1,77	1,10	1,63	1,35	1,25	1,18	1,38
	4	1,81	1,71	0,86	1,50	1,28	1,15	1,38
Média		<b>1,75</b>	<b>1,19</b>	<b>1,46</b>	<b>1,27</b>	<b>2,33</b>	<b>1,33</b>	<b>1,56</b>
15 a 25	1	1,40	0,78	0,91	1,01	5,30	1,21	1,77
	2	1,20	1,09	1,00	0,72	1,24	2,05	1,21
	3	0,88	1,12	1,73	1,10	0,99	0,88	1,12
	4	0,96	1,06	1,05	0,95	0,52	0,93	0,91
Média		<b>1,11</b>	<b>1,01</b>	<b>1,17</b>	<b>0,94</b>	<b>2,01</b>	<b>1,27</b>	<b>1,25</b>
25 a 35	1	0,50	0,60	0,50	0,82	1,06	0,89	0,73
	2	0,88	1,03	0,88	0,69	0,94	0,88	0,88
	3	1,00	1,39	0,95	0,96	0,89	0,80	1,00
	4	0,71	0,89	0,48	0,96	0,67	0,77	0,75
Média		<b>0,77</b>	<b>0,98</b>	<b>0,70</b>	<b>0,86</b>	<b>0,89</b>	<b>0,83</b>	<b>0,84</b>
35 a 45	1	0,39	0,50	0,68	1,42	2,11	0,61	0,95
	2	2,72	0,85	0,91	0,70	0,95	0,49	1,10
	3	1,95	0,76	1,07	0,75	0,78	0,86	1,03
	4	0,81	0,66	0,99	0,81	0,99	0,78	0,84
Média		<b>1,47</b>	<b>0,69</b>	<b>0,91</b>	<b>0,92</b>	<b>1,21</b>	<b>0,68</b>	<b>0,98</b>
45 a 55	1	0,40	0,50	1,00	1,11	0,71	0,49	0,70
	2	0,98	0,57	0,78	0,91	0,87	0,47	0,76
	3	0,87	0,75	0,77	0,89	0,75	0,76	0,80
	4	0,96	0,66	0,84	0,95	0,42	0,84	0,78
Média		<b>0,80</b>	<b>0,62</b>	<b>0,84</b>	<b>0,96</b>	<b>0,69</b>	<b>0,64</b>	<b>0,76</b>
<b>Média geral</b>		<b>1,61</b>	<b>1,12</b>	<b>1,22</b>	<b>1,24</b>	<b>1,79</b>	<b>1,37</b>	<b>-</b>

APÊNDICE 03 - TEORES DE Zn EXTRAÍDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL (TEMPO 1) ANTES DA IMPLANTAÇÃO DOS TRATAMENTOS EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODQ DE DEJETOS DE SUÍNOS)

Profundidade	Repetição	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )						Média
		T	D1	D2	D3	D4	D5	
0 a 5	1	2,44	1,64	1,83	1,69	1,59	2,28	1,91
	2	1,24	2,20	4,52	1,94	1,78	2,15	2,31
	3	4,47	2,13	1,94	5,34	2,14	3,20	3,20
	4	1,47	3,85	3,18	1,98	3,48	2,28	2,71
<b>Média</b>		<b>2,41</b>	<b>2,46</b>	<b>2,87</b>	<b>2,74</b>	<b>2,25</b>	<b>2,48</b>	<b>2,53</b>
5 a 10	1	2,07	1,38	1,22	2,72	1,16	1,20	1,63
	2	2,24	1,70	1,67	2,87	2,46	1,19	2,02
	3	3,51	0,99	1,47	8,20	3,70	1,25	3,19
	4	1,20	1,98	1,90	1,72	1,41	2,05	1,71
<b>Média</b>		<b>2,26</b>	<b>1,51</b>	<b>1,56</b>	<b>3,88</b>	<b>2,19</b>	<b>1,42</b>	<b>2,14</b>
10 a 15	1	1,23	0,76	1,12	0,77	0,87	0,88	0,94
	2	1,15	2,11	1,18	1,03	1,29	1,40	1,36
	3	3,90	0,61	1,35	3,35	1,23	1,07	1,92
	4	1,03	3,99	1,35	0,95	2,28	1,59	1,86
<b>Média</b>		<b>1,83</b>	<b>1,87</b>	<b>1,25</b>	<b>1,53</b>	<b>1,42</b>	<b>1,24</b>	<b>1,52</b>
15 a 25	1	1,50	1,46	1,12	0,79	0,61	0,60	1,01
	2	0,97	1,06	0,94	1,46	0,99	1,25	1,11
	3	1,61	0,77	1,18	2,35	1,93	1,06	1,48
	4	0,85	0,50	0,96	1,17	0,48	1,04	0,83
<b>Média</b>		<b>1,23</b>	<b>0,95</b>	<b>1,05</b>	<b>1,44</b>	<b>1,00</b>	<b>0,99</b>	<b>1,11</b>
25 a 35	1	1,20	0,59	1,12	0,83	0,80	0,60	0,86
	2	0,80	0,77	2,04	1,08	1,33	0,79	1,14
	3	0,76	1,60	1,17	1,01	0,99	2,17	1,28
	4	0,85	1,00	0,66	1,25	0,57	1,16	0,91
<b>Média</b>		<b>0,90</b>	<b>0,99</b>	<b>1,25</b>	<b>1,04</b>	<b>0,92</b>	<b>1,18</b>	<b>1,05</b>
35 a 45	1	0,68	1,15	0,71	0,85	0,72	0,47	0,76
	2	0,77	1,31	0,61	0,69	0,87	0,50	0,79
	3	0,98	0,93	0,76	1,05	6,74	1,25	1,95
	4	2,55	0,68	0,61	0,48	0,89	0,41	0,94
<b>Média</b>		<b>1,24</b>	<b>1,02</b>	<b>0,67</b>	<b>0,77</b>	<b>2,30</b>	<b>0,66</b>	<b>1,11</b>
45 a 55	1	0,59	0,59	1,11	0,51	0,48	0,59	0,65
	2	1,53	0,79	0,51	0,55	0,78	1,19	0,89
	3	0,66	1,00	1,40	0,86	1,25	1,38	1,09
	4	1,84	0,80	1,26	0,48	0,48	0,90	0,96
<b>Média</b>		<b>1,16</b>	<b>0,79</b>	<b>1,07</b>	<b>0,60</b>	<b>0,75</b>	<b>1,01</b>	<b>0,90</b>
<b>Média geral</b>		<b>1,57</b>	<b>1,37</b>	<b>1,39</b>	<b>1,71</b>	<b>1,55</b>	<b>1,28</b>	<b>-</b>

APÊNDICE 04 - TEORES DE Zn EXTRAIDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES  
 PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE  
 ESGOTO) TEMPO 2

Profundidade	Repetição	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )					
		T	L1	L2	L3	L4	L5
0 a 5	1	1,43	2,25	2,02	2,13	1,36	1,61
	2	1,08	2,54	2,37	1,41	2,08	1,39
	3	1,71	1,90	2,16	2,72	1,76	3,07
	4	1,30	1,37	1,93	1,57	1,45	2,67
Média		<b>1,38</b>	<b>2,02</b>	<b>2,12</b>	<b>1,96</b>	<b>1,66</b>	<b>2,18</b>
5 a 10	1	1,14	1,17	1,57	1,53	1,11	2,00
	2	0,57	1,32	1,47	1,01	3,00	1,54
	3	1,04	1,22	2,24	2,62	0,88	3,02
	4	3,18	2,58	3,08	3,96	2,30	2,88
Média		<b>1,48</b>	<b>1,57</b>	<b>2,09</b>	<b>2,28</b>	<b>1,82</b>	<b>2,36</b>
10 a 15	1	0,82	0,90	1,21	1,62	0,81	1,19
	2	0,49	1,35	1,22	0,81	2,84	1,01
	3	0,98	0,80	1,63	1,45	0,48	2,16
	4	2,71	1,80	2,29	3,09	2,46	1,82
Média		<b>1,25</b>	<b>1,21</b>	<b>1,59</b>	<b>1,75</b>	<b>1,65</b>	<b>1,55</b>
15 a 25	1	0,80	2,13	0,81	0,81	1,08	0,81
	2	1,20	1,18	1,00	1,23	2,68	1,07
	3	1,08	0,71	1,22	1,20	0,60	2,05
	4	2,89	1,90	2,39	1,70	1,55	1,44
Média		<b>1,49</b>	<b>1,48</b>	<b>1,35</b>	<b>1,23</b>	<b>1,48</b>	<b>1,34</b>
25 a 35	1	0,79	1,10	0,80	0,62	0,77	0,79
	2	0,98	0,56	1,37	1,08	2,83	1,07
	3	0,50	1,00	2,09	1,73	0,39	1,79
	4	2,22	1,78	2,09	1,92	1,25	1,44
Média		<b>1,12</b>	<b>1,11</b>	<b>1,59</b>	<b>1,34</b>	<b>1,31</b>	<b>1,27</b>
35 a 45	1	0,58	0,80	0,77	0,81	0,77	0,81
	2	0,29	0,95	0,91	0,60	0,57	0,78
	3	0,37	0,67	1,28	1,50	0,20	1,61
	4	1,42	1,41	1,99	1,83	1,48	1,46
Média		<b>0,67</b>	<b>0,95</b>	<b>1,24</b>	<b>1,19</b>	<b>0,75</b>	<b>1,17</b>
45 a 55	1	0,60	0,50	1,09	0,81	0,82	0,79
	2	0,78	0,57	0,97	0,41	0,58	0,84
	3	0,19	0,75	1,05	1,57	0,19	1,14
	4	1,25	1,31	1,68	1,89	1,68	1,40
Média		<b>0,71</b>	<b>0,78</b>	<b>1,20</b>	<b>1,17</b>	<b>0,82</b>	<b>1,04</b>
<b>Média geral</b>		<b>1,16</b>	<b>1,30</b>	<b>1,60</b>	<b>1,56</b>	<b>1,36</b>	<b>1,56</b>

APÊNDICE 05 - TEORES DE Zn EXTRAIDOS POR DTPA DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO) TEMPO 2

Profundidade	Repetição	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )					
		T	L1	L2	L3	L4	L5
0 a 5	1	1,36	1,08	1,02	1,22	0,95	1,23
	2	0,81	0,98	1,25	0,97	1,04	1,19
	3	0,76	0,98	0,81	1,12	0,80	0,68
	4	0,55	0,80	0,97	0,79	0,60	0,78
Média		<b>0,87</b>	<b>0,96</b>	<b>1,01</b>	<b>1,03</b>	<b>0,85</b>	<b>0,97</b>
5 a 10	1	1,08	0,68	0,99	0,60	0,79	1,00
	2	0,83	0,90	0,99	0,66	0,84	0,87
	3	0,73	0,92	0,63	0,71	0,78	0,66
	4	0,69	0,51	1,00	0,61	0,46	0,71
Média		<b>0,83</b>	<b>0,75</b>	<b>0,90</b>	<b>0,65</b>	<b>0,72</b>	<b>0,81</b>
10 a 15	1	1,02	0,71	0,94	0,40	0,68	1,10
	2	0,76	0,92	0,89	0,47	0,75	0,79
	3	0,67	0,93	0,61	0,61	0,67	0,63
	4	0,67	0,61	0,79	0,57	0,57	0,77
Média		<b>0,78</b>	<b>0,79</b>	<b>0,81</b>	<b>0,51</b>	<b>0,67</b>	<b>0,82</b>
15 a 25	1	1,00	0,61	0,78	0,51	0,60	0,78
	2	0,69	1,01	0,82	0,69	0,64	0,83
	3	0,72	0,75	0,74	0,61	0,56	0,59
	4	0,60	0,60	0,79	0,50	0,55	0,63
Média		<b>0,75</b>	<b>0,74</b>	<b>0,78</b>	<b>0,58</b>	<b>0,59</b>	<b>0,71</b>
25 a 35	1	0,75	0,61	0,63	0,43	0,68	0,74
	2	0,61	0,97	0,82	0,61	1,00	0,69
	3	0,71	0,71	0,67	0,57	0,57	0,71
	4	0,54	0,50	0,92	0,50	0,50	0,60
Média		<b>0,65</b>	<b>0,70</b>	<b>0,76</b>	<b>0,53</b>	<b>0,69</b>	<b>0,69</b>
35 a 45	1	0,49	0,26	0,37	0,43	0,35	0,41
	2	0,57	0,71	0,67	0,60	0,98	0,70
	3	0,59	0,66	0,66	0,65	0,60	0,57
	4	0,33	0,55	0,76	0,42	0,48	0,57
Média		<b>0,50</b>	<b>0,55</b>	<b>0,62</b>	<b>0,52</b>	<b>0,60</b>	<b>0,56</b>
45 a 55	1	0,38	0,26	0,43	0,32	0,38	0,37
	2	0,62	0,47	0,51	0,56	0,89	0,52
	3	0,55	0,59	0,37	0,50	0,38	0,47
	4	0,40	0,71	0,49	0,40	0,45	0,49
Média		<b>0,49</b>	<b>0,51</b>	<b>0,45</b>	<b>0,45</b>	<b>0,52</b>	<b>0,46</b>
<b>Média geral</b>		<b>0,70</b>	<b>0,71</b>	<b>0,76</b>	<b>0,61</b>	<b>0,66</b>	<b>0,72</b>

APÊNDICE 06 - TEORES DE Zn EXTRAIDOS POR MEHLICH-1 DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS) TEMPO 2

Profundidade	Repetição	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )					
		T	D1	D2	D3	D4	D5
0 a 5	1	7,81	0,39	0,91	1,39	1,06	1,79
	2	1,03	1,20	1,77	1,36	1,39	0,86
	3	1,09	1,36	2,53	2,08	0,87	8,93
	4	1,89	2,43	1,79	2,08	2,49	1,76
Média		<b>2,96</b>	<b>1,34</b>	<b>1,75</b>	<b>1,73</b>	<b>1,45</b>	<b>3,33</b>
5 a 10	1	1,60	0,59	0,91	0,91	1,07	1,40
	2	3,16	1,23	0,78	0,79	0,99	0,79
	3	0,70	0,89	1,77	1,37	0,68	5,47
	4	1,70	1,42	1,48	1,72	1,89	1,74
Média		<b>1,79</b>	<b>1,03</b>	<b>1,24</b>	<b>1,20</b>	<b>1,15</b>	<b>2,35</b>
10 a 15	1	1,13	0,48	0,91	0,58	0,48	0,78
	2	0,58	0,60	0,59	0,52	0,79	0,60
	3	0,39	0,81	1,16	1,12	0,41	1,27
	4	1,54	1,07	1,16	0,76	1,14	1,79
Média		<b>0,91</b>	<b>0,74</b>	<b>0,95</b>	<b>0,74</b>	<b>0,71</b>	<b>1,11</b>
15 a 25	1	1,50	0,39	0,61	0,79	0,41	0,80
	2	0,58	0,48	0,28	0,58	0,49	0,38
	3	0,30	0,67	1,08	1,28	0,29	1,45
	4	1,14	1,19	1,06	0,78	0,77	1,04
Média		<b>0,88</b>	<b>0,68</b>	<b>0,76</b>	<b>0,86</b>	<b>0,49</b>	<b>0,92</b>
25 a 35	1	1,10	0,39	0,51	0,31	0,40	0,70
	2	0,40	0,39	0,29	0,29	0,41	0,50
	3	0,19	0,57	0,97	1,01	0,20	1,14
	4	0,57	0,90	0,75	0,48	0,66	0,87
Média		<b>0,56</b>	<b>0,56</b>	<b>0,63</b>	<b>0,52</b>	<b>0,42</b>	<b>0,80</b>
35 a 45	1	0,48	0,29	0,41	0,19	0,31	0,37
	2	0,39	0,30	0,20	0,20	0,29	0,30
	3	0,78	0,41	0,86	0,77	0,19	0,77
	4	0,78	0,78	0,71	0,39	0,49	0,83
Média		<b>0,61</b>	<b>0,44</b>	<b>0,54</b>	<b>0,38</b>	<b>0,32</b>	<b>0,57</b>
45 a 55	1	0,39	0,20	0,40	0,31	0,29	0,30
	2	0,38	0,20	0,20	0,27	0,39	0,30
	3	0,19	0,30	0,80	0,38	0,10	0,49
	4	0,49	0,70	0,68	0,38	0,57	0,70
Média		<b>0,36</b>	<b>0,35</b>	<b>0,52</b>	<b>0,34</b>	<b>0,34</b>	<b>0,45</b>
<b>Média geral</b>		<b>1,15</b>	<b>0,74</b>	<b>0,91</b>	<b>0,82</b>	<b>0,70</b>	<b>1,36</b>

APÊNDICE 07 - TEORES DE Zn EXTRAIDOS POR DTPA DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DO SOLO EXPERIMENTO COM NÜRESOIL (LODO DE DEJETOS DE SUÍNOS) TEMPO 2

Profundidade	Repetição	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )					
		T	D1	D2	D3	D4	D5
0 a 5	1	1,00	0,97	1,14	1,14	0,89	1,01
	2	1,17	1,19	1,10	1,00	0,98	1,01
	3	0,90	1,27	1,03	0,92	0,99	0,87
	4	0,98	1,09	0,96	0,44	0,96	1,00
Média		<b>1,02</b>	<b>1,13</b>	<b>1,06</b>	<b>0,87</b>	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>
5 a 10	1	0,91	0,90	0,96	1,00	0,90	1,04
	2	1,08	1,14	1,07	1,00	1,00	1,07
	3	0,88	1,04	0,66	1,01	0,87	0,71
	4	1,00	0,99	1,02	0,33	0,90	0,92
Média		<b>0,97</b>	<b>1,01</b>	<b>0,93</b>	<b>0,83</b>	<b>0,92</b>	<b>0,94</b>
10 a 15	1	0,80	0,78	0,98	0,98	0,90	0,89
	2	1,08	1,11	1,00	0,90	0,67	0,98
	3	0,77	0,80	0,81	0,86	0,81	0,49
	4	0,80	1,04	0,88	0,17	0,80	0,81
Média		<b>0,86</b>	<b>0,93</b>	<b>0,92</b>	<b>0,73</b>	<b>0,80</b>	<b>0,79</b>
15 a 25	1	0,57	0,73	0,81	0,74	0,73	0,92
	2	0,92	0,92	0,75	0,81	0,79	0,77
	3	0,73	0,79	0,69	0,72	0,59	0,47
	4	0,75	0,87	0,79	0,21	0,87	0,76
Média		<b>0,74</b>	<b>0,83</b>	<b>0,76</b>	<b>0,62</b>	<b>0,75</b>	<b>0,73</b>
25 a 35	1	0,69	0,74	0,71	0,61	0,58	0,77
	2	0,65	0,77	0,58	0,75	0,59	0,71
	3	0,77	0,93	0,53	0,57	0,71	0,55
	4	0,67	0,73	0,77	0,14	0,74	0,81
Média		<b>0,69</b>	<b>0,79</b>	<b>0,65</b>	<b>0,52</b>	<b>0,65</b>	<b>0,71</b>
35 a 45	1	0,57	0,52	0,59	0,69	0,53	0,57
	2	0,75	0,57	0,56	0,67	0,68	0,60
	3	0,53	0,84	0,51	0,56	0,57	0,39
	4	0,56	0,54	0,63	0,17	0,69	0,70
Média		<b>0,60</b>	<b>0,62</b>	<b>0,57</b>	<b>0,52</b>	<b>0,62</b>	<b>0,56</b>
45 a 55	1	0,36	0,42	0,43	0,52	0,34	0,41
	2	0,53	0,52	0,48	0,57	0,49	0,52
	3	0,41	0,48	0,39	0,49	0,45	0,40
	4	0,37	0,42	0,54	0,17	0,47	0,49
Média		<b>0,42</b>	<b>0,46</b>	<b>0,46</b>	<b>0,44</b>	<b>0,44</b>	<b>0,45</b>
<b>Média geral</b>		<b>0,76</b>	<b>0,82</b>	<b>0,76</b>	<b>0,65</b>	<b>0,73</b>	<b>0,74</b>

APÊNDICE 08 - TEORES DE Zn NAS FOLHAS DE MILHO CULTIVADO EM SOLOS TRATADOS COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO)

Repetições	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )					
	T	L1	L2	L3	L4	L5
1	12,99	12,89	12,94	14,44	14,65	14,38
2	6,38	14,37	15,49	12,84	5,88	16,01
3	5,75	5,33	11,58	11,24	5,21	11,10
4	14,27	15,00	14,04	16,69	13,30	14,66
<b>Média</b>	<b>9,85</b>	<b>11,90</b>	<b>13,51</b>	<b>13,80</b>	<b>9,76</b>	<b>14,04</b>

APÊNDICE 09 - TEORES DE Zn NAS FOLHAS DE MILHO CULTIVADO EM SOLOS TRATADOS COM NURESOIL (LODO DE DEJETO)

Repetições	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )					
	T	D1	D2	D3	D4	D5
1	14,38	17,43	15,82	17,38	18,00	15,81
2	19,79	16,18	18,45	17,79	18,59	15,40
3	15,85	16,39	15,21	15,27	15,83	17,73
4	19,20	16,89	16,83	17,19	16,93	16,16
<b>Média</b>	<b>17,30</b>	<b>16,72</b>	<b>16,58</b>	<b>16,91</b>	<b>17,34</b>	<b>16,27</b>

APÊNDICE 10 - PRODUTIVIDADES DE MILHO NOS TRATAMENTOS COM APLICAÇÃO DE  
DIFERENTES DOSES DE N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO)

Repetições	Produtividade (kg ha-1)					
	T	L1	L2	L3	L4	L5
1	5519	4893	6021	4047	4446	4734
2	4244	4443	4153	5736	4544	4832
3	4670	4991	4704	5277	4727	4797
4	4493	4483	5222	5340	5217	5134
<b>média</b>	<b>4731,25</b>	<b>4702,53</b>	<b>5024,99</b>	<b>5100,06</b>	<b>4733,54</b>	<b>4874,36</b>

APÊNDICE 11 - PRODUTIVIDADES DE MILHO NOS TRATAMENTOS COM APLICAÇÃO DE  
DIFERENTES DOSES DE NURESOIL (LODO DE DEJETO)

Repetições	Produtividade (kg ha-1)					
	T	D1	D2	D3	D4	D5
1	4304	5269	4924	4803	4712	5224
2	5195	5774	5106	4328	5484	4476
3	5593	4968	4427	5647	5733	5039
4	4365	3323	5611	5603	5193	4817
<b>média</b>	<b>4864,27</b>	<b>4833,35</b>	<b>5016,95</b>	<b>5095,16</b>	<b>5280,50</b>	<b>4889,17</b>

APÊNDICE 12 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR M-I (TEMPO 1) PARA  
 DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA  
 O EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO

Profundidades cm	Fontes de variação	Soma dos quadrados	gl	Quadrado médio	F (5%)	Sig.
0 a 5	Entre grupos	7,03	5,00	1,41	1,10	0,39
	Tratamento	22,96	18,00	1,28		
	Total	29,99	23,00			
5 a 10	Entre grupos	3,07	5,00	0,61	2,05	0,12
	Tratamento	5,39	18,00	0,30		
	Total	8,46	23,00			
10 a 15	Entre grupos	3,65	5,00	0,73	0,81	0,56
	Tratamento	16,30	18,00	0,91		
	Total	19,95	23,00			
15 a 25	Entre grupos	3,04	5,00	0,61	0,67	0,65
	Tratamento	16,33	18,00	0,91		
	Total	19,37	23,00			
25 a 35	Entre grupos	0,19	5,00	0,04	0,83	0,54
	Tratamento	0,80	18,00	0,04		
	Total	0,99	23,00			
35 a 45	Entre grupos	1,87	5,00	0,37	1,33	0,30
	Tratamento	5,07	18,00	0,28		
	Total	6,93	23,00			
45 a 55	Entre grupos	0,36	5,00	0,07	2,39	0,08
	Tratamento	0,54	18,00	0,03		
	Total	0,90	23,00			

APÊNDICE 13 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR M-I (TEMPO 1) PARA  
 DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA  
 O EXPERIMENTO COM LODO DE DEJETO

Profundidades cm	Fontes de variação	Soma dos quadrados	gl	Quadrado médio	F (5%)	Sig.
0 a 5	Entre grupos	1,05	5,00	0,21	0,14	0,98
	Tratamento	26,00	18,00	1,44		
	Total	27,05	23,00			
5 a 10	Entre grupos	17,12	5,00	3,42	1,83	0,16
	Tratamento	33,73	18,00	1,87		
	Total	50,85	23,00			
10 a 15	Entre grupos	1,52	5,00	0,30	0,29	0,91
	Tratamento	19,00	18,00	1,06		
	Total	20,51	23,00			
15 a 25	Entre grupos	0,73	5,00	0,15	0,69	0,64
	Tratamento	3,81	18,00	0,21		
	Total	4,54	23,00			
25 a 35	Entre grupos	0,39	5,00	0,08	0,39	0,85
	Tratamento	3,58	18,00	0,20		
	Total	3,96	23,00			
35 a 45	Entre grupos	7,85	5,00	1,57	0,96	0,47
	Tratamento	29,42	18,00	1,63		
	Total	37,27	23,00			
45 a 55	Entre grupos	0,93	5,00	0,19	1,30	0,31
	Tratamento	2,58	18,00	0,14		
	Total	3,51	23,00			

APÊNDICE 14 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR M-1 (TEMPO 2) PARA  
 DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA  
 O EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO

Profundidades cm	Fontes de variação	Soma dos quadrados	gl	Quadrado médio	F (5%)	Sig.
0 a 5	Entre grupos	1,89	5,00	0,38	1,54	0,23
	Tratamento	4,42	18,00	0,25		
	Total	6,32	23,00			
5 a 10	Entre grupos	2,70	5,00	0,54	0,58	0,71
	Tratamento	16,66	18,00	0,93		
	Total	19,36	23,00			
10 a 15	Entre grupos	0,94	5,00	0,19	0,28	0,92
	Tratamento	12,16	18,00	0,68		
	Total	13,10	23,00			
15 a 25	Entre grupos	0,22	5,00	0,04	0,08	0,99
	Tratamento	9,13	18,00	0,51		
	Total	9,35	23,00			
25 a 35	Entre grupos	0,61	5,00	0,12	0,25	0,93
	Tratamento	8,76	18,00	0,49		
	Total	9,37	23,00			
35 a 45	Entre grupos	1,17	5,00	0,23	0,95	0,47
	Tratamento	4,43	18,00	0,25		
	Total	5,60	23,00			
45 a 55	Entre grupos	0,90	5,00	0,18	0,78	0,58
	Tratamento	4,14	18,00	0,23		
	Total	5,03	23,00			

APÊNDICE 15 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR M-1 (TEMPO 2) PARA  
 DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA  
 O EXPERIMENTO COM LODO DE DEJETO

Profundidades cm	Fontes de variação	Soma dos quadrados	gl	Quadrado médio	F (5%)	Sig.
0 a 5	Entre grupos	14,03	5,00	2,81	0,63	0,68
	Tratamento	79,60	18,00	4,42		
	Total	93,63	23,00			
5 a 10	Entre grupos	5,21	5,00	1,04	0,99	0,45
	Tratamento	18,96	18,00	1,05		
	Total	24,16	23,00			
10 a 15	Entre grupos	0,50	5,00	0,10	0,68	0,64
	Tratamento	2,65	18,00	0,15		
	Total	3,15	23,00			
15 a 25	Entre grupos	0,51	5,00	0,10	0,68	0,64
	Tratamento	2,68	18,00	0,15		
	Total	3,19	23,00			
25 a 35	Entre grupos	0,33	5,00	0,07	0,75	0,59
	Tratamento	1,55	18,00	0,09		
	Total	1,88	23,00			
35 a 45	Entre grupos	0,26	5,00	0,05	0,90	0,50
	Tratamento	1,03	18,00	0,06		
	Total	1,29	23,00			
45 a 55	Entre grupos	0,12	5,00	0,02	0,62	0,69
	Tratamento	0,67	18,00	0,04		
	Total	0,79	23,00			

APÊNDICE 16 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR DTPA (TEMPO 2) PARA  
 DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA  
 O EXPERIMENTO COM LODO DE ESGOTO

Profundidades cm	Fontes de variação	Soma dos quadrados	gl	Quadrado médio	F (5%)	Sig.
0 a 5	Entre grupos	0,11	5,00	0,02	0,44	0,82
	Tratamento	0,93	18,00	0,05		
	Total	1,04	23,00			
5 a 10	Entre grupos	0,17	5,00	0,03	1,25	0,33
	Tratamento	0,48	18,00	0,03		
	Total	0,64	23,00			
10 a 15	Entre grupos	0,30	5,00	0,06	2,83	0,05
	Tratamento	0,38	18,00	0,02		
	Total	0,68	23,00			
15 a 25	Entre grupos	0,15	5,00	0,03	2,02	0,12
	Tratamento	0,27	18,00	0,01		
	Total	0,42	23,00			
25 a 35	Entre grupos	0,12	5,00	0,02	1,15	0,37
	Tratamento	0,38	18,00	0,02		
	Total	0,50	23,00			
35 a 45	Entre grupos	0,04	5,00	0,01	0,28	0,92
	Tratamento	0,56	18,00	0,03		
	Total	0,60	23,00			
45 a 55	Entre grupos	0,02	5,00	0,00	0,19	0,96
	Tratamento	0,38	18,00	0,02		
	Total	0,41	23,00			

APÊNDICE 17 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn EXTRAÍDO POR DTPA (TEMPO 2) PARA  
 DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA  
 O EXPERIMENTO COM LODO DE DEJETO

Profundidades cm	Fontes de variação	Soma dos quadrados	gl	Quadrado médio	F (5%)	Sig.
0 a 5	Entre grupos	0,16	5,00	0,03	1,37	0,28
	Tratamento	0,41	18,00	0,02		
	Total	0,57	23,00			
5 a 10	Entre grupos	0,07	5,00	0,01	0,46	0,80
	Tratamento	0,58	18,00	0,03		
	Total	0,66	23,00			
10 a 15	Entre grupos	0,13	5,00	0,03	0,59	0,70
	Tratamento	0,76	18,00	0,04		
	Total	0,89	23,00			
15 a 25	Entre grupos	0,09	5,00	0,02	0,69	0,64
	Tratamento	0,47	18,00	0,03		
	Total	0,56	23,00			
25 a 35	Entre grupos	0,16	5,00	0,03	1,75	0,18
	Tratamento	0,34	18,00	0,02		
	Total	0,50	23,00			
35 a 45	Entre grupos	0,03	5,00	0,01	0,29	0,91
	Tratamento	0,35	18,00	0,02		
	Total	0,38	23,00			
45 a 55	Entre grupos	0,01	5,00	0,00	0,13	0,98
	Tratamento	0,16	18,00	0,01		
	Total	0,17	23,00			

APÊNDICE 18 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn FOLIAR DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO  
(6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM  
LODO DE ESGOTO

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F (5%)	Sig.
Entre Grupos	76.92	5.00	15.38	1,22	0.34
Tratamento	227.85	18,00	12.66		
Total	304.77	23.00			

APÊNDICE 19 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Zn FOLIAR DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO  
(6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO COM  
LODO DE DEJETO

Fontes de Variação	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F (5%)	Sig.
Entre Grupos	3.47	5.00	0,69	0,32	0.89
Tratamento	38.73	18,00	2.15		
Total	42.20	23.00			

APÊNDICE 20 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE DE MILHO DELINEAMENTO  
BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO  
COM LODO DE ESGOTO

Fontes de variação	Soma dos quadrados	gl	Quadrado médio	F (5%)	Sig.
Entre Grupos	569673,05	5,00	113934,61	0,40	0.84
Tratamento	5096005,61	18,00	283111,42		
Total	5665678,66	23,00			

APÊNDICE 21 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE DE MILHO DELINEAMENTO  
BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS x 4 REPETIÇÕES) PARA O EXPERIMENTO  
COM LODO DE DEJETO

Fontes de variação	Soma dos quadrados	gl	Quadrado médio	F (5%)	Sig.
Entre Grupos	585710,80	5,00	117142,16	0,28	0.92
Tratamento	7419416,09	18,00	412189,78		
Total	8005126,88	23,00			

APÊNDICE 22 - FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS PARA O EXPERIMENTO COM N-VIRO SOIL (LODO DE ESGOTO)

	pH 0 a 5	pH 5 a 10	pH 10 a 15	pH 15 a 25	pH 25 a 35	pH 35 a 45	pH 45 a 55	P 0 a 5	P 5 a 10	P 10 a 15
pH 5 a 10	0,9	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 10 a 15	0,8	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-
pH 15 a 25	0,7	0,8	0,8	1,0	-	-	-	-	-	-
pH 25 a 35	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	-	-	-	-	-
pH 35 a 45	0,7	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	-	-	-	-
pH 45 a 55	0,4	0,5	0,4	-0,1	0,0	0,0	1,0	-	-	-
P 0 a 5	0,3	0,1	0,1	0,5	0,4	0,3	-0,7	1,0	-	-
P 5 a 10	-0,4	-0,1	-0,1	-0,4	-0,6	-0,2	0,2	-0,5	1,0	-
P 10 a 15	-0,2	-0,3	-0,3	-0,8	-0,7	-0,7	0,7	-0,8	0,4	1,0
P 15 a 25	-0,7	-0,7	-0,6	-0,2	-0,4	-0,2	-0,9	0,3	0,1	-0,4
P 25 a 35	0,0	-0,2	-0,1	0,4	0,3	0,2	-0,9	0,9	-0,5	-0,9
P 35 a 45	0,5	0,2	0,2	0,5	0,4	0,3	-0,6	1,0	-0,5	-0,7
P 45 a 55	0,5	0,3	0,3	0,7	0,7	0,5	-0,5	0,9	-0,9	-0,8
M.O. 0 a 5	0,5	0,3	0,2	-0,2	-0,1	-0,2	0,6	-0,1	0,1	0,5
M.O. 5 a 10	0,1	-0,2	-0,3	-0,7	-0,5	-0,6	0,6	-0,4	0,0	0,9
M.O. 10 a 15	0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-0,5	-0,6	0,6	-0,3	0,1	0,8
M.O. 15 a 25	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,6	0,0	-0,1
M.O. 25 a 35	0,6	0,5	0,4	0,7	0,5	0,5	-0,3	0,8	-0,3	-0,6
M.O. 35 a 45	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	-0,3	0,8	-0,2	-0,5
M.O. 45 a 55	0,6	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	-0,2	0,7	-0,8	-0,3
Zn m1 0 a 5	0,1	0,0	-0,1	-0,6	-0,4	-0,5	0,8	-0,7	0,1	0,9
Zn m1 5 a 10	0,1	-0,1	-0,1	-0,6	-0,4	-0,5	0,8	-0,6	0,0	0,9
Zn m1 10 a 15	0,5	0,4	0,5	0,1	0,4	0,2	0,7	-0,4	-0,4	0,3
Zn m1 15 a 25	0,1	0,3	0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,9	-0,9	0,5	0,7
Zn m1 25 a 35	0,1	0,4	0,5	0,2	0,4	0,4	0,5	-0,6	-0,1	0,1
Zn m1 35 a 45	0,1	0,1	0,1	-0,2	0,1	-0,1	0,7	-0,7	-0,2	0,6
Zn m1 45 a 55	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7	0,3	0,1	-0,7	-0,3
Zn dtpa 0 a 5	0,5	0,8	0,9	0,7	0,6	0,8	0,3	-0,2	0,3	-0,3
Zn dtpa 5 a 10	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5	0,2	0,4	-0,2	-0,7	0,1
Zn dtpa 10 a 15	-0,2	-0,3	-0,2	-0,1	0,2	-0,1	0,0	-0,1	-0,7	0,0
Zn dtpa 15 a 25	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	0,2	0,0	0,3	-0,4	-0,4	0,2
Zn dtpa 25 a 35	0,1	-0,1	0,0	0,3	0,5	0,2	-0,3	0,4	-0,9	-0,4
Zn dtpa 35 a 45	0,5	0,4	0,4	0,8	0,8	0,6	-0,5	0,8	-0,8	-0,9
Zn dtpa 45 a 55	-0,6	-0,9	-0,9	-0,5	-0,5	-0,7	-0,7	0,4	-0,3	-0,1

continua

	continuação									
	P 15 a 25	P 25 a 35	P 35 a 45	P 45 a 55	M.O. 0 a 5	M.O. 5 a 10	M.O. 10 a 15	M.O. 15 a 25	M.O. 25 a 35	M.O. 35 a 45
pH 5 a 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 10 a 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 15 a 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 25 a 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 35 a 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 45 a 55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 0 a 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 5 a 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 10 a 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 15 a 25	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 25 a 35	0,7	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
P 35 a 45	0,2	0,8	1,0	-	-	-	-	-	-	-
P 45 a 55	0,1	0,8	0,8	1,0	-	-	-	-	-	-
M.O. 0 a 5	-0,7	-0,4	0,1	-0,2	1,0	-	-	-	-	-
M.O. 5 a 10	-0,6	-0,6	-0,3	-0,4	0,8	1,0	-	-	-	-
M.O. 10 a 15	-0,5	-0,6	-0,2	-0,4	0,9	1,0	1,0	-	-	-
M.O. 15 a 25	-0,2	0,2	0,7	0,2	0,7	0,2	0,4	1,0	-	-
M.O. 25 a 35	0,0	0,6	0,9	0,6	0,3	-0,3	-0,1	0,8	1,0	-
M.O. 35 a 45	-0,1	0,5	0,9	0,6	0,4	-0,2	0,0	0,9	1,0	1,0
M.O. 45 a 55	-0,2	0,5	0,8	0,8	0,4	0,2	0,2	0,5	0,6	0,7
Zn ml 0 a 5	-0,7	-0,8	-0,6	-0,5	0,6	0,9	0,8	-0,1	-0,5	-0,4
Zn ml 5 a 10	-0,7	-0,8	-0,5	-0,4	0,7	1,0	0,9	0,0	-0,5	-0,4
Zn ml 10 a 15	-0,8	-0,6	-0,4	0,1	0,2	0,4	0,2	-0,4	-0,4	-0,4
Zn ml 15 a 25	-0,6	-1,0	-0,8	-0,7	0,3	0,4	0,3	-0,3	-0,6	-0,5
Zn ml 25 a 35	-0,4	-0,5	-0,6	-0,1	-0,3	-0,1	-0,3	-0,7	-0,6	-0,6
Zn ml 35 a 45	-0,6	-0,7	-0,7	-0,3	0,1	0,5	0,3	-0,6	-0,7	-0,7
Zn ml 45 a 55	-0,5	0,0	0,0	0,5	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	0,1	0,0
Zn dtpa 0 a 5	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,5	-0,5	-0,1	0,2	0,1
Zn dtpa 5 a 10	-0,5	-0,2	-0,2	0,4	0,0	0,2	0,1	-0,5	-0,3	-0,3
Zn dtpa 10 a 15	0,0	0,0	-0,3	0,3	-0,4	0,1	-0,1	-0,7	-0,5	-0,6
Zn dtpa 15 a 25	-0,2	-0,3	-0,5	0,1	-0,4	0,1	-0,1	-0,8	-0,7	-0,7
Zn dtpa 25 a 35	0,1	0,4	0,2	0,7	-0,4	-0,2	-0,3	-0,4	-0,1	-0,1
Zn dtpa 35 a 45	0,1	0,8	0,8	1,0	-0,2	-0,5	-0,5	0,2	0,7	0,6
Zn dtpa 45 a 55	0,7	0,5	0,3	0,2	-0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0

continua

continuação

	M.O. 45 a 55	Zn ml 0 a 5	Zn ml 5 a 10	Zn ml 10 a 15	Zn ml 15 a 25	Zn ml 25 a 35	Zn ml 35 a 45	Zn ml 45 a 55	Zn dtpa 0 a 5	Zn dtpa 5 a 10
pH 5 a 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 10 a 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 15 a 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 25 a 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 35 a 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 45 a 55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 0 a 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 5 a 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 10 a 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 15 a 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 25 a 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 35 a 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 45 a 55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 0 a 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 5 a 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 10 a 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 15 a 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 25 a 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 35 a 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 45 a 55	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn ml 0 a 5	-0,1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn ml 5 a 10	0,0	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-
Zn ml 10 a 15	0,1	0,6	0,6	1,0	-	-	-	-	-	-
Zn ml 15 a 25	-0,6	0,7	0,6	0,5	1,0	-	-	-	-	-
Zn ml 25 a 35	-0,4	0,3	0,2	0,8	0,7	1,0	-	-	-	-
Zn ml 35 a 45	-0,2	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	1,0	-	-	-
Zn ml 45 a 55	0,3	0,0	0,0	0,8	0,1	0,7	0,5	1,0	-	-
Zn dtpa 0 a 5	-0,4	-0,2	-0,3	0,3	0,5	0,6	0,1	0,5	1,0	-
Zn dtpa 5 a 10	0,3	0,4	0,4	0,9	0,2	0,7	0,8	0,8	0,0	1,0
Zn dtpa 10 a 15	0,2	0,2	0,2	0,6	-0,1	0,5	0,7	0,5	-0,3	0,9
Zn dtpa 15 a 25	-0,1	0,3	0,3	0,8	0,3	0,8	0,9	0,6	0,0	0,9
Zn dtpa 25 a 35	0,5	-0,2	-0,1	0,4	-0,5	0,3	0,3	0,6	-0,2	0,8
Zn dtpa 35 a 45	0,7	-0,6	-0,6	0,0	-0,7	-0,1	-0,3	0,6	0,1	0,3
Zn dtpa 45 a 55	0,4	-0,2	-0,1	-0,5	-0,7	-0,6	-0,3	-0,5	-0,9	-0,1

continua

continuação

	Zn dtpa 10 a 15	Zn dtpa 15 a 25	Zn dtpa 25 a 35	Zn dtpa 35 a 45	Zn dtpa 45 a 55
pH 5 a 10	-	-	-	-	-
pH 10 a 15	-	-	-	-	-
pH 15 a 25	-	-	-	-	-
pH 25 a 35	-	-	-	-	-
pH 35 a 45	-	-	-	-	-
pH 45 a 55	-	-	-	-	-
P 0 a 5	-	-	-	-	-
P 5 a 10	-	-	-	-	-
P 10 a 15	-	-	-	-	-
P 15 a 25	-	-	-	-	-
P 25 a 35	-	-	-	-	-
P 35 a 45	-	-	-	-	-
P 45 a 55	-	-	-	-	-
M.O. 0 a 5	-	-	-	-	-
M.O. 5 a 10	-	-	-	-	-
M.O. 10 a 15	-	-	-	-	-
M.O. 15 a 25	-	-	-	-	-
M.O. 25 a 35	-	-	-	-	-
M.O. 35 a 45	-	-	-	-	-
M.O. 45 a 55	-	-	-	-	-
Zn m1 0 a 5	-	-	-	-	-
Zn m1 5 a 10	-	-	-	-	-
Zn m1 10 a 15	-	-	-	-	-
Zn m1 15 a 25	-	-	-	-	-
Zn m1 25 a 35	-	-	-	-	-
Zn m1 35 a 45	-	-	-	-	-
Zn m1 45 a 55	-	-	-	-	-
Zn dtpa 0 a 5	-	-	-	-	-
Zn dtpa 5 a 10	-	-	-	-	-
Zn dtpa 10 a 15	1,0	-	-	-	-
Zn dtpa 15 a 25	0,9	1,0	-	-	-
Zn dtpa 25 a 35	0,9	0,7	1,0	-	-
Zn dtpa 35 a 45	0,2	0,0	0,7	1,0	-
Zn dtpa 45 a 55	0,3	-0,1	0,3	0,1	1,0

APÊNDICE 23 - FATORES DE CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS PARA O EXPERIMENTO COM NURESOIL (LODO DE DEJETO)

	pH 0 a 5	pH 5 a 10	pH 10 a 15	pH 15 a 25	pH 25 a 35	pH 35 a 45	pH 45 a 55	P 0 a 5	P 5 a 10	P 10 a 15
pH 5 a 10	0,8	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 10 a 15	0,6	0,9	1,0	-	-	-	-	-	-	-
pH 15 a 25	0,9	0,7	0,5	1,0	-	-	-	-	-	-
pH 25 a 35	0,9	1,0	0,8	0,8	1,0	-	-	-	-	-
pH 35 a 45	0,6	0,5	0,1	0,8	0,7	1,0	-	-	-	-
pH 45 a 55	0,9	0,8	0,7	0,5	0,8	0,3	1,0	-	-	-
P 0 a 5	-0,2	0,2	0,3	-0,6	-0,1	-0,5	0,3	1,0	-	-
P 5 a 10	-0,7	-0,7	-0,4	-0,6	-0,8	-0,8	-0,8	-0,1	1,0	-
P 10 a 15	0,2	0,4	0,3	0,6	0,6	0,7	-0,1	-0,5	-0,3	1,0
P 15 a 25	-0,1	-0,2	-0,5	0,3	0,0	0,7	-0,4	-0,5	-0,3	0,6
P 25 a 35	-0,7	-0,3	-0,2	-0,6	-0,3	-0,3	-0,5	0,4	0,2	0,2
P 35 a 45	-0,7	-0,6	-0,7	-0,5	-0,5	0,1	-0,7	0,0	0,1	0,2
P 45 a 55	-0,7	-0,2	-0,1	-0,7	-0,3	-0,5	-0,3	0,8	0,1	-0,1
M.O. 0 a 5	0,0	-0,4	-0,6	-0,2	-0,4	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,7
M.O. 5 a 10	-0,1	-0,5	-0,7	-0,2	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,7
M.O. 10 a 15	-0,1	-0,5	-0,7	-0,2	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6
M.O. 15 a 25	0,0	-0,5	-0,7	-0,2	-0,4	0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,6
M.O. 25 a 35	-0,2	-0,7	-0,8	-0,3	-0,6	-0,1	-0,3	-0,2	0,3	-0,6
M.O. 35 a 45	-0,1	-0,7	-0,8	-0,1	-0,5	0,1	-0,3	-0,5	0,2	-0,4
M.O. 45 a 55	-0,4	-0,9	-1,0	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	0,3	-0,5
Zn ml 0 a 5	0,3	0,3	0,1	0,7	0,5	0,8	-0,1	-0,7	-0,3	0,9
Zn ml 5 a 10	0,4	0,3	0,2	0,8	0,6	0,8	-0,1	-0,8	-0,3	0,9
Zn ml 10 a 15	0,4	0,1	-0,3	0,6	0,4	0,9	0,1	-0,6	-0,6	0,4
Zn ml 15 a 25	-0,3	-0,1	-0,3	0,1	0,1	0,5	-0,4	-0,3	-0,2	0,7
Zn ml 25 a 35	0,1	0,1	-0,3	0,2	0,2	0,7	0,2	0,0	-0,7	0,3
Zn ml 35 a 45	0,5	0,4	0,1	0,7	0,6	1,0	0,3	-0,4	-0,8	0,7
Zn ml 45 a 55	0,3	-0,2	-0,5	0,2	0,0	0,5	0,2	-0,3	-0,5	-0,2
Zn dtpa 0 a 5	0,7	0,7	0,5	0,4	0,7	0,4	0,9	0,4	-0,9	-0,1
Zn dtpa 5 a 10	0,8	0,9	0,8	0,6	0,9	0,4	0,9	0,3	-0,9	0,2
Zn dtpa 10 a 15	0,7	0,7	0,4	0,5	0,7	0,6	0,9	0,3	-0,9	0,0
Zn dtpa 15 a 25	0,8	0,8	0,7	0,5	0,7	0,3	1,0	0,4	-0,8	-0,2
Zn dtpa 25 a 35	0,8	0,9	0,8	0,5	0,8	0,3	1,0	0,4	-0,8	0,0
Zn dtpa 35 a 45	0,9	0,8	0,9	0,6	0,7	0,2	0,9	0,2	-0,5	0,0
Zn dtpa 45 a 55	0,0	-0,1	-0,1	-0,4	-0,2	-0,2	0,4	0,7	-0,3	-0,7

continua

continuação

	P 15 a 25	P 25 a 35	P 35 a 45	P 45 a 55	M.O. 0 a 5	M.O. 5 a 10	M.O. 10 a 15	M.O. 15 a 25	M.O. 25 a 35	M.O. 35 a 45
pH 5 a 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 10 a 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 15 a 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 25 a 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 35 a 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 45 a 55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 0 a 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 5 a 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 10 a 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 15 a 25	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 25 a 35	0,2	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
P 35 a 45	0,7	0,7	1,0	-	-	-	-	-	-	-
P 45 a 55	-0,1	0,9	0,6	1,0	-	-	-	-	-	-
M.O. 0 a 5	0,2	-0,3	0,2	-0,2	1,0	-	-	-	-	-
M.O. 5 a 10	0,2	-0,3	0,2	-0,2	1,0	1,0	-	-	-	-
M.O. 10 a 15	0,2	-0,3	0,3	-0,2	1,0	1,0	1,0	-	-	-
M.O. 15 a 25	0,2	-0,3	0,2	-0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-
M.O. 25 a 35	0,2	-0,3	0,3	-0,3	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	-
M.O. 35 a 45	0,4	-0,4	0,3	-0,4	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0
M.O. 45 a 55	0,4	-0,1	0,5	-0,1	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9
Zn ml 0 a 5	0,7	0,0	0,1	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,1
Zn ml 5 a 10	0,6	-0,1	0,0	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,1
Zn ml 10 a 15	0,8	-0,3	0,3	-0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,5
Zn ml 15 a 25	0,9	0,6	0,8	0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,0
Zn ml 25 a 35	0,8	0,2	0,6	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3
Zn ml 35 a 45	0,8	-0,1	0,2	-0,3	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,2	0,1
Zn ml 45 a 55	0,6	-0,4	0,3	-0,4	0,9	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8
Zn dtpa 0 a 5	-0,1	-0,2	-0,3	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	-0,2	-0,3
Zn dtpa 5 a 10	-0,2	-0,3	-0,6	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,5	-0,5
Zn dtpa 10 a 15	0,1	-0,3	-0,3	-0,1	0,4	0,2	0,2	0,3	-0,1	-0,1
Zn dtpa 15 a 25	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	-0,2	-0,3
Zn dtpa 25 a 35	-0,4	-0,3	-0,6	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,5	-0,5
Zn dtpa 35 a 45	-0,6	-0,6	-0,9	-0,4	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4
Zn dtpa 45 a 55	-0,2	0,0	0,1	0,4	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4	0,2

continua

	M.O. 45 a 55	Zn ml 0 a 5	Zn ml 5 a 10	Zn ml 10 a 15	Zn ml 15 a 25	Zn ml 25 a 35	Zn ml 35 a 45	Zn ml 45 a 55	Zn dtpa 0 a 5	Zn dtpa 5 a 10
pH 5 a 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 10 a 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 15 a 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 25 a 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 35 a 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH 45 a 55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 0 a 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 5 a 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 10 a 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 15 a 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 25 a 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 35 a 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 45 a 55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 0 a 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 5 a 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 10 a 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 15 a 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 25 a 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 35 a 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.O. 45 a 55	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn ml 0 a 5	-0,3	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn ml 5 a 10	-0,3	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-
Zn ml 10 a 15	0,3	0,6	0,6	1,0	-	-	-	-	-	-
Zn ml 15 a 25	0,1	0,7	0,6	0,5	1,0	-	-	-	-	-
Zn ml 25 a 35	0,2	0,3	0,2	0,8	0,7	1,0	-	-	-	-
Zn ml 35 a 45	-0,1	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	1,0	-	-	-
Zn ml 45 a 55	0,7	0,0	0,0	0,8	0,1	0,7	0,5	1,0	-	-
Zn dtpa 0 a 5	-0,4	-0,1	-0,1	0,3	-0,1	0,5	0,5	0,4	1,0	-
Zn dtpa 5 a 10	-0,7	0,1	0,1	0,2	-0,2	0,3	0,4	0,0	0,9	1,0
Zn dtpa 10 a 15	-0,2	0,0	0,0	0,5	-0,1	0,6	0,6	0,5	1,0	0,9
Zn dtpa 15 a 25	-0,4	-0,2	-0,1	0,1	-0,4	0,2	0,3	0,2	0,9	0,9
Zn dtpa 25 a 35	-0,7	0,0	0,0	0,1	-0,3	0,2	0,3	0,0	0,9	1,0
Zn dtpa 35 a 45	-0,7	0,0	0,0	-0,1	-0,6	-0,3	0,0	-0,1	0,6	0,8
Zn dtpa 45 a 55	0,3	-0,8	-0,8	-0,1	-0,3	0,4	-0,2	0,5	0,6	0,3

continuação

continua

continuação

	Zn dtpa 10 a 15	Zn dtpa 15 a 25	Zn dtpa 25 a 35	Zn dtpa 35 a 45	Zn dtpa 45 a 55
pH 5 a 10	-	-	-	-	-
pH 10 a 15	-	-	-	-	-
pH 15 a 25	-	-	-	-	-
pH 25 a 35	-	-	-	-	-
pH 35 a 45	-	-	-	-	-
pH 45 a 55	-	-	-	-	-
P 0 a 5	-	-	-	-	-
P 5 a 10	-	-	-	-	-
P 10 a 15	-	-	-	-	-
P 15 a 25	-	-	-	-	-
P 25 a 35	-	-	-	-	-
P 35 a 45	-	-	-	-	-
P 45 a 55	-	-	-	-	-
M.O. 0 a 5	-	-	-	-	-
M.O. 5 a 10	-	-	-	-	-
M.O. 10 a 15	-	-	-	-	-
M.O. 15 a 25	-	-	-	-	-
M.O. 25 a 35	-	-	-	-	-
M.O. 35 a 45	-	-	-	-	-
M.O. 45 a 55	-	-	-	-	-
Zn m1 0 a 5	-	-	-	-	-
Zn m1 5 a 10	-	-	-	-	-
Zn m1 10 a 15	-	-	-	-	-
Zn m1 15 a 25	-	-	-	-	-
Zn m1 25 a 35	-	-	-	-	-
Zn m1 35 a 45	-	-	-	-	-
Zn m1 45 a 55	-	-	-	-	-
Zn dtpa 0 a 5	-	-	-	-	-
Zn dtpa 5 a 10	-	-	-	-	-
Zn dtpa 10 a 15	1,0	-	-	-	-
Zn dtpa 15 a 25	0,9	1,0	-	-	-
Zn dtpa 25 a 35	0,8	1,0	1,0	-	-
Zn dtpa 35 a 45	0,6	0,8	0,9	1,0	-
Zn dtpa 45 a 55	0,5	0,5	0,3	0,1	1,0