

MARCIALENE PREISLER

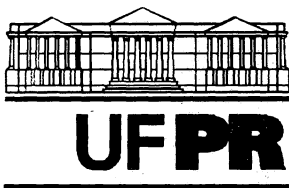
**BIOSSÓLIDO DE DEJETOS DE SUÍNOS TRATADOS PELO PROCESSO
N-VIRO E SUA INFLUÊNCIA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM
CAMBISSOLO E NA PRODUTIVIDADE DE MILHO**

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

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

CURITIBA

2002

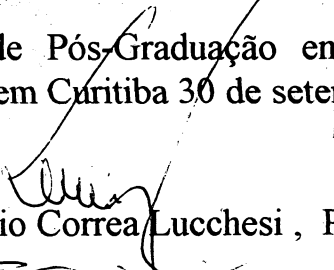


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO) e
MONITORAMENTO, MODELAGEM E GESTÃO AMBIENTAL(DOUTORADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-350-5648
E-mail: pgcisolo@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 pela candidata **MARCIALENE PREISLER**, com o título: "Biossólido de dejetos de suínos tratados pelo Processo N-Viro e sua influência nos atributos químicos de um Cambissolo e na produtividade de milho.", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, 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 30 de setembro de 2002.


Prof. Dr. Luiz Antonio Correa Lucchesi, Presidente.


Prof. Dr. Eduardo Fávero Caires, Iº Examinador.


Profª. Drª. Mônica Aguiar dos Santos, IIª Examinadora.


Profª. Drª. Tangriani Simioni Assmann, IIIª Examinadora



AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, e à toda minha família pelo apoio e carinho, e ao meu noivo Evandro pelo seu amor.

A autora manifesta seus sinceros agradecimentos ao orientador e Professor Dr. Luiz Antonio Corrêa Lucchesi, pelos valiosos conhecimentos, confiança, incentivo e estímulo transformados em amizade e respeito, durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Doutores Eduardo Favero Caires, Mônica Aguiar dos Santos e Tangriani Simioni Assmann, da banca examinadora, pelas correções e sugestões.

À Universidade Federal do Paraná – UFPR, pela oportunidade oferecida para execução deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão de bolsa, sem a qual seria impossível a concretização desse trabalho.

Aos empresários Francisco Heitor Calle Filho da Agropecuária Grão Forte, e a Guilherme Munhoz da Rocha Bittencourt da fazenda Quero-Quero, e Antônio Carlos Bentin Montes de Lacerda, pela cessão da área experimental, matéria-prima e atenção dispensada.

Às empresas Fertipar ao Eng^o. Agrônomo Adilson dos Anjos e Sementes Santa Helena ao Eng^o. Agrônomo Josinei Antonio Tissi pelo adubo fornecido e pela sementes de milho respectivamente.

Às amigas e amigos que permanecerão sempre em meu coração.

Enfim à todos que de uma forma ou outra deixaram seus passos em forma de lembrança gravado nesta fase de minha vida, embora árdua, mas grandiosa!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE QUADROS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS E HIPÓTESE.....	4
2.1 OBJETIVO GERAL.....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
2.3 HIPÓTESE.....	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1 CRIAÇÃO DE SUÍNOS E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	6
3.2 CARACTERÍSTICAS DOS DEJETOS DE SUÍNOS E O DESPERDÍCIO DE ÁGUA NOS EMPREENDIMENTOS SUINÍCOLAS.....	8
3.2.1 Composição dos Dejetos de Suínos.....	9
3.2.2 Concentração de Nutrientes nos Dejetos de Suínos.....	10
3.3 POLUIÇÃO E OS DEJETOS DE SUÍNOS.....	12
3.4 EFEITOS DOS BIOSSÓLIDOS DE SUÍNOS NO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS.....	14
3.5 TRATAMENTO E ARMAZENAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS.....	19
3.6 O PROCESSO N-VIRO E SUA APLICABILIDADE NA ESTABILIZAÇÃO.....	19
3.6.1 Características Químicas do N-Viro Soil (NVS).....	21
3.6.1.1 pH.....	21
3.7 A IMPORTÂNCIA DO CÁLCIO (Ca^{+2} NO SOLO COMO NUTRIENTE PARA AS PLANTAS.....	22
3.7.1 Cálcio no Solo.....	22
3.7.2 Cálcio Trocável e Cálcio Solúvel no Solo.....	24
3.7.3 Cálcio na Planta.....	27
3.7.4 Implicações da Lixiviação de Cálcio no Solo.....	29
3.8 AL TROCÁVEL, EFEITO NAS PLANTAS E COMO NEUTRALIZÁ-LO.....	33
3.9 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E SEUS EFEITOS.....	35
3.9.1 Efeitos da Incorporação do Calcário.....	39
3.9.2 Calagem no Plantio Direto e a Produtividade.....	41
3.10 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E A QUALIDADE DOS CORRETIVOS.....	45

3.11 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DA CULTURA DE MILHO	46
3.12 AVALIAÇÃO DOS TEORES DE CÁLCIO NO SOLO	47
4 MATERIAL E MÉTODOS	48
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	48
4.2 HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL	50
4.3 NURESOIL E SUA ORIGEM	52
4.4 CARACTERIZAÇÃO DO NURESOIL E BIOSSÓLIDO DE DEJETOS DE SUÍNOS ...	52
4.4.1 Análises e Características do Biossólido de Dejetos de Suínos e do NureSoil	52
4.4.2 pH do Biossólido de Dejetos de Suínos e do NureSoil	53
4.4.3 Teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} do Biossólido de Dejetos de Suínos e NureSoil	53
4.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	55
4.6 DESCRIÇÃO DA COLETA E METODOLOGIA DE ANÁLISES DE SOLOS.....	58
4.7 DESCRIÇÃO DA COLETA E METODOLOGIA DE ANÁLISES DE PLANTAS	59
4.7.1 Diagnose Foliar	59
4.7.2 Avaliações Biométricas do Milho.....	60
4.7.2.1 Avaliação visual das parcelas	60
4.7.2.2 Altura das plantas	60
4.7.2.3 Diâmetro de colmo	60
4.7.2.4 Estande	60
4.8 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS	61
4.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	62
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
5.1 TEORES NO SOLO NO TEMPO 1	63
5.2 EFEITOS DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL AO SOLO DO NURESOIL	64
5.2.1 Efeitos dos Tratamentos em Alguns Atributos Químicos do Solo	64
5.2.1.1 Efeitos dos tratamentos no pH CaCl_2 no solo	64
5.2.1.2 Efeitos dos tratamentos no pH SMP do solo	70
5.2.1.3 Efeitos dos tratamentos no Al^{+3} do solo	73
5.2.1.4 Efeitos dos tratamentos no Ca^{+2} trocável do solo	76
5.2.1.5 Efeitos dos tratamentos no Mg^{+2} trocável do solo	79
5.2.1.6 Efeitos dos tratamentos na saturação por bases (V%)	83
5.3 AVALIAÇÕES REALIZADAS NA CULTURA DO MILHO	86
5.4 PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO MILHO INFLUENCIADA PELOS TRATAMENTOS.....	87
5.5 TEOR DE Ca^{+2} FOLIAR	88

6 CONCLUSÕES	90
7 RECOMENDAÇÕES FUTURAS	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
APÊNCIDES	105
ANEXO	133

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PRODUÇÃO DE DEJETOS NAS DIFERENTES FASES PRODUTIVAS DOS SUÍNOS: MÉDIA DIÁRIA	8
TABELA 2 - COMPOSIÇÃO DE DEJETOS PRODUZIDOS EM UMA UNIDADE DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO DE SUÍNOS E MANEJADOS EM FOSSA DE RETENÇÃO, EM SANTA CATARINA – 1996	9
TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS (TEORES TOTAIS)	10
TABELA 4 - ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO APÓS 8 ^o APLICAÇÃO CONSECUTIVA DE CHORUME.....	15
TABELA 5 – ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO NO TEMPO 1 (24/AGOSTO/2001). MÉDIA DAS 24 PARCELAS - 2001	50
TABELA 6 - TEORES MÉDIOS DE Ca E Mg, CaO, MgO E PN CALCULADO E DETERMINADO NOS BISSÓLIDO DE DEJETOS DE SUÍNOS E NURESOIL – 2001.....	54
TABELA 7 – DOSES DE NURESOIL (PN DE 65,18) COM BASE NOS MÉTODOS ALUMÍNIO TROCÁVEL, SATURAÇÃO POR BASES (V%) E ÍNDICE SMP UTILIZADOS COMO REFERÊNCIA PARA O ESTABELECIMENTO DOS TRATAMENTOS (MÉDIA DE 24 PARCELAS) - 2001	55
TABELA 8 - EFICIÊNCIA RELATIVA GRANULOMÉTRICA DO NURESOIL – 2001.....	68
TABELA 9 - EFEITOS DOS TRATAMENTOS NA CULTURA DO MILHO (MÉDIA DE 4 REPETIÇÕES) – 2001	86
TABELA 10 - EFEITO DOS TRATAMENTOS NO TEOR DE Ca ⁺² FOLIAR – 2002	88

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MÉDIAS MENSAIS DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL EM PONTA GROSSA	49
FIGURA 2 - CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DA FAZENDA SANTA TEREZINHA E DA ÁREA EXPERIMENTAL PALMEIRA/ PR - 2001	51
FIGURA 3 - MÉDIAS DE pH CaCl ₂ NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2.....	65
FIGURA 4 - INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NO pH CaCl ₂ DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1=24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002).....	67
FIGURA 5 - MÉDIAS DE pH SMP NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2.....	71
FIGURA 6 - INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NO pH SMP DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1=24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002).....	72
FIGURA 7 - MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE Al ⁺³ TROCÁVEL NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2.....	74
FIGURA 8 - INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NO Al ⁺³ TROCÁVEL DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1=24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002).....	75
FIGURA 9 - MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE Ca ⁺² TROCÁVEL NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2.....	77
FIGURA 10 - INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NOS TEORES Ca ⁺² DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1= 24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002)	78
FIGURA 11 - MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE Mg ⁺² TROCÁVEL NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2.....	81
FIGURA 12 - INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NOS TEORES Mg ⁺² DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1= 24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002)	82
FIGURA 13 - MÉDIAS DOS VALÔRES DE V% NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2.....	84
FIGURA 14 - INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NOS VALÔRES DE V% DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1= 24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002)	85

FIGURA 15 - EFEITO DE DOSES CRESCENTES DE NURESOIL NA
PRODUTIVIDADE DO MILHO (cv. SHS 5050).....87

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CARACTERÍSTICAS DO CAMBISSOLO HÁPLICO Ca23	50
QUADRO 2 - DOSES DE NURESOIL E ADUBAÇÃO MINERAL TOTAL NOS TRATAMENTOS	57
QUADRO 3 - PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO MINERAL NA CULTURA DO MILHO PLANTIO, 1ª COBERTURA E 2ª COBERTURA	57
QUADRO 4 - EXTRATORES E MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO PAR OS FATORES EDÁFICOS ANALISADOS	59

RESUMO

Considerando-se os problemas ambientais decorrentes do grande volume de dejetos produzidos por granjas de suínos e a necessidade de se dar um destino adequado a estes, reciclando-os, de forma a minimizar impactos ambientais indesejáveis, faz-se necessário o aprofundamento e ampliação de conhecimentos a respeito de novos métodos de tratamento e do efeito dos produtos originados de sua transformação nos solos onde forem aplicados. Neste trabalho avaliou-se o efeito de um NureSoil, biossólido de suínos (originado de lagoa anaeróbica de dejetos), tratado pelo Processo N-Viro ("Processo de Estabilização Alcalina Avançada com Subseqüente Secagem Acelerada"), aplicado superficialmente em um solo ácido do município de Palmeira PR, cultivado sob plantio direto, sobre os seguintes fatores edáficos: pH CaCl_2 , pH SMP, Ca, Mg e Al trocáveis, saturação por bases (V%) e sobre a produtividade e teor de Ca^{+2} foliar de plantas de milho, com o intuito de se avaliar sua contribuição para a melhoria do sub-solo, em razão das características físico-químicas do produto utilizado. O experimento foi realizado em um Cambissolo Háplico de Palmeira PR, cultivado com milho (cv. SHS 5050, sob plantio direto; semeadura tardia em 22/Dezembro/2001) num delineamento experimental de blocos ao acaso com 6 tratamentos e 4 repetições distribuídas em parcelas de 97,2 m², a saber: uma testemunha (AM) constituída por adubação mineral exclusiva (120 kg ha⁻¹ de N em 3 aplicações, 98 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ em duas aplicações de K₂O), quatro doses de NureSoil adicionais à mesma adubação (AM) utilizada na testemunha (DI = 500 kg ha⁻¹, DII = 1000 kg ha⁻¹, DIII = 2000 kg ha⁻¹, e DIV = 4000 kg ha⁻¹) e uma dose de NureSoil (DV = 750 kg ha⁻¹) adicionada à 70% de AM. As doses de NureSoil foram estabelecidas com base no seu Poder de Neutralização (PN = 65,2%) calculadas pelos métodos do alumínio trocável, da saturação de bases para V% atingir 60, 70 e 80% e do SMP, proporcionalmente para os 5 cm superficiais. O NureSoil, cuja Eficiência Relativa Granulométrica (ER) era de 3,7%, foi aplicado superficialmente a lanço em 18/Dezembro/2001. Antes das adubações (T1=24/Agosto/2001) realizou-se a amostragem do solo a 7 profundidades (0-5, 5-10, 10-15, 15-25, 25-35, 35-45 e 45-55 cm). Passados 4 meses da aplicação (T2=03/Maio/2002) procedeu-se nova amostragem e análises. Os resultados foram submetidos à ANOVA, tendo sido as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Apesar das doses aplicadas, não se observou em T2 diferenças significativas entre os tratamentos para o teor de Ca^{+2} foliar, e nem dentro de cada uma das 7 profundidades analisadas para pH CaCl_2 , pH SMP, Ca^{+2} , Mg^{+2} , V%. Por outro lado, a produtividade do milho, apesar de não ter sido significativamente influenciada pelos tratamentos, apresentou tendência de aumentar da testemunha (AM= 4864 kg grãos ha⁻¹) até DIV+AM (5280 kg grãos ha⁻¹), cujo máximo incremento observado (416 kg ha⁻¹), apesar de estatisticamente não significativo, monetariamente poderia representar valor capaz de viabilizar economicamente sua aplicação já no 1^o ano.

Palavras chaves: cálcio, milho, dejetos de suínos, biossólido, N-Viro, NureSoil.

ABSTRACT

Being considered the current environmental problems of the great volume of dejections produced by the farms of swine and the need of finding an appropriate destiny for these, in for instance agricultural areas, in way to generate the least possible, undesirable environmental impacts, it is done necessary the deepen and enlargement of knowledge regarding new treatment methods and of the effect of their products on production systems. Of these stands out the Process N-Viro (" Process of Advanced Alkaline Stabilization with Accelerated Drying") whose product (NureSoil), in reason of their characteristics it can also contribute to the improvement of the underground of areas under no till. The present work aimed to evaluate the influence of biosolids of swine (originated of anaerobic pond of dejections), treated by Process N-Viro, applied superficially in area cultivated under no till with corn, about the following factors: pH CaCl₂, pH SMP, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, saturation for bases (V%), content of foliar Ca⁺² and productivity of grains. The experiment was accomplished in a Cambissolo Háplico of Palmeira PR, cultivated with corn (cv. SHS 5050, under no till (late planting in 22/Dezembro/2001)) in an experimental form of blocks at random with 6 treatments and 4 repetitions distributed in portions of 97,2 m², to know: a control (C) constituted by exclusive mineral fertilizer (120 kg ha⁻¹ of N in 3 applications, 98 kg ha⁻¹ of P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ of K₂O in two applications), four doses of additional NureSoil to the same fertilizer (C) used in the witness (DI = 500 kg ha⁻¹, DII = 1000 kg ha⁻¹, DIII = 2000 kg ha⁻¹, and DIV = 4000 kg ha⁻¹), and a dose of NureSoil (DV = 750 kg ha⁻¹) added to the 70% of C. The doses of NureSoil were established with base in his Power of Neutralization (PN = 65,2%) made calculations by the methods of the exchangeable aluminum, of the saturation of bases for V% to reach 60, 70 and 80% of T and of SMP, proportional for the 5 cm superficial. NureSoil, whose Granulometric Relative Efficiency (ER) it was of 3,7%, it was applied superficially throw in 18/Dezembro/2001. Before the manurings (T1=24/Agosto/2001) it took place the sampling of the soil in 7 depths (0-5, 5-10, 10-15, 15-25, 25-35, 35-45 and 45-55 cm). After 4 months of the application (T2=03/Maio/2002) it was proceeded new sampling and analyses. The results were submitted to ANOVA, having been the averages compared by the test of Tukey (p<0,05). In spite of the applied doses, it was not observed in T2 significant differences among the treatments for the contet of Ca⁺² foliar, and nor inside of each one of the 7 depths analyzed for pH CaCl₂, pH SMP, Ca⁺², Mg⁺², V%. However, for Ca⁺² tendency of increase of T1 was observed for T2 for the depths 0-5 (average of the treatments: of 5,04 for 5,70 dm⁻³), less for the treatment DIII, and layer 5-10 cm (of 4,64 for 5,21 cmol_c dm⁻³) for to all treatments besides control (C), what can be due to superficial limestone previous to the installation of the experiment. On the other hand, the productivity of the corn, in spite of it not being influenced significantly by the treatments, presented tendency of increasing of the control (C = 4864 kg grains have⁻¹) even DIV+AM (5280 kg grains have⁻¹), whose maximum observed increment (416 kg have⁻¹), in spite of estatistic no significant, monetary could already represent value capable to make possible his application economically in the first year.

Key words: calcium, corn, dejections of swine, biosolid, N-Viro, NureSoil.

1 INTRODUÇÃO

Os dejetos de suínos, até 1970, não se constituíam no Brasil em fator de preocupação, pois a população e a concentração de animais eram pequenas, ao mesmo tempo em que os solos das propriedades onde estes eram aplicados, tinham capacidade para absorvê-los sendo usados como adubo orgânico. Com o aumento da atividade suinícola, a situação tornou-se crítica, pois muitos dejetos passaram a ser jogados nos cursos d'água sem tratamento prévio. Tal fato segundo SEAB (1997), contribuiu para a contaminação de muitos mananciais de água por coliformes fecais em mais de 90% das águas das propriedades rurais, usadas para a alimentação humana e animal.

Esta inadequada disposição de dejetos de suínos gerada principalmente quando há grande concentração de animais, ou onde as granjas estão alojadas à margens de rios ou próximos a mananciais, vem provocando impactos ambientais consideráveis nas bacias hidrográficas onde são produzidos, a partir de empreendimentos conduzidos sob o regime de confinamento. Tal problema é agravado quando não se leva em conta critérios técnicos, econômicos e sociais (percepção pública) para o transporte de tais resíduos, sua armazenagem e reciclagem (reutilização). A constatação destes fatos tem forçado produtores de suínos a reavaliar seus programas de destino final de dejetos. Muitas vezes as granjas situam-se em locais de relevo acidentado, solos rasos (litólicos e câmbicos), ou seja, em situação onde a área disponível para o cultivo com lavouras, aptas a receber tais resíduos, é reduzida acarretando maiores dificuldades para o seu aproveitamento em sua forma "bruta" como adubo orgânico, em razão dos efeitos indesejáveis sobre a qualidade do solo, da água e do próprio ar. Portanto estas situações requerem medidas mitigatórias para que tal segmento continue a gerar riquezas e empregos com o menor impacto ambiental possível.

Apesar desta atividade ser importante do ponto de vista social e econômico para o País, especialmente como instrumento fixador do homem ao meio rural, sua exploração tem sido considerada pelos órgãos de controle ambiental como atividade potencialmente causadora de degradação ambiental.

A atividade é geradora de grandes quantidades de águas residuárias que, uma vez, tratadas por vários processos, podem ser retornadas para rios e córregos,

mas, no entanto, ao final de seu tratamento continuam a gerar lodos de dejetos de suínos (intitulado biossólido de dejetos de suínos) que devem ser reciclados de maneira sustentável.

Assim, para minimizar a poluição ambiental, sugere-se a integração da produção animal à agrícola, por meio da reciclagem dos dejetos de suínos, nos solos no entorno de onde são produzidos. No entanto, existem limitações que impedem o emprego direto desses biossólidos nos solos agrícolas, como por exemplo, limitações temporais. A aplicação do produto deverá coincidir com a implantação da cultura, ou em épocas propícias para a mesma, o estado físico dos dejetos em razão da sua forma pastosa ou líquida, exige altos investimentos em equipamentos de irrigação ou tanques distribuição para o seu manuseio, sendo sua reciclagem em solos como viável economicamente, apenas num raio inferior a 1500 metros, requerendo para tanto investimentos significativos (tratores e tanques distribuidores), muitas vezes acima da capacidade econômica dos produtores, principalmente pequenos e médios, levando-os a continuar a despejar tais resíduos em cursos d'água.

Diversos sistemas têm sido sugeridos para tratamento e armazenamento de dejetos de suínos. No entanto a eficiência técnica não é aplicada a todos os casos, nem tampouco tem conseguido sensibilizar parcela significativa de criadores de suínos a adotá-los, seja pelo seu custo, seja pela necessidade de espaço para sua instalação. Logo, permanece ainda a necessidade de se obter alternativas para o tratamentos de dejetos, viáveis economicamente e que realmente levem a redução da contaminação das águas.

Afim de se facilitar o manuseio, transporte e aplicação de biossólidos de suínos em área agrícolas, sugere-se sua valorização por meio, da transformação em material passível de utilização como fertilizante, mesmo a maiores distâncias que aquelas normalmente consideradas como máximas do ponto de vista econômico, o que permitiria sua exportação para fora de bacias hidrográficas saturadas por este resíduo e portanto sua limpeza.

Para tanto, no presente trabalho optou-se como alternativa, a adaptação da tecnologia de "Estabilização Alcalina Avançada com Subseqüente Secagem Acelerada" (Processo N-Viro), já utilizada em várias partes do mundo para

transformar lodo de esgotos urbanos em produtos passíveis de reciclagem em sistemas agrícolas (N-VIRO, 2002).

O material resultante do tratamento de lodo de esgoto é chamado de N-Viro Soil. Quando da utilização desse processo para conversão de biossólido de dejetos de suínos em produto, o material final é intitulado de NureSoil, que é rico em cálcio, apresenta características físicas desejáveis (fácil manuseio e sem odor), o que pode minimizar a geração de poluição, uma vez que este pode ser armazenado, transportado e aplicado a distâncias maiores em áreas consideradas propícias.

Em muitas áreas cultivadas com grãos no Brasil, especialmente no Paraná, adota-se o sistema de plantio direto, que promove a conservação de solos. Contudo, em solos ácidos sob sistema de plantio direto, torna-se difícil a correção da acidez em profundidade, uma vez que a movimentação do cálcio no perfil do solo é reduzida.

Sabe-se, no entanto, que materiais originados do Processo N-Viro abrigam formas mais solúveis de cálcio e certo poder de neutralização da acidez resultantes do Processo de tratamento, o que torna relevante a verificação da comprovação científica da mobilização desse elemento (Ca) no perfil de solos ácidos do Paraná, com vistas à melhoria da produtividade agrícola, o que permitiria atestar a utilização desse material pelo agricultor.

Considera-se haver, pois, perspectivas para que este processo possa também contribuir para a solução dos problemas de poluição ambiental ocasionados pelos dejetos de suínos, em particular o biossólido de dejetos de suínos.

O presente trabalho avaliou os efeitos da aplicação superficial de um biossólido de dejetos de suínos tratado pelo Processo N-Viro, na movimentação de Ca^{+2} no perfil de um solo ácido cultivado sob plantio direto com milho e o efeito de diferentes doses sobre a produtividade de grãos, e em parte, a capacidade de substituição da adubação mineral, pelo biossólido.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESE

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da aplicação superficial de doses crescentes de biossólido de dejetos de suínos tratados pelo “Processo de Estabilização Alcalina Avançada com subsequente Secagem Acelerada” (Processo N-Viro) em um Cambissolo háplico cultivado sob plantio direto com histórico de altas produtividades, sobre a movimentação de Ca^{+2} no perfil do solo, seus atributos químicos e produtividade de grãos de milho.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar teores trocáveis de Ca^{+2} no perfil do solo, bem como sua disponibilidade para a cultura de milho, a partir da aplicação de NureSoil, material este que é resultante do tratamento experimental de biossólido de dejetos de suínos pelo “Processo de Estabilização Alcalina Avançada com subsequente Secagem Acelerada” (Processo N-Viro);
- Avaliar os efeitos da aplicação em alguns atributos químicos do solo (pH, Al^{+3} Mg^{+2} e saturação por bases), e da planta, o teor de Ca^{+2} foliar e produtividade de grãos de milho;
- Estabelecer critérios para a recomendação de doses de NureSoil na superfície em plantio direto, bem como avaliar a possibilidade de substituir parcialmente a adubação mineral por NureSoil.

2.3 HIPÓTESE

Existindo formas mais solúveis de Ca^{+2} no bio sólido de dejetos de suínos tratados pelo Processo N-Viro (NureSoil), tais como, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, assim como a presença de matéria orgânica (originada dos bio sólidos) que por ocasião de sua dissociação, possam facilitar a complexação deste por ligantes orgânicos solúveis, e sendo este produto aplicado superficialmente em Cambissolo háplico, cultivado sob plantio direto, esperar-se maior deslocamento e teor de Ca^{+2} trocável no perfil do solo, aumento no teor de Ca^{+2} foliar e na produtividade de milho com a utilização das maiores doses deste produto, desde que haja tempo para tal e que ocorra precipitação pluvial suficiente para permitir tal movimentação. Tais observações serão possíveis desde que o teor de Ca^{+2} trocável desse solo não seja mascarado na instalação do experimento, por correções anteriores à sua implantação, e desde que a metodologia utilizada seja sensível o suficiente para discriminar tais efeitos principalmente no solo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CRIAÇÃO DE SUÍNOS E GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Os maiores produtores mundiais de carne suína em 1999, segundo ROPPA (2001), foram China (39,85 milhões de toneladas), USA (8,78 milhões de toneladas), Alemanha (3,94 milhões de toneladas), Espanha (2,90 milhões de toneladas), França (2,38 milhões de toneladas), Polônia (2,02 milhões de toneladas) e o Brasil (1,75 milhões de toneladas). Para o ano de 2010, a previsão é que 60% da produção de suínos do mundo esteja em países em desenvolvimento, como a China e o Brasil, devido às suas dimensões continentais e produção de grãos.

No entanto, já no ano de 2001, o Brasil produziu 2,2 milhões de toneladas de carne e exportou 265 mil toneladas. Sendo considerado o quinto produtor mundial de suínos (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2002), possui um rebanho de 37,5 milhões de suínos. Os maiores plantéis de suínos no Brasil estão nos estados de Santa Catarina com 4,7 milhões de cabeças, no Paraná com 4,6 milhões de cabeças e no Rio Grande do Sul com 4,3 milhões de cabeças.

O aumento crescente do rebanho suinícola brasileiro acaba gerando um grande volume de resíduos (dejetos de suínos). A aplicação destes em solos agrícolas, com intuito de aumentar a sua fertilidade, tem recebido atenção mundial. O descarte de dejetos de suínos e outros resíduos orgânicos neste ambiente significa também a introdução de quantidades significativas de compostos orgânicos e inorgânicos potencialmente poluentes, especialmente no que concerne ao N, P, metais pesados e C orgânico dissolvido (GIUSQUIANI et al., 1998).

De acordo com OLIVEIRA et al. (1993), PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA (1994), SEGANFREDO (1998) e PERDOMO (2000), os lançamentos indiscriminados de dejetos não tratados, ou "tratados insuficientemente", chegam ao solo e a corpos de águas, contaminando águas de superfície e sub-superfície, onde podem predispor as comunidades ao aparecimento de verminoses, alergias, hepatite, câncer de estômago e de esôfago. Tais práticas geram também outros problemas sanitários, como o aparecimento de moscas, borrachudos e de mau cheiro, além de promover a degradação ambiental manifestada pela morte de peixes e de animais de ecossistemas fluviais, em razão da toxicidade de compostos ali

presentes e da promoção da eutrofização de corpos d'água, o que segundo os autores, constitui-se em risco para sustentabilidade e expansão da suinocultura como atividade econômica.

Segundo PERDOMO (2001), a crescente evolução dos índices de desempenho e melhoria do padrão sanitário obtidos nos últimos anos coloca a produção brasileira de suínos no patamar da competitividade internacional. São 35 milhões de cabeças que produzem 1,7 milhões de toneladas de carne, o que responde a 1% do PIB nacional, gerando emprego e renda para mais de 2 milhões de propriedades rurais, números que se traduzem de um lado em mais de 192 milhões de m³ ao ano de água demandados pelo setor de produção, e de outro mais de 100 milhões de m³ ao ano de efluentes gerados pela atividade, com um potencial poluente na ordem de 2,5 milhões de toneladas de DBO, concentrados basicamente, na Região Sul do Brasil e que corresponde a 38% do montante nacional.

Atualmente a atividade suinícola brasileira está embasada em sistemas de produção animal sob confinamento, nos quais observa-se maiores produtividades, sendo portanto a esses sistemas atribuído a responsabilidade pelo aumento na escala de produção de suínos que traduziu-se numa diminuição do número de produtores, uma vez que tais sistemas requerem investimentos significativos ao mesmo tempo em que proporcionam grande acúmulo de dejetos nas pequenas áreas onde são instalados (PERDOMO ; LIMA , 1998).

GOMES et al.¹ citados por PERDOMO e LIMA (1998), estimaram já para o ano de 2000, que 61% da produção total de suínos estaria sendo produzida sob o sistema de confinamento, 21% sob semi-confinamento e 18% sob sistema extensivo.

¹GOMES, M. F. M.; GIROTTO, A. F.; TALAMINI, D. J. D.; LIMA, G. J. M. M. DE; MORAES, N.; TRAMONTINI, P. **Análise prospectiva do complexo agro-industrial de suínos no Brasil.** EMBRAPA-CNPSA, Concórdia, v. 26, 1992. 108p.

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS DEJETOS DE SUÍNOS E DESPERDÍCIO DE ÁGUA NOS EMPRENDIMENTOS SUINÍCOLAS

A quantidade total de dejetos líquidos produzida pelos empreendimentos suinícolas varia conforme o desenvolvimento ponderal dos animais (TAIGANIDES, 1977). Tais valores de dejeções diárias decrescem de 8,5 para 4,9% do peso vivo, quando o animal apresenta-se na faixa de 15 a 100 kg (JELINK² citado por OLIVEIRA et al., 1993; PERDOMO ; LIMA, 1998). Mas, segundo PERDOMO e LIMA (1998), o volume de dejetos líquidos produzidos também depende do número e categorias dos animais, do manejo, do tipo de bebedouro, do sistema de higienização adotado e da frequência e volume de água utilizada.

Na Tabela 1 observa-se a produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos:

TABELA 1 - PRODUÇÃO DE DEJETOS NAS DIFERENTES FASES PRODUTIVAS DOS SUÍNOS: MÉDIA DIÁRIA

Categorias de suínos	Esterco (kg/animal/dia)	Esterco (+urina kg/animal/dia)	Dejetos líquidos (L/animal/dia)
Suínos de 25-100 kg	2,30	4,90	7,20
Porcas em gestação	3,60	11,00	14,60
Porcas em lactação	6,40	18,00	24,40
Machos	3,00	6,00	9,00
Leitões desmamados	0,35	0,95	1,30
Média	3,13	8,17	11,30

FONTE: OLIVEIRA et al. (1993), adaptado por PERDOMO e LIMA (1998).

Concordante com a Tabela 1 descrita por OLIVEIRA et al. (1993) e adaptada por PERDOMO e LIMA (1998), também PILLON (2002) ressalta que um suíno em fase de terminação produz em média cerca de 7,5 litros de dejetos por dia, 4 a 5 vezes a produção diária humana. Um suíno adulto produz em média 0,27 m³ de dejetos líquidos por mês (KONZEN³ citado por OLIVEIRA et al., 1993). Segundo IAPAR (1994b), estima-se que um plantel no Paraná, com média de 100 animais por empreendimento, geraria uma produção diária por animal de 7 a 9 litros de dejetos

²JELINEK, T. Collection, storage and transport os swine wastes. In: TAIGANIDES, E. P. **Animal Wastes**. Essex, England: Apllied Science, 1977, p. 165-74.

³KONZEN, E. A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. EMBRAPA-CNPISA, Concórdia, 1983. 32 p.

totais (fezes, urina mais restos de higienização), o que geraria ao final de um dia o volume total de dejetos de 0,7 a 0,9 m³.

Portanto, o uso da água em uma granja de suínos acaba por aumentar o volume de efluentes produzidos principalmente quando há perdas ou desperdício, agravando o problema da poluição e elevando os custos de armazenamento, tratamento, transporte e distribuição dos dejetos gerados (PERDOMO, 2000).

3.2.1 Composição dos Dejetos de Suínos

A composição dos dejetos está associada ao sistema de manejo adotado na granja de onde estes foram originados, o que inclui aspectos nutricionais. Há amplas variações na concentração dos elementos que os constitui, a qual depende da diluição a que foram submetidos e do sistema usado para o seu armazenamento, conforme pode ser observado na Tabela 2 (PERDOMO ; LIMA, 1998; SCHERER et al., 1984; BONETT ; MONTICELLI, 1998). Ou seja, há influência de vários fatores sobre as características dos dejetos, inclusive nos métodos de amostragens e na quantificação da água responsável pela diluição:

TABELA - 2 COMPOSIÇÃO DE DEJETOS PRODUZIDOS EM UMA UNIDADE DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO DE SUÍNOS E MANEJADOS EM FOSSA DE RETENÇÃO, EM SANTA CATARINA - 1996

Variável	Mínimo	Máximo	Média
mg L ⁻¹		
DBO ⁽¹⁾	5000	15500	10250
DQO ⁽²⁾	11503	38448	25543
Sólidos Totais	12697	49432	22399
Sólidos Voláteis	8429	39024	16389
Sólidos Fixos	4268	10408	6010

FONTES: PERDOMO (1996); EMBRAPA (1998).

NOTAS: ⁽¹⁾Demanda Biológica de Oxigênio

⁽²⁾Demanda Química de Oxigênio

Alguns dos parâmetros que medem o potencial poluidor de um resíduo orgânico são: a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO). A DBO nos dejetos de suínos, conforme pode ser observado na Tabela 2, é de 5000 mg L⁻¹ até valor máximo de 15500 mg L⁻¹ (PERDOMO 1996; BONETT ; MONTICELLI, 1998). Enquanto que, OLIVEIRA et al. (1993), encontrou para esgotos domésticos DBO de 200 mg L⁻¹ e para dejetos de suínos valores de

30000 a 52000 mg L⁻¹, ou seja, em torno de 260 vezes maior que aquela obtida para resíduos humanos.

A DBO indica a quantidade aproximada de oxigênio que será utilizada pelos microorganismos para a oxidação bioquímica da matéria orgânica, num período de incubação de 5 dias a 20° C. Enquanto na DQO tem-se a quantia de matéria orgânica que pode ser oxidada por dicromato de potássio, em meio ácido a 160° C. Geralmente, segundo PREZOTTO-MATTIAZZO (1992), a DQO de um resíduo orgânico costuma ser mais alta do que a sua DBO, em virtude da maior facilidade com que seus constituintes químicos são oxidados por via química que por via biológica. Segundo CARDOSO (1992), a relação entre a DQO e a DBO indica a biodegradabilidade de uma substância, ou seja, quando esta relação se aproxima de 1 o material é prontamente biodegradável, sendo que, relações maiores indicam a presença de moléculas orgânicas recalcitrantes, de difícil biodegradação.

Segundo PERDOMO e LIMA (1998), uma adequada retenção pode reduzir em 50% os níveis de DBO e eliminar odores desagradáveis. Uma vez que a aplicação no solo recomendada pelos órgãos fiscalizadores e de proteção ambiental de alguns estados brasileiros, deva ser feita após retenção hidráulica de 120 dias, visando a sua estabilização e redução do poder poluente.

3.2.2 Concentração de Nutrientes nos Dejetos de Suínos

Na Tabela 3 é possível verificar a ampla variação encontrada nas características químicas de dejetos líquidos de suínos:

TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS (TEORES TOTAIS)

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn
	g/L					mg/L		
A ⁽¹⁾	3,45	1,83	0,63	2,22	0,74	34,8	24,8	119,0
B ⁽¹⁾	3,40	1,80	0,44	2,50	0,74	36,5	30,0	120,0
C ⁽¹⁾	5,90	3,18	0,94	3,34	1,30	31,9	39,2	159,0
D ⁽²⁾	3,12	3,12	0,58	2,25	0,82	42,7	23,0	134,1
E ⁽³⁾	6,00	6,00	1,20	5,70	0,96	11,7	49,2	72,4

FONTES: ⁽¹⁾SEGANFREDO (1998)

⁽²⁾SEGANFREDO (1997)

⁽³⁾KONZEN (1980)

O nitrogênio é um dos principais componentes do esterco, estando presente em maior proporção na forma orgânica e também na forma de uréia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ presente na urina. Este elemento quando em sua forma amoniacal (NH_3) e quando o esterco é exposto ao ar, em razão da hidrólise da uréia pela urease, e de elevação de pH, há perda de NH_3 , mesmo após a incorporação de esterco no solo, principalmente no primeiro mês após sua aplicação, sendo esta perda muito afetada pelo pH, temperatura e umidade do solo (ADRIANO et al.⁴, citados por SCHERER et al., 1984).

Além do nitrogênio, o esterco apresenta teores apreciáveis de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, e micronutrientes. SCHERER (1997) cita que o esterco líquido de suínos (ELS), trata-se de um adubo com baixo teor de nutrientes totais, mas que devido a suplementação mineral dos animais, estes apresentam também quantidades apreciáveis de micronutrientes, cujo maior teor médio obtido em amostras coletadas entre 1994 e 1995, de 56 esterqueiras representativas da Região Oeste de Santa Catarina, foi de ferro (Fe), com valor médio de 633 mg L^{-1} , além de que tais materiais apresentaram teor de matéria seca de 1,3 a 19,1%, com média de 6,4%, e segundo SCHERER et al. (1984), também contém apreciáveis quantidades de Cu e Zn, que quando aplicados no solo, funcionam como nutrientes, mas que em doses elevadas podem provocar toxidez às plantas .

Além deste efeito direto como fornecedor de nutrientes, a fração orgânica do esterco pode participar do processo de quelação dos nutrientes minerais metálicos (Cu, Fe, Mn e Zn). Ao ficarem presos no anel do quelato, os metais perdem suas características catiônicas, ficando menos sujeitos às reações de precipitação e insolubilização no solo tornando-se mais disponíveis às plantas. Em solos com pH próximo a neutralidade (pH 7), onde a solubilidade dos micronutrientes é muito baixa, o efeito quelante da matéria orgânica é fundamental para o suprimento adequado desses nutrientes às plantas (SCHERER, 1997).

No entanto, ao contrário dos fertilizantes sintéticos, os dejetos de suínos possuem composição química variável, levando os nutrientes a encontrarem-se em quantidades desproporcionais em relação à necessidade de extração pelas plantas.

⁴ADRIANO, D. C.; CHANG, A. C.; SHARPLESS, R. Nitrogen loss from manure as influenced by moisture and temperature. *Journal of Environmental Quality*, v. 3, n.3, p. 358-361, 1974.

Desta forma, no caso de efetuar adubações continuadas com esses materiais, pode-se promover desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo, cuja gravidade será dependente da composição dos resíduos, da quantidade aplicada, da habilidade de extração pelas plantas ali cultivadas, do tipo de solo e do tempo de utilização dos dejetos (BURTON⁵, PAIN⁶, FEDERAL ENVIRONMENTAL AGENCY⁷, HAHNE et al.⁸, citados por SEGANFREDO, 2000).

3.3 POLUIÇÃO E OS DEJETOS DE SUÍNOS

Poluição pode ser definida como uma alteração do ambiente natural de forma a torná-lo inadequado a diferentes formas de vida. O poder poluidor de certa substância depende de suas características químicas, concentração de seus constituintes e da quantidade produzida. Assim, um certo resíduo com pequena concentração de substâncias orgânicas facilmente decomponíveis, pode ser considerado uma fonte de grande poder poluidor se gerado em grandes quantidades, pois o potencial poluidor de um resíduo orgânico provém do fato deste, em sendo disposto na água, ou em solos, pode consumir oxigênio dissolvido para sua decomposição, elemento este vital para o metabolismo dos seres vivos, e que segundo PREZOTTO-MATTIAZZO (1992), resíduo ou material residual pode ser definido como material descartável com pouco ou nenhum valor econômico dependendo da sua composição e quantidade produzida, podendo ser ou não considerado como um poluente e vir conseqüentemente a causar poluição. Já, contaminante é “toda substância” que causa um desvio da composição normal do meio ambiente.

Contaminantes só são classificados como poluentes quando geram algum efeito prejudicial (PREZOTTO-MATTIAZZO, 1992). Por exemplo, fertilizantes fosfatados contêm quantidades variáveis de metais dependendo da rocha fosfatada

⁵BURTON, C. H. **Manure management; treatment and strategies for sustainable agriculture**. West Park: Research Institute, 1997.181 p.

⁶PAIN, B. Environmentally friendly management of farm animal waste – an overview. In: MATSUNAKA, T., ed. **Environmentally friendly management of animal waste**. Sapporo: Kikanshi Insantsu, 1998. p.259-268.

⁷FEDERAL ENVIRONMENTAL AGENCY (Berlin, Germany). **Sustainable development in Germany**. Progress and prospects. Berlin, 1998. 344p.

⁸HAHNE, J.; BECK, J.; OECHSNER, H. Management of livestock manure in Germany a brief overview. **Ingénieries**, Cachan, n. especial, p. 11-12, 1996.

utilizada para a sua confecção. No entanto, estes quando aplicados em taxas normais não trazem efeitos prejudiciais ao ambiente sob este aspecto. Também, o Cu e o Zn e outros nutrientes contidos nos esterco animais podem ser classificados como contaminantes, dependendo do sistema de manejo dados aos animais. SPOSITO (1989) diz que um metal para manifestar sua essencialidade ou toxidez este deverá estar biodisponível. Um elemento essencial ou tóxico pode ser considerado biodisponível se estiver numa forma química que as plantas possam absorvê-lo durante seu ciclo, afetando-a assim de alguma forma. A biodisponibilidade pode ser avaliada por meio de extratores químicos, como também por meio do uso de plantas teste.

Já a eutrofização de corpos d'água é a condição sob a qual há o excesso de crescimento de algas, o que pode conduzir à sua deterioração. Isto se dá em razão da excessiva adição de nutrientes à água, originados por exemplo, do descarte de resíduos orgânicos. Assim, com o seu enriquecimento em nutrientes há um estímulo à fotossíntese e, portanto, ao crescimento de biomassa vegetal. Neste caso, a biomassa acaba por se acumular, decantar no fundo dos reservatórios onde mineraliza-se, reciclando então os nutrientes absorvidos. Se a profundidade da lâmina d'água não for grande, plantas começam a crescer acelerando ainda mais o processo de assoreamento do reservatório (PREZOTTO-MATTIAZZO, 1992; PERDOMO, 2001).

Do ponto de vista ambiental, PERDOMO (2001) relata que das substâncias minerais presentes nos dejetos as que mais preocupam são os nitratos, o fósforo e o potássio, que originam-se das rações. A eficiência da utilização do N na dieta estimada é de 29%, do P de 28% e do K de 6%. Assim, estima-se que em torno de 45 a 60 % do N, 50 a 80% do Ca e do P, e 70% a 95% do Na, Mg, Cu, Zn, Mn e do Fe consumidos pelos suínos sejam por eles excretados.

Segundo PERDOMO e LIMA (1998), nos dejetos líquidos suínos, a maior parte do nitrogênio encontra-se na forma amoniacal. Estes se aplicados ao solo em altas doses podem levar o nitrogênio a ser mineralizado, oxidado a nitratos (NO_3^-), que então são lixiviados para zonas do perfil do solo, onde são desnitrificados.

As formas de P orgânico encontrados nos dejetos de suínos serem mais móveis e solúveis que o P inorgânico, a sua aplicação ao solo tem sido relacionada a numerosos exemplos do crescimento localizado de algas prejudiciais pela

contaminação de águas superficiais e subsuperficiais de algumas regiões, ocasionando problemas graves de eutrofização desses ecossistemas, gerando mortandade de peixes e risco de ocorrência de doenças àqueles indivíduos expostos a tal situação (N-UIRO, 1999; GIUSQUIANI et al., 1998; PERDOMO ; LIMA, 1998). Estudos realizados em longo prazo (9-15 anos) em Oklahoma, Estados Unidos, em três tipos de solo, revelaram um aumento de 27 kg ha⁻¹ de fósforo disponível para cada 100 kg ha⁻¹ de fósforo contido no esterco que foi adicionado (SHARPLEY et al.⁹, citados por PERDOMO e LIMA, 1998).

Segundo N-UIRO (1999), nos EUA trabalhos com dejetos bovinos (vacas leiteiras) e cama (maravalha) de aves (peru), tratados pelo Processo N-Viro, que apresentam altos teores de Ca⁺² e pH elevado, favoreceram a complexação de Ca⁺² com fosfatos solúveis presentes nos estercos, formando complexos insolúveis de P antes mesmo da aplicação desses materiais no solo.

SCHERER et al. (1984) cita ser possível, somente no estado de Santa Catarina, obter uma produção de 3,3 milhões de toneladas por ano de esterco de suínos. No entanto, SCHERER (1997) cita que são gerados, somente na região oeste de Santa Catarina, mais de 10 milhões de m³ desses resíduos anualmente. Grande parte deste esterco, se gerado sob condições de adequado manejo, poderia ser reciclado como fertilizante, por exemplo, na cultura do milho, proporcionando assim uma menor dependência dos produtores quanto à aquisição desses insumos.

3.4 EFEITOS DOS BÍOSSÓLIDOS DE SUÍNOS NO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS

De acordo com EPSTEIN et al.¹⁰, citado por SCHERER e CASTILHOS (1984) e por OLIVEIRA et al. (1993), o esterco exerce efeitos diretos e indiretos na produtividade das culturas. O efeito direto na produção depende da quantidade de nutrientes contidos no esterco e também da quantidade de fertilizantes minerais que

⁹SHARPLEY, A. N.; CARETER, B. J.; WAGNER, S. J.; COLE, E.L.; SAMPLE, G. A. **Impact of long-term swine and poultry manure application on soil and resources in Eastern Oklahoma.** Oklahoma: Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University, 1982. 50p. (Technical Bulletin, T-169.).

¹⁰EPSTEIN, E.; TAYLOR, J. M.; CHANEY, R. L. Effects of sewage sludges and sludge compost applied to acid soil on some soil physical and chemical properties. **Journal of Environment Quality**, v. 5, n.4, p. 422-426, 1976.

podem ser substituídos pelo mesmo. O efeito indireto do esterco é a sua ação benéfica nas propriedades físicas e químicas do solo, bem como na intensificação da atividade microbiana e enzimática.

Alterações físicas no solo, em razão da aplicação de dejetos, são resultantes da redução da infiltração da água por compostos orgânicos hidrofóbicos, que podem segundo HENKLAIN et al.¹¹, citado por OLIVEIRA e PARIZOTTO (1994), agravar problemas de erosão no solo, em áreas sem práticas conservacionistas.

As alterações químicas do solo ocasionadas pela aplicação de dejetos de suínos, podem ser visualizada na Tabela 4, como um exemplo, utilizando-se o chorume:

TABELA 4 - ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO APÓS 8^o APLICAÇÃO CONSECUTIVA DE CHORUME

Chorume total m ³ ha ⁻¹	pH CaCl ₂ 0,01 M	Al	Ca	Mg	K	P mg kg ⁻¹	C %
	cmol _c dm ⁻³					
Início ⁽¹⁾	5,0	0,17	5,3	1,1	0,32	6,3	0,7
0	4,7	0,14	5,0	1,2	0,30	9,2	1,2
120	4,6	0,10	4,8	1,0	0,54	14,0	1,1
240	4,6	0,15	4,6	1,2	0,54	13,2	1,2

FONTE: OLIVEIRA e PARIZOTTO, 1994.

NOTA: ⁽¹⁾ Amostras obtidas antes da primeira aplicação de chorume.

Esta Tabela demonstra que após aplicação de 200 kg ha⁻¹ das fórmulas 0-20-20 para a cultura de soja, e de 200 kg ha⁻¹ da fórmula 4-30-10 para as culturas trigo e milho, ocasionou redução do pH nos tratamentos que receberam chorume provavelmente em razão do processo de nitrificação do NH₄⁺ com aplicação de sulfato de amônio em cobertura (milho e trigo) e dos compostos nitrogenados provenientes do chorume. O uso de fertilizantes fosfatados mais o chorume, proporcionou acréscimo no teor de P extraível do solo (OLIVEIRA ; PARIZOTTO, 1994).

BERTON et al. (1989), estudando a incorporação à 20 cm de profundidade em 5 solos paulista, de 0, 40 e 80 Mg ha⁻¹ de lodos digeridos anaerobicamente, observaram aumentos no pH, no teor de matéria orgânica, nos teores de Ca, Mg e K trocáveis e o nos teores de P extraível dos cinco solos estudados. A elevação do pH

¹¹HENKLAIN, J. C.; et al. Efeito do chorume de suínos sobre propriedades hidráulicas do solo. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, v. 10, 1994, Florianópolis. Resumos...Florianópolis: SBCS, 1994, p. 216-17.

foi devida provavelmente à liberação de amônia proveniente da decomposição de compostos orgânicos presentes no lodo, sendo maior nos solos mais ácidos, acarretando diminuição dos teores de Al trocável em todos os solos em que este elemento estava presente originalmente. Observaram os autores que a produção de matéria seca da parte aérea de milho, bem como as quantidades de N, P, Ca, Mg, Zn absorvidas aumentaram significativamente, com as doses para todos os solos testados.

ANJOS (1999) em seu estudo aplicou $387,89 \text{ Mg ha}^{-1}$ de biossólido urbano tratado com cal base seca, dividindo-as em cinco aplicações, tendo sido a segunda após quatro meses, a terceira após seis meses, a quarta após oito meses e a quinta após dez meses da aplicação da primeira dose, todas incorporadas a 20 cm em dois solos (Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Roxo. Observou-se elevação gradativa do pH do solo, atribuído à alcalinidade do resíduo orgânico, por ter sido tratado com CaO. Entretanto, a autora observou que enquanto que o Ca^{+2} no Latossolo Roxo foi lixiviado após a segunda aplicação, no Latossolo Vermelho tanto este quanto o Mg somente foram observados em lixiviados após a terceira aplicação do biossólido (6 meses), os maiores teores no solo foram de Ca^{+2} e Mg^{+2} . A produtividade avaliada, após quinta aplicação de biossólido, foi de $4,692 \text{ kg ha}^{-1}$ de milho.

Decréscimos no pH do solo podem ser induzidos tanto pela nitrificação quanto pela produção de ácidos orgânicos, particularmente em rejeitos tratados com lodo com pH superior a 7,0, já após algum tempo decorrente da sua aplicação (PETERSON et al.¹²; TOPPER ; SABEY¹³ citados por LUCCHESI, 1998; 1997).

Além disso, OLIVEIRA et al. (1993), CHEUNG e WONG¹⁴, LIEBHARDT e SHORTALL¹⁵ citados por SCHERER et al. (1984), citam que a aplicação contínua de altas doses de esterco pode aumentar as concentrações de sais no solo,

¹²PETERSON, J. R.; LUE-HING, C.; GSCHWIND, J.; PIETZ, R. I.; ZENZ, D. R. Metropolitan Chicago's fulton county sludge utilization program. In: SOOPER, W. E.; SEAKER, E. M.; BASTIAN, R. K. (ed) **Land Reclamation and Biomass Production with Municipal Wastewater and Sludge**. The Pennsylvania State University Press. University Park, P. A. p. 322-338, 1982.

¹³TOPPER, K. F.; SABEY, B. R. Sewage sludges as coal mine spoil amendement for revegetation in Colorado. **Journal of Enviroment Quality** v. 15, p. 44-49, 1986.

¹⁴CHEUNG, Y. H.; WONG, M. H. Utilization of animal manures sewage sludges for growing vegetables. **Agricultural Wastes**, v. 5, n. 2, p. 63-81, 1983.

¹⁵LIEBHARDT W. C.; SHORTALL, J. G. Potassium is responsible for salinity in soils amended with poultry manure. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 5 n. 5 p. 358-398, 1974.

principalmente Na, K e bicarbonatos que tornam-se prejudiciais ao desenvolvimento de plantas. Neste particular, LIEBHARDT¹⁶ citado por SCHERER et al. (1984); OLIVEIRA et al. (1993), observaram que este efeito salino foi mais acentuado no primeiro ano da incorporação do esterco, acarretando maiores perdas ao milho ali cultivado.

Ao processo de transformação de um elemento que faz parte de um composto orgânico para elemento mineral simples, disponível para a planta, dá-se o nome de mineralização. Neste processo, segundo MEEK et al.¹⁷, citado por SCHERER et al. (1984), apenas 10 a 20% do material orgânico aplicado ao solo se transforma em massa mais ou menos estável. Esta transformação é lenta, havendo uma perda anual de 1 a 3% de peso, à medida que os nutrientes vão se tornando disponíveis para as plantas. Decorrenté disto, os materiais orgânicos apresentam em geral maior efeito residual no solo que os de origem mineral (LIEBHARDT¹⁶ citado por SCHERER et al., 1984). KIVER e KIVER¹⁸ citados por SCHERER et al. (1984), observaram que a aplicação de 40 Mg ha⁻¹ de esterco de curral apresentou efeito residual de cinco anos e que a aplicação de 100 Mg ha⁻¹ de esterco ainda apresentou acentuado efeito residual após seis anos de cultivo.

Em Latossolo Roxo, SCHERER e BARTZ¹⁹ citados por SCHERER et al. (1984), verificaram que a aplicação de 8 Mg ha⁻¹ de esterco de aves manteve efeito residual superior a três anos de cultivo de feijão devido, principalmente, à maior disponibilidade de fósforo e potássio no solo neste período.

No entanto, em Latossolo Roxo distrófico (SCHERER et al., 1984), a aplicação doses em torno de 3,5 a 4,2 Mg ha⁻¹ano⁻¹ (peso seco) foi suficiente para manter a produtividade relativa de milho entre 90% e 95% do teto máximo. O rendimento de grãos de milho aumentou significativamente com as quantidades de esterco de suínos, P e N aplicados. A adubação de manutenção com 3,5 Mg ha⁻¹ano⁻¹ de esterco de suínos sólido (base seca) supriu a cultura do milho em

¹⁶LIEBHARDT, W. C. Soil characteristics and corn yield as affected by previous applications of poultry manure. **Journal of Environment Quality**, v. 5 n. 4 p. 459-469, 1976.

¹⁷MEEK, B.; GRAHAM, L.; DONOVAN, T. Long term effects of manure on soil, phosphorus, potassium, sodium, organic matter infiltration rate. **Soil Science Society American Journal**. Madson, v. 46, n. 5, p. 1014-1019, 1982.

¹⁸KIVER, F.V. ; KIVER, Y.F. Duration of the effect of manure on irrigated dark hesnut soil in the ukraine. **Soviet Soil Science**, v. 8, p. 310-313, 1976.

¹⁹SCHERER, E. E.; BARTZ, H. R. Adubação do feijoeiro com esterco de aves, nitrogênio, fósforo e potássio. **EMPASC, Boletim Técnico**, Florianópolis, v. 10, p. 15, 1981.

macronutrientes, proporcionando rendimentos equivalentes aos obtidos com a adubação mineral.

SCHERER et al. (1984) observaram que a aplicação de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ pode ser recomendada para suprir as exigências de N, P e K do milho, sendo suficiente ao adequado fornecimento de micronutrientes e obtenção de uma produção média de 6 Mg ha^{-1} de grãos.

SCHERER et al.²⁰ citados por OLIVEIRA et al. (1993), comparando duas fontes de adubo, verificaram uma equivalência em produção de milho entre a aplicação de 40 m^3 de esterco de suínos por hectare e a de 40 kg de nitrogênio mineral por hectare, resultando em produção média de 5820 kg ha^{-1} e 5580 kg ha^{-1} , respectivamente.

OLIVEIRA e PARIZOTTO (1994) a partir de resultados médios de 4 anos de cultivo de trigo e soja, e de 3 anos com milho, em Latossolo Roxo eutrófico (Palotina-PR) que recebeu esterco de suínos aplicado antes do preparo do solo (escarificação e gradagem), bem como, 200 kg ha^{-1} da fórmula 4-30-10, recomendaram aplicação de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de chorume para soja e milho em solos deficientes em P, K e com alumínio tóxico ou a utilização do esterco como complementação da adubação.

SEGANFREDO (2000) ao se utilizar 50 kg ha^{-1} de N na forma de esterco, suplementado o restante à atingir 140 kg ha^{-1} de N, com fertilizante químico (uréia), obteve produtividade de milho semelhante a adubação química com NPK.

A literatura brasileira é muito limitada em referências que mostrem a possibilidade de uso dos dejetos como fertilizantes do solo, não sendo suficientes para projetar perspectivas de sustentabilidade dos sistemas adubados com tais materiais, uma vez que não avaliam o balanço de nutrientes nem tampouco a sua movimentação no perfil do solo. A única forma de se evitar desequilíbrio e danos ambientais advindos do excesso de nutrientes provenientes de dejetos aplicados por longos períodos ao solo, seria limitar e compatibilizar suas doses, às quantidades potencialmente extraíveis pelas plantas, as quais poderiam ser complementadas com fertilizantes químicos (SEGANFREDO, 2000).

²⁰SCHERER, E. E.; CASTILHOS, E. G. de; AITA, C. Utilização de esterco líquido de suínos como fonte de nitrogênio para as culturas de milho e feijão. EMPASC, *Boletim Técnico*, Chapecó, 4 p., 1986.

3.5 TRATAMENTO E ARMAZENAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS

Diversas técnicas são citadas por OLIVEIRA et al. (1993) para o tratamento dos dejetos de suínos. Aquelas classificadas como tratamento físico separa o resíduo em fases: decantação, peneiramento e centrifugação. Há também aquelas que por meio químico promovem a precipitação de partículas. O autor ainda cita como tratamentos biológicos a compostagem, as lagoas (aeróbias, anaeróbias e facultativas), os diques de oxidação, os biodigestores, as esterqueiras e bioesterqueiras. O manejo dos suínos em cama sobreposta (Deep Bedding) é uma forma de trabalhar com compostagem (ROPPA, 2000; MORÉS, 2000; OLIVEIRA, 2000).

BURNHAM et al. (1992), SLOAN e BASTA (1995), PIERZYNSKI e SCHWAB²¹, WEF²² citados por LUCCHESI (1997), YAMAKAWA (1999), citam para o tratamento de biossólidos humanos o “Processo de Estabilização Alcalina Avançada com Secagem Acelerada” também conhecido como Processo N-Viro. O qual já era utilizado em mais de 40 localidades nos EUA, Reino Unido, Canadá, Israel, China, África do Sul, Espanha, Finlândia e Austrália, processando mais de 1 milhão de toneladas por ano. Seu produto em razão de suas propriedades, tem sido utilizado como substituto para o calcário agrícola, como fertilizante e condicionador do solo.

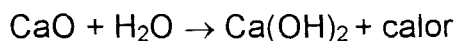
3.6 O PROCESSO N-VIRO E SUA APLICABILIDADE NA ESTABILIZAÇÃO

O “Processo de Estabilização Alcalina Avançada com Secagem Acelerada” (Processo N-Viro) de biossólidos é uma tecnologia patenteada pela N-Viro International Corporation de Toledo, Ohio, EUA (BURNHAM et al. 1992; LOGAN ; HARRISON, 1995). Tal processo, segundo BURNHAM et al. (1992), utiliza biossólidos desaguados, provenientes de digestão aeróbia, anaeróbia ou “in natura”, com teor de sólidos entre 15-40%, aos quais são adicionados reagentes alcalinos (pó-de-forno de cimento, pó de forno de cal, cal virgem e muitos outros resíduos

²¹PIERZYNSKI, G. M.; SCHWAB, A. P. Bioavailability of zinc, cadmium, and lead in a metal-contaminated alluvial soil. *Journal of Environmental Quality*, v. 22, p. 251-262, 1993.

²²WEF. Beneficial use programs for biosolids management. Special publication. *Water Environment Federation*, Alexandria, VA. 1994.

alcalinos) como ingredientes únicos ou combinados. Uma das reações em que tal processo de estabilização está embasado é a seguinte:



O CaO reage com a água excedente dos biossólidos produzindo o hidróxido de cálcio e calor, cujo pH de equilíbrio encontra-se acima de 12. A partir desta reação exotérmica, a temperatura é elevada, mantida e controlada entre 52°C e 62°C (SMITH et al.²³, citados por YAMAKAWA, 1999), colaborando com secagem do produto. Como resultado ocorrem diferentes estresses tais como: reação alcalina, secagem acelerada, altas temperaturas, liberação de amônia e presença de sais e a destruição de patógenos (salmonelas, polivírus, ovos de ascaris), apesar da remanescência de aproximadamente 10^6 microorganismos por 5 gramas de lodo seco (BURNHAM et al., 1992). Assim os lodos tratados mantêm-se livres de odor e assemelha-se a solos. Sendo, em razão de suas características classificado pela Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA) consta-se na legislação (CFR 40 Part 503) como lodo Classe A. O processo ainda, segundo LOGAN²⁴ citado por LUCCHESI (1997), promove a imobilização de metais traços devido a sua precipitação com ligantes como OH, CO₃, SiO₃, PO₄ e SO₄ bem como, reações de complexação e adsorção nas superfícies minerais e da matéria orgânica (BURNHAM et al., 1992).

Existem duas alternativas para a estabilização de biossólidos pelo Processo N-Viro. Na primeira alternativa, os ingredientes alcalinos são misturadas com os biossólidos de maneira a proporcionar pH igual ou maior que 12. Na Segunda alternativa, a dose dos ingredientes alcalinos necessita ser suficiente para manter o pH da massa acima de 12 por pelo menos 72 horas. Simultaneamente, a temperatura necessita ser mantida em níveis superiores a 52°C por pelo menos 12 horas, já estabilizado e então seco a 50% de sólidos. A diferença básica entre as duas alternativas é a ocorrência de um pulso de calor (BURNHAM et al., 1992).

²³SMITH, K. A.; GOINS, L. E.; LOGAN T. J. Effect of calcium oxide dose on thermal reactions, lime speciation, and physical properties of alkaline stabilized biosolids. **Water Environmental Res.**, v. 70, p. 224-230, 1998.

²⁴LOGAN, T. J. Reclamation of chemical degraded soils. In: R. Lal and B.A. Stewart (ed). Soil restoration. **Adv. Soil Sci.** 17: 13-35. 1992.

LOGAN e FAULMANN (1999) citam haver vários procedimentos para pasteurização de dejetos de suínos e aves pelo Processo N-Viro com o objetivo de destruir patógenos, reduzir odores e melhorar a qualidade do material. Os autores mencionam que o produto de tal procedimento pode atingir pH final para uso de 9,5 e teor sólidos maior que 30%.

LOGAN e HARRISON (1995) ao analisarem 28 N-Viro soil, observaram que as propriedades físicas do produto são similares a um solo de textura média a fina, poroso, granular e de consistência não plástica, que pode ser facilmente manejado e armazenado em propriedades agrícolas. Em razão das suas características químicas, é efetivo como calcário agrícola (SLOAN ; BASTA, 1995), podendo ser utilizado como substituto do mesmo e como fertilizante de baixo teor de nutrientes (N-VIRO, 2002).

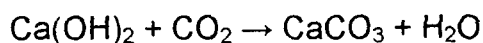
Assim sendo, a sua aplicação em projetos de revegetação, cobertura de aterros sanitários, recuperação de solo ácido e para fins agrícolas propriamente ditos, é citado como usual, particularmente nos EUA (BURNHAM et al., 1992).

3.6.1 Características Químicas do N-Viro Soil (NVS)

3.6.1.1 pH

LOGAN e HARRISON (1995) ao analisarem 28 amostras de N-Viro Soil oriundas de várias estações de tratamento localizadas em diversos países obtiveram pH entre 7,2 e 12 e média de 11,9. Segundo os autores, tal pH é função do controle exercido pelo $\text{Ca}(\text{OH})_2$ presente naqueles materiais. Por sua vez, segundo YAMAKAWA (1999), o pH controla mecanismos de disponibilização de muitos elementos, tais como adsorção, desorção, precipitação, dissolução e complexação com a matéria orgânica.

YAMAKAWA (1999) ao testar diferentes N-Viro soil produzidos a partir de biossólidos humanos digeridos anaerobicamente e tratados com cinzas de carvão (NVS1) comparado á um cru e tratado com pó de forno de cimento (NVS2), obteve extratos com pH maior que 12, que assim permaneceu por 2 meses. No entanto, o pH dos extratos com o tempo reduziu-se para 8, a medida que o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ transformou-se em CaCO_3 através da carbonatação, conforme a seguinte reação:



Neste experimento, relatado por YAMAKAWA (1999), o pH do NVS2 manteve-se alto por 2 meses a mais do que o NVS1. Tais resultados poderiam ser explicados pelo fato do teor de Ca(OH)_2 enquanto maior que 2%, favoreceu a manutenção do pH ao redor de 12, mas quando tal composto decresce abaixo de 2%, o pH também rapidamente decrescia para 8.

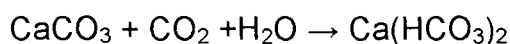
3.7 A IMPORTÂNCIA DO CÁLCIO (Ca^{+2}) NO SOLO COMO NUTRIENTE PARA AS PLANTAS

3.7.1 Cálcio no Solo

No solo, o Ca^{+2} ocorre em vários minerais primários tais como aluminossilicatos como anfíbios, feldspatos, fosfatos e carbonatos. Os carbonatos são importantes para solos calcários e geralmente estão presentes em minerais como calcita (CaCO_3), ou dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) (MENGUEL ; KIRKBY, 1987; MALAVOLTA, 1980). Em solos ácidos sob clima úmido esses minerais são intemperizados e o Ca^{+2} é em parte perdido por lixiviação, adsorvido aos colóides do solo ou aprisionado na biomassa (RAIJ, 1991). A retenção do elemento na superfície do solo ocorre quando cargas negativas dos colóides do solo, e dos ácidos húmicos estão livres (MIYZAWA et al., 2000; PAVAN, 1984; DAL BÓ, 1985). Por outro lado, em solos com pH mais elevado, o Ca^{+2} pode insolubilizar-se como carbonatos, fosfatos ou sulfatos (RAIJ, 1991).

VALE et al. (1993), citam que as argilas do tipo 2:1 requerem uma saturação da CTC por cálcio da ordem 70 a 80 % para liberar o nutriente para a solução do solo, enquanto que argilas 1:1 e óxidos de ferro e alumínio satisfazem o requerimento de Ca^{+2} na solução para a maioria das plantas quando apresentam saturação entre 40 e 50%, sendo recomendada como ideal para a maioria dos solos a saturação entre 50 - 70% de Ca^{+2} . Também ressaltam os referidos autores que a liberação de Ca^{+2} se dá para a solução lentamente a partir do intemperismo dos minerais primários, tendo como aceleradores desse processo o aumento da

atividade de íons H^+ na solução e de agentes quelates. A decomposição dos carbonatos é muito dependente da produção de CO_2 no solo. A calcita, por exemplo, é um mineral com solubilidade muito baixa, da ordem de 10 a 15 mg Ca L^{-1} , contudo a presença de CO_2 permite a formação de carbonato ácido de cálcio que é mais solúvel em água (MENGUEL ; KIRKBY, 1987), conforme mostra a reação abaixo:



Em solos que contêm $CaCO_3$, a formação de $Ca(HCO_3)_2$ é importante para a lixiviação de Ca^{+2} . Assim, mesmo em solos que não contêm $CaCO_3$, algum Ca^{+2} pode ser lixiviado em razão do bicarbonato $Ca(HCO_3)_2$ que produzido pela dissociação do ácido carbônico pelas águas da chuva, ou mesmo de ácido carbônico produzido pela decomposição de materiais orgânicos nos solos. Neste caso, os íons H^+ derivados da dissociação do ácido carbônico podem liberar o Ca^{+2} da fase sólida por intemperismo ou pela troca nas superfícies das argilas. Este mecanismo também poderia explicar porque a lixiviação de Ca^{+2} aumenta com a adição de matéria orgânica aos solos, cuja decomposição promove um aumento no teor de CO_2 e conseqüentemente, um aumento na formação do ácido carbônico nos solos (MENGUEL ; KIRKBY, 1987).

Também íons H^+ produzidos pelo processo de nitrificação podem induzir e liberar Ca^{+2} , pelo processo de troca dos colóides para a solução do solo demonstrado na equação abaixo:



A lixiviação de Ca^{+2} a partir da produção de H^+ pela nitrificação, que causa acidificação do solo, é consideravelmente maior do aquela advinda da dissociação do ácido carbônico. Por exemplo, para cada 100 kg $(NH_4)_2SO_4$ adicionado no solo, 45 kg de Ca^{+2} são removidos na drenagem da água (MENGUEL ; KIRKBY, 1987).

3.7.2 Cálcio Trocável e Cálcio Solúvel no Solo

O Ca^{+2} da solução do solo está em equilíbrio com o Ca^{+2} trocável. Ou seja, estando o Ca^{+2} adsorvido aos colóides orgânicos ou inorgânicos, se a atividade do Ca^{+2} em solução decrescer em razão da absorção pelas plantas ou da lixiviação, íons Ca^{+2} deslocar-se-ão imediatamente da fase sólida para a fase líquida. Por outro lado, se a atividade do Ca^{+2} aumentar, seja pela calagem, seja pela adubação, ocorrerá por outro lado uma adsorção de íons Ca^{+2} pelos colóides. Como trata-se de um cátion divalente com pequeno raio de hidratação, o Ca^{+2} é fortemente adsorvido pelos colóides, muito mais que o NH_4 , K e Mg (VALE et al., 1993). Essa atração é determinada pela maior carga do cátion e o menor tamanho do íon hidratado (RAIJ, 1991), o que torna o Ca^{+2} pouco móvel no perfil do solo (MENGUEL; KIRKBY, 1987; LOYOLA et al., 1989). CHAVES e LIBARDI (1995) relatam que a adsorção de cátions no solo aumentou com o aumento do pH, tendo sido maior a adsorção do Ca^{+2} e do Mg^{+2} que a do K^+ .

A mobilidade de cátions em solos na presença de ânions inorgânicos minerais segue a seguinte ordem: $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Al}^{3+}$. Esta ordem é explicada pelo fato de cátions monovalentes serem mais facilmente lixiviados em água, por encontrarem-se, principalmente, na forma iônica. Já cátions divalentes, encontram-se como íons livres, adsorvidos, precipitados, complexados por substâncias orgânicas e inorgânicas, e assim como aqueles trivalentes cuja ocorrência livre é baixa, e cujas formas comumente encontradas são as de óxidos, hidróxidos, complexos orgânicos e inorgânicos e adsorvidas aos colóides, sofrem várias reações no solo, que diminuem sua mobilidade. Para que ocorra lixiviação de cátions no solo é necessária a presença de ânions solúveis tais como cloreto, nitrato, nitrito, sulfato, acetato, formiato e bicarbonato. Mesmo os cátions monovalentes como o Na^+ e K^+ somente são lixiviados na presença de ânions solúveis (MIYAZAWA et al., 2000).

ZIGLIO et al. (1999), em estudos para avaliar os efeitos de sais orgânicos e inorgânicos de Ca^{+2} e de resíduos de plantas na mobilização de Ca^{+2} no solo ressaltam que a lixiviação de Ca^{+2} no solo segue a seguinte ordem: nitrato > acetato > citrato > sulfato > carbonato.

PAVAN et al.²⁵, e RAIJ et al.²⁶, citados por MIYAZAWA et al. (2000) dizem ser a matéria orgânica responsável por até 80% da capacidade de troca de solos ácidos do Paraná e de São Paulo, onde, segundo MIYAZAWA et al. (2000), tem como principais componentes grupos carboxílicos e fenólicos que com aumento do pH permite a sua hidrólise e a geração de cargas negativas no solo. Segundo ZIGLIO et al. (1999) a solubilização de Ca^{+2} se dá em razão de sua complexação (ácido forte de Lewis) com grupos funcionais carboxílicos e fenólicos dos compostos orgânicos (bases forte de Lewis). Assim há formação de um complexo neutro ($\text{L}^{-}\text{Ca}^{+2}$)⁰ ou positivamente carregado ($\text{L}^{-}\text{Ca}^{+2}$)⁺ no que o ligante orgânico (L), proporciona a lixiviação do Ca^{+2} .

Estes efeitos benéficos do manejo orgânico de solos ácidos fazem parte de inúmeros trabalhos, referenciados por FRANCHINI et al. (1999) como os de SANCHEZ et al.²⁷, HUE e AMIEN²⁸, e BESSHO e BELL²⁹, exemplificados por elevações do pH e do teor de Ca^{+2} , em detrimento do Al^{+3} . Também trabalhos de NOBLE et al.³⁰, SMITH et al.³¹, LIU e HUE³² que indicam os ácidos fúlvicos (alto peso molecular) como compostos orgânicos com alta capacidade para detoxificação do Al e mobilização de Ca^{+2} para sub-superfície do solo, sendo que essa mobilização, segundo PAVAN³³, LIU e HUE³², OLIVEIRA e PAVAN³⁴ decorrem da

²⁵PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Chemical and mineralogical characteristics of selected acid soils of the State of Paraná, Brazil. *Turrialba*, v. 35, n. 2, p. 131-139, 1985.

²⁶RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A. P.; SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 6, p. 33-37, 1982.

²⁷SANCHEZ et al. Amazon basin soils: management for continuous crop production. *Science*, Washington, v. 216, p. 821-827, 1982.

²⁸HUE, N. V.; AMIEN, I. Aluminum detoxification with green manures. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 20, n. 15/16, p. 1499-1511, 1989.

²⁹BESSHO, T.; BELL, L. C. Soil solid and solution phase changes and mung bean response during amelioration of aluminum toxicity with organic matter. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 140, n. 2, p. 183-196, 1992.

³⁰NOBLE, A. D.; RANDALL, P. J.; JAMES, T. R. Evaluation of two coal-derived organic products in ameliorating surface and subsurface soil acidity. *European Journal of Soil Science*, Oxford, v. 46, n. 1, p. 65-75, 1995.

³¹SMITH, C. J.; GOH, K. M.; BOND, W. J.; FRENEY, J. R. Effects of organic and inorganic calcium compounds on soil-solution pH and Al concentration. *European Journal of Soil Science*, Oxford, v. 46, n. 1, p. 53-63, 1995.

³²LIU, J.; HUE, N. V. Ameliorating sub soil acidity by surface application of calcium fulvates derived from common organic materials. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 21, p. 264-270, 1996.

³³PAVAN, M. A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo de cobertura vegetal em pomares de macieira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 86-91, 1994.

³⁴OLIVEIRA, E. L. de; PAVAN, M. A. The control of soil acidity in no-till system for soybean production. *Soil Till. Res.*, v. 38, p. 47-57, 1996.

formação de fulvatos de Ca^{+2} , ligantes estes resultantes de um estágio avançado da decomposição do material orgânico, que geram com o Ca^{+2} complexos de alta estabilidade.

FRANCHINI et al. (1999) obtiveram resultados que indicam que compostos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular, extraídos de resíduos vegetais de adubos verdes coletados no estágio de pleno florescimento, também apresentam o mesmo comportamento. No entanto, AOYAMA³⁵; AOYAMA³⁶; LEAL et al.³⁷, citados por FRANCHINI et al. (1999), MIYAZAWA et al., (1993), ressaltam que estes compostos são predominantes no início do processo de decomposição de resíduos vegetais e sua reação no solo é rápida e de curta duração, concentrando-se nas duas primeiras semanas.

Conforme PAVAN³³ citado por FRANCHINI et al. (1999), o resíduo de aveia preta em solo que recebeu calcário, teria potencial para transportar Ca^{+2} para a sub-superfície, sendo que o nabo forrageiro teria a vantagem de associar a capacidade de mobilização de Ca^{+2} com a de imobilização do Al^{+3} , gerando um alto teor de Ca^{+2} residual disponível. Portanto, a consorciação de ambos em rotações de culturas, permite a reciclagem do elemento Ca^{+2} , reduzindo os riscos de perdas por lixiviação para além do alcance do sistema radicular.

³⁵AOYAMA, M. Fractionation of water-soluble organic substances formed during plant residue decomposition and high performance size exclusion chromatography of the fractions. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokio, v. 42, n.1, p. 21-30, 1996a.

³⁶AOYAMA, M. Use of high performance size exclusion chromatography to monitor the dynamics of water soluble organic substances during the decomposition of plant residues in soil. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokio, v.2, n.1, p. 31-40, 1996b.

³⁷LEAL, A. C.; PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D.; INQUE, M. T.; KOHELER, C. W. Effect of leucaena residues on soil acidity. **Forest, Farm, and Community Tree Research reports**, Morrilton, v. 1, p. 97-102, 1996.

³³PAVAN, M. A.. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo de cobertura vegetal em pomares de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 86-91, 1994.

Segundo PIERRE e BANWART³⁸ citados por ZIGLIO et al. (1999), a magnitude da ação dos resíduos vegetais na remoção dos teores de Ca^{+2} trocáveis seguiu a seguinte ordem: aveia > leucena > trigo. A liberação de ânions orgânicos hidrossolúveis durante a mineralização dos resíduos vegetais foi a causa atribuída à mobilização do Ca^{+2} no solo. O menor efeito proporcionado pelos resíduos de trigo observado pode ter sido, devido ao baixo teor de ânions orgânicos gerados, cerca de 5 a 10 $\text{cmol}_c^{(-)} \text{kg}^{-1}$.

3.7.3 Cálcio na Planta

A absorção de Ca^{+2} pela planta pode sofrer inibição competitiva pela presença de outros cátions principalmente por $\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$, embora o Ca^{+2} encontre-se em solução em concentrações relativamente elevadas, em média cerca de 10 vezes maiores que o K^+ . No caso, como por exemplo do NH_4^+ , este é rapidamente absorvido pelas plantas e os íons H^+ são liberados. Portanto, sob condições de reduzida taxa de nitrificação ou quando do uso de fertilizantes amoniacais, pode-se induzir a deficiência de Ca^{+2} , observada em espécies mais exigentes (MENGUEL ; KIRKBY, 1987; VALE et al., 1993; MALAVOLTA et al., 1997).

De acordo com VALE et al. (1993), absorção de Ca^{+2} pelas plantas é quase que restrita à região apical da raiz, ou seja, à porção da raiz sem endoderme suberizada, que por sua vez é a mais afetada pelo Al^{+3} . A falta de Ca^{+2} tem muitos efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta, tais como: atrasa o amadurecimento, a senescência e a abscisão de folhas (MALAVOLTA et al., 1997), sendo essencial para manter a integridade estrutural das membranas e das paredes celulares, também acaba alterando a resposta geotrópica, a fotossíntese e outros processos como a divisão celular, movimentos citoplasmáticos e o aumento do volume celular. O Ca^{+2} participa como ativador enzimático no processo de crescimento da membrana plasmática das células, através de bombas de Ca^{+2} situadas entre o tonoplasto e a membrana (TAIZ ; ZEIGER, 1988). Portanto, aumentando-se a concentração de Ca^{+2} nos solos pode-se levar a ganhos na

³⁸PIERRE, W. H.; BANWART, W. L. Excess-base and excess-base/nitrogen ratio of various crop species and parts of plants. *Agronomy Journal*, Madison, v. 65, p. 91-96, 1973.

produtividade de matéria seca, desde que sejam elevados também os teores de Mg^{+2} , uma vez que este elemento participará estruturalmente da molécula de clorofila, que é importantíssima para os processos fotossintéticos da planta (MENGEL ; KIRKBY, 1987).

A inexistência de mudanças nos teores de Ca^{+2} no tecido de milho, mas aumentos nos teores de Mg^{+2} em função da calagem, podem estar relacionados à dinâmica desses cátions no solo, onde o Ca^{+2} é preferencialmente adsorvido nas cargas negativas criadas pelo aumento do pH em relação ao magnésio (LOYOLA et al., 1989).

Segundo BUSSLER³⁹ citado por MENGUEL e KIRKBY (1987), a deficiência de cálcio é caracterizada pela redução no crescimento do tecido meristemático, sendo observada primeiramente nos pontos de crescimento e folhas jovens, que tornam-se deformados e cloróticos, e em estágio mais avançado a necrose é visualizada. Os tecidos afetados tornam-se fracos e ocorre dissolução das paredes celulares. Substâncias marrons acumulam-se nos espaços intracelulares e no tecido vascular afetando o mecanismo de transporte.

A necessidade de Ca^{+2} para o crescimento da planta pode ser facilmente demonstrada quando da interrupção de seu suprimento para as raízes. Este procedimento reduz imediatamente a taxa de crescimento. Após alguns dias, as pontas das raízes tornam-se marrons e morrem gradativamente (MENGUEL ; KIRKBY, 1987).

SILVA et al. (1993) explicam que o Ca^{+2} encontra-se em maior intensidade nas folhas e caules, e quase não ocorre sua redistribuição a partir do tecido mais velho, pois os compostos de Ca^{+2} na planta são de grande insolubilidade (oxalato de Ca), tornando-o um elemento relativamente imóvel, sendo que os sintomas de deficiência aparecem inicialmente nas folhas e órgãos mais novos.

O transporte de Ca^{+2} das raízes para as folhas é realizado diretamente através do xilema, tubo condutor com características ácidas e que possui grupos funcionais protonados em suas paredes do tipo R-COOH e R-OH. Portanto, o Ca^{+2} movimenta-se livremente. Nas folhas, o Ca^{+2} tende a acumular-se com a idade do

³⁹BUSSLER, W. *Comparative examinations of plants suffering from potash deficiency*. Verlag Chemie, Weinheim, 1964.

tecido, devido a baixa mobilidade no interior do floema (FOY⁴⁰ citado por PAVAN, 1984). Dessa forma, tecidos jovens em crescimento, frutos e raízes, que apresentam intensa divisão celular, recebem Ca via xilema. Essa característica de transporte demonstra a necessidade de se manter um contínuo suprimento de Ca⁺² na solução do solo para o desenvolvimento das culturas (PAVAN, 1984).

3.7.4 Implicações da Lixiviação de Cálcio no Solo

RIRIE et al.⁴¹, citados por GARGANTINI et al. (1982) verificaram que a lixiviação do Ca⁺² e Mg⁺² ao longo do perfil do solo depende de muitos fatores dentre os quais o grau de finura do calcário, as quantidades e profundidades de aplicação, o tipo de cultivo do solo, a quantidade de água e a textura do solo (a lixiviação é mais intensa em solos arenosos do que em solos argilosos). Segundo VALE et al. (1993), essa lixiviação depende do volume de água percolado, da concentração desses nutrientes na solução do solo, da CTC do solo, do tipo de ânions presente na solução e da concentração de CO₂ no solo. A taxa de lixiviação de Ca⁺² aumenta com a precipitação anual, podendo alcançar até 200 a 300 kg ha⁻¹ano⁻¹ (MENGUEL ; KIRKBY, 1987).

Os dados experimentais de PAULUK e ARNEMANN⁴² citados por GARGANTINI et al. (1982), demonstraram que o fator tempo é importante para a lixiviação de Ca⁺². Amostras retiradas aos 5 e 18 anos, mostraram a lixiviação do Ca⁺² e Mg⁺² para camadas inferiores do solo.

Para PAVAN (1983) os produtos da dissolução do calcário dolomítico são os íons Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻ e OH⁻ que, juntamente com os íons componentes dos fertilizantes, formarão o reservatório iônico da solução do solo, de forma que os íons Ca²⁺ e Mg²⁺ não tendem a formar complexos iônicos com ânions monovalentes (NO₃⁻, Cl⁻, e HCO₃⁻). As formas Ca²⁺, Mg²⁺, CaSO₄⁰ e MgSO₄⁰ são dominantes na solução do solo, sendo as formas CaSO₄⁰ e MgSO₄⁰ importantes para lixiviação de

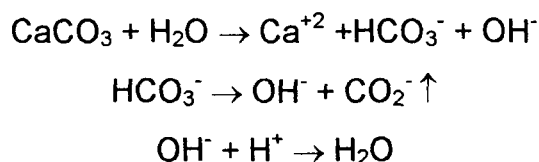
⁴⁰FOY, C. D. Effects of soil calcium availability on plant growth. In: CARSON, E. W. **The Plant root and its environment**. Charlottesville: Univ. Press of Virginia, p. 565-600. 1974.

⁴¹RIRIE, D.; TOTH, S. J.; BEAR, F. D. Movement and effect of lime and gypsum in soil. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v. 73, p. 23-35, 1964.

⁴²PAULUK, S.; ARNEMANN, H. F., The residual effects of lime added for the growth of various conifers in Minnessota. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v. 21, p. 653-655, 1957.

Ca^{+2} e Mg^{+2} no perfil do solo, em que a movimentação do Ca^{+2} , seria atribuída a formação do par iônico CaSO_4^0 , onde o íon da solução Ca^{2+} combina-se com SO_4^{2-} , formando o par iônico que estaria numa forma solúvel, neutra e não dissociada, e portanto não interagindo com as cargas do solo, e por isso nele móvel. Tal situação também foi observada, por RITCHEY et al. (1980) que aplicaram superficialmente calcário dolomítico com superfosfato simples, o que promoveu um aumento significativo dos teores de Ca^{+2} no subsolo, aumento este atribuído aos íons SO_4^{2-} , presente no fertilizante fosfatado.

A movimentação de Ca^{+2} no perfil do solo é mínima quando se utiliza o CaCO_3 , porque o carbonato além de baixa solubilidade (pK 8,32) é neutralizado pela reação com a acidez na superfície do solo, onde se produz um cátion (Ca^{+2}) e um ânion instável (HCO_3^-) que se decompõe em CO_2 e H_2O , não ficando disponível um ânion para acompanhar o Ca^{+2} que é adsorvido no complexo de troca (ZIGLIO et al., 1999; MIYAZAWA et al., 2000; REEVE ; SUMNER⁴³ citados por SOPRANO ; ALVAREZ, 1989) conforme mostra a reação abaixo:



PAVAN (1983) em experimento conduzido em solos acondicionados em lisímetros, ao aplicar superficialmente CaCO_3 sem fertilizantes, e precipitar 1600 mm H_2O ano⁻¹, obteve aumentos nos teores de Ca^{+2} apenas nas camadas superficiais do solo (0-20 cm), não observando qualquer movimentação do Ca^{+2} para o subsolo como $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2^0$. Tal observação foi comprovada ao se analisar termodinamicamente a solução do solo dos horizontes superficiais (0-20 cm), onde verificou-se Ca^{+2} como a forma (espécie química) dominante. Após a completa dissolução do CaCO_3 , o autor observou não ter ocorrido alteração do pH na água de drenagem, evidenciando a baixa vantagem da aplicação superficial de CaCO_3 na alcalinização da solução lixiviada.

⁴³REEVE, N. G. ; SUMMER. M. E. Amelioration of subsoil acidity in Natal oxisols by leaching of surface-applied amendments. *Agrochemophysica*, Pretoria, 4:1-6,1972.

Em um experimento em colunas, RITCHEY et al. (1980), quando adicionaram 1200 mm de água em colunas de solo sobre 2000 kg ha⁻¹ de Ca⁺², na forma de CaCl₂, CaSO₄ e CaCO₃, observaram que Ca⁺², K⁺ e Mg⁺² ao moverem-se no solo seguiram a seguinte ordem: movimentação de Mg⁺² foi maior que a do K⁺, e este foi maior que a do Ca⁺². Após a promoção de lixiviação destes elementos notou-se um aumento destes cátions na camada de 15-90 cm, onde o pH aumentou e o Al trocável tendeu a reduzir. Nos tratamentos em que se utilizou o CaCl₂, o Ca⁺² chegou a alcançar 150 cm de profundidade; no tratamento com sulfato de cálcio (CaSO₄) alcançou 60 cm, enquanto que com o CaCO₃ aumentou somente até a profundidade de 45 cm, embora observou-se redução do pH nos tratamentos que foi utilizado o CaCl₂.

SOPRANO e ALVAREZ (1989) verificaram perdas de P, K, Ca, Mg e Al eluídos pela água de lixiviação, percoladas de colunas de solo tratadas com diferentes sais de Ca (CaCO₃, CaSO₄ e CaCl₂) adicionados à camada de 0-15 cm, onde haviam precipitado 760 mm de água por um período de 8 meses. Nestes experimentos, os autores também avaliaram o efeito da profundidade de incorporação de CaCO₃: 0-15, 0-30 e 0-45 cm. Como resultado obteve-se efeitos significativos das fontes de Ca⁺², observando-se maiores perdas a partir de cloretos e sulfatos, e menores quando utilizou-se carbonatos. O cloreto não tem capacidade de corrigir a acidez do solo, pois forma sais mais solúveis. Assim, o Ca⁺² do CaCl₂ está mais propenso a ser lixiviado. Ao contrário dele o CaSO₄ é menos solúvel e, o sulfato mais adsorvível ao solo do que o cloreto, portanto, menos propenso a ser lixiviado (SOPRANO ; ALVAREZ 1989). ERNANI e BARBER (1993) também verificaram que a aplicação de sais de Ca (cloreto e sulfato) aumentou a concentração e a atividade iônica de K⁺, Al⁺³, Mg⁺² e Ca⁺² na solução do solo, sendo que nas amostras tratadas com cloreto de cálcio, a concentração dos cátions aumentou linearmente com a dose aplicada. Naqueles que receberam sulfato, o aumento ocorreu só na dose de 0,500 mg kg⁻¹ de Ca, devido às limitações de solubilidade desse sal, sendo que as aplicações de sais lixiviaram Ca⁺² e Mg⁺² e não lixiviou K⁺ e Al⁺³.

ERNANI et al. (2001), em experimento com um latossolo bruno álico (LB) e um cambissolo húmico álico (CH), acondicionados em colunas onde foram percolados 300 mm de água divididos em doze aplicações espaçadas de 7 dias, os

tratamentos consistiam de 2 métodos de aplicação (com e sem incorporação) e de três produtos (CaCO_3 , MgCO_3 e CaSO_4) em cada um dos solos, em experimentos independentes. No LB $3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de CaCO_3 , $2,91 \text{ Mg ha}^{-1}$ de MgCO_3 e de $9,24 \text{ Mg ha}^{-1}$ CaSO_4 e no CH $4,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de CaCO_3 , de $3,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ de MgCO_3 e de $12,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ de CaSO_4 . O CaCO_3 foi ainda incorporado nas doses de 0, 0,5, 1,0, 1,5 vezes a necessidade de calcário para atingir pH 6,0 no LB e no CH. Coletaram-se amostras de solo de 0-2 cm e de 2 a 30 cm. Observaram os autores que aplicação superficial desses corretivos elevou o pH somente na camada de 0-2 cm, demonstrando a pequena reatividade do calcário abaixo do local de aplicação e que a adição de gesso diminuiu o pH da solução percolada e da fase sólida, em decorrência da hidrólise do Al^{+3} , deslocado das cargas negativas pelo Ca^{+2} aplicado. Por sua vez, tanto o Ca^{+2} trocável como o Ca^{+2} percolado aumentaram com a dose de CaCO_3 incorporado nos dois solos. A aplicação superficial do CaCO_3 elevou o Ca na camada de 0-2 cm, sendo que o gesso lixiviou bastante Ca^{+2} e Mg quando foi incorporado. A mobilidade do gesso, em movimentar Ca^{+2} no solo relativamente ao CaCO_3 , deve-se à sua maior solubilidade e a permanência do íon sulfato na solução do solo, o qual é pouco dissolvido em valores de pH 4,5.

Também, PLEYSIER e JUO (1981), realizaram dois experimentos em colunas contendo solo fortemente ácido (arenoso), onde adicionou-se, em ambos 2420 mm de água durante 72 dias. No primeiro experimento, utilizou $22,6 \text{ mmol}_c$ de Ca^{+2} na forma de $\text{Ca}(\text{NO}_3)$ diluído em água e aplicado sobre a coluna e, no segundo experimento, usou $22,6 \text{ mmol}_c$ de Ca^{+2} na forma de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que foi misturado a 5 cm de solo e incubado por 2 semanas. Concluiu-se que: no primeiro experimento o íon Al^{+3} foi a principal espécie que lixiviou com o ânion nitrato, seguido pelos íons Ca^{+2} e Mg^{+2} , sendo que 70% do Ca^{+2} foi retido pelo solo na camada 0-10 cm, possivelmente ocupando sítios da matéria orgânica. O Mg^{+2} e o Al trocável inicial da camada superficial foram deslocados pelos íons Ca^{+2} adicionados. O pH elevou-se na camada superficial, e esta elevação correspondeu a uma redução na saturação do Al trocável. Quando os autores compararam os dois experimentos, observaram que quantidade de Ca^{+2} lixiviado no solo tratado com $\text{Ca}(\text{OH})_2$ era relativamente menor do que o tratado com $\text{Ca}(\text{NO}_3)$, o que pode ser atribuído a um aumento na CTC efetiva na camada 0-5 cm do solo do segundo experimento, já que o Ca^{+2} poderia ter ficado retido nos sítos de troca da matéria orgânica que antes eram

ocupados como o Al^{+3} .

WADT e WADT(1999), WADT (2000) ao tratar amostras de solo originado de floresta e de área sob pastagem, com carbonato de cálcio, sulfato de cálcio e com a mistura de ambos, ao incubá-los e submetê-los à lixiviação, observaram naquelas amostras sub-superficiais que a aplicação de sulfato de cálcio resultou em alteração da CTC efetiva e da CTC a pH 7,0, sem no entanto provocar diminuição dos teores de Al trocável. A aplicação de carbonato de cálcio promoveu aumento de cargas negativas e pequenas reduções nas cargas positivas, o que promoveu a diminuição do número de sítios para adsorção de sulfato. No tratamento com a mistura das duas fontes de Ca^{+2} , a provável presença de bicarbonato na solução percolada da superfície para a sub-superfície poderia ter dificultado a adsorção do ânion sulfato, em vista dos menores aumentos na CTC e CTC efetiva, e poderia também causar efeitos semelhantes ao carbonato de cálcio, ao aumentar a eletronegatividade das superfícies adsorventes o que seria explicado pela dessorção de prótons e assim diminuição a adsorção de sulfato.

Entretanto, KAMPRATH (1984) ressalta que para solos sob cerrado a saturação de Ca ocorre na faixa de 25-35%, mas para CAMBERATO (1999) a saturação por Mg^{+2} tem que ser maior que 10% para assegurar o fornecimento deste nutriente para culturas anuais.

3.8 Al TROCÁVEL, EFEITO NAS PLANTAS E MODOS DE NEUTRALIZAÇÃO

O alumínio na forma iônica Al^{+3} afeta inúmeros processos citológicos, fisiológicos e bioquímicos na maioria das espécies cultivadas. Os efeitos do alumínio são mais evidentes nas raízes, onde ocasiona inibição da divisão celular, fixação do P para formas menos disponíveis, diminuição da taxa de respiração, interferência em reações enzimáticas que governam a deposição de polissacarídeos nas paredes celulares (FURLANI, 1983).

Segundo BARTLETT e RIEGO (1972), os efeitos maléficos ocasionados pelo Al^{+3} na morfofisiologia das plantas dependem da sua atividade na solução do solo e qualquer reação que retirá-lo da forma iônica reduzirá o seu efeito tóxico, mesmo que o pH do solo não seja alterado. O efeito danoso do Al também pode manifestar-se pela limitação do desenvolvimento do sistema radicular, bem como por

interferência na absorção, transporte e utilização de nutrientes (SILVA et al., 1984), principalmente Ca, Mg e P (FURLANI, 1983). Para HUANG et al.⁴⁴ citados por SOUZA JÚNIOR et al. (1998), existe possibilidade do Al^{+3} inibir a absorção de Ca^{+2} pelo bloqueamento dos canais de Ca na membrana plasmática.

Em experimento com milho usando a técnica de raízes subdivididas, e 10 combinações de localização de P e Ca, SILVA et al. (1993) observaram que os efeitos da aplicação de Ca^{+2} foram mais favoráveis ao desenvolvimento radicular do que da parte aérea, havendo na sua ausência, maior incidência de raízes grossas comparativamente com as finas.

RITCHEY et al. (1983) relataram que em oxissolos a toxicidade causada pelo alumínio e a deficiência de cálcio restringem o crescimento do sistema radicular

ERNANI (1981), após a incorporação de cama de aviário e esterco de bovinos, observou a diminuição do Al trocável.

BLOM et al. (1979) observaram diminuição de 40% no alumínio em solução, após a aplicação de 2% de húmus em suspensão num solo franco-siltoso. Entretanto, HOYT e TURNER (1975) ressaltam que os resíduos orgânicos, mesmo que diminuam a quantidade e toxicidade do Al^{+3} trocável aos vegetais, não podem ser considerados substitutos satisfatórios do calcário em virtude de seus efeitos temporários.

HUE et al. (1986) identificaram níveis tóxicos de Al^{+3} ao comparar o crescimento radicular em solos não corrigidos e corrigidos com $Ca(OH)_2$ e $CaSO_4$. O crescimento radicular foi maior onde se utilizou $Ca(OH)_2$, seguido por $CaSO_4$ e solo sem tratamento. A toxicidade do Al foi visualizada pelo aspecto de raízes curtas e grossas, inchadas e retorcidas.

O decréscimo linear da atividade do Al^{+3} e de seu efeito tóxico para vegetais foram observados por ERNANI e GIANELLO (1983), quando aplicaram doses crescentes de materiais orgânicos (cama de frangos) ao que foi atribuído às reações de complexação de Al^{+3} com a matéria orgânica. Já, a neutralização do efeito tóxico do Al^{+3} pelo uso do gesso decorre do aumento do Ca^{+2} na CTC e troca pelo Al^{+3} que

⁴⁴HUANG, J. W.; SHAFF, J. E.; GRUNES, D. L.; KOCHIAN, L. V. Aluminum effects on fluxes at the root apex of aluminum-tolerant and aluminum-sensitive wheat cultivars. *Plant Physiology*, v. 98, n. 1, p. 230-237, 1992.

por sua vez forma o par iônico $AlSO_4^+$ (ERNANI⁴⁵; KINRAIDE ; PARKER⁴⁶ citados por ERNANI et al., 2000).

O grau de neutralização da toxidez de Al por ácidos orgânicos é determinado pela estabilidade do complexo orgânico formado (MIYAZAWA et al., 2000). Os principais ácidos orgânicos foram classificados por HUE et al. (1986), quanto à sua capacidade destoxicante de Al-tóxico para plantas de algodão da seguinte forma: fortes (ácido cítrico, oxálico, tartárico); moderados (ácido málico, malônico, salicílico e fracos (succínico, láctico, fórmico, ftálico, acético). MIYAZAWA et al. (1992) avaliaram a amenização da toxidez por Al em trigo (*Triticum aestivum* L., cv. Anahuac) em solução nutritiva, obtendo a seguinte ordem de eficiência: ácido cítrico > tartárico > oxálico > húmico > malônico > maleico > salicílico > succínico.

MIYAZAWA et al. (2000) destacam como características de ligantes orgânicos (L) responsáveis pela neutralização da toxidez do Al^{+3} a formação de complexo do tipo Al-L de estabilidade forte quando o seu pK é maior que 4,5, estáveis quando apresentam complexos com estabilidade do pK entre 4,5 e 2,5 e fracos quando o pK é menor que 2,5. Segundo os autores, as moléculas de ácidos orgânicos, a partir das quais são formados complexos de maior estabilidade, são encontradas na forma de anéis com 5 ou 6 átomos, incluindo o Al. Por exemplo, o ácido cítrico pode formar complexos com 5 ou 6 átomos, sendo um dos mais fortes entre os ácidos orgânicos. Os ácidos acético, fórmico e succínico não formam complexos, porque não podem formar anéis.

Segundo ERNANI e ALMEIDA (1986), a solubilidade do Al diminui com a calagem e se o pH em água atingir valores superiores a 5,4 e 5,5, o Al^{+3} precipita-se completamente, deixando de prejudicar as plantas.

3.9 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E SEUS EFEITOS NAS PLANTAS

Os efeitos da calagem no desenvolvimento das culturas são demonstrados pela elevação do pH do solo, redução do teor de alumínio trocável, elevação dos

⁴⁵ERNANI, P. R. Alterações em algumas características químicas da camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 241-245, 1986.

⁴⁶KINRAIDE, T. B.; PARKER, D. R. Non-phytotoxicity of the aluminium sulfate ion, $AlSO_4^+$. **Physiol. Plant.**, v. 71, p. 207-212, 1987.

teores de cálcio e magnésio disponíveis e aumento da disponibilidade de fósforo. ANDREOTTI et al. (2001) ressaltam também que em solos com baixa CTC, a relação Ca/Mg do calcário pode proporcionar desbalanço destes e portanto, a competição entre os íons Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} pelo mesmo sítio de troca e pelo processo de absorção, pode resultar em menor acúmulo de um desses elementos na planta, tendo como consequência menor produtividade de grãos decorrente do menor desenvolvimento da planta.

Em relação ao ganho na produção de matéria seca e de grãos, a calagem aumenta a produção de grãos e aumenta teores de Ca e Mg na matéria seca de folhas e colmos de milho (FORESTIERI ; DE-POLLI, 1990; NWACHUKU ; LOGANATHAN, 1991). ANDREOTTI et al. (2001), em experimento em casa de vegetação com milho em latossolo vermelho distrófico observaram que aplicando-se a dose de calcário de $1,93 \text{ Mg ha}^{-1}$ obtinham maior produção de matéria seca e teores de Ca e Mg nas folhas e colmos.

ADAMS e PEARSON⁴⁷ citados por GARGANTINI et al. (1982), estudaram o efeito da aplicação de calcário em várias localidades e empregando várias doses, observaram que os efeitos nos valores de pH foram crescentes com as dosagens do corretivo, mas decrescentes com a profundidade.

Em experimento conduzido em latossolo bruno argiloso nos anos de 1994 à 1998, com pH 4,7, combinaram-se três doses de calcário (0, 4,5 e 9 Mg ha^{-1}), incorporado a 17-20 cm, cada uma adubada com 4 doses de P_2O_5 , num delineamento de parcelas subdivididas. As quantidades de P_2O_5 foram, respectivamente, de 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} na primeira safra, acrescidas de 40, 80, 120 e 160 kg ha^{-1} na segunda e na quarta safra, e de 30, 60, 90 e 120 kg ha^{-1} na terceira safra, sobre as quais aplicaram uréia (120 kg ha^{-1}) e KCl (100 kg ha^{-1}). Observou-se não haver resposta do milho à calagem na primeira safra quando obteve-se uma produtividade média de grãos de $6,3 \text{ Mg ha}^{-1}$. Já, na 3ª safra (96/97), observou-se influência das doses de calcário no rendimento do milho, obtendo um incremento de 36% na maior dose. A resposta à calagem foi observada até pH 5,4 para média das 4 safras, demonstrando que o Al^{+3} trocável foi o maior entrave para o

⁴⁷ADAMS, F., PEARSON, R. W. Crop response to lime in the souther United States and Puerto Rico. In: Soil Acidity and liming, R. W. Pearson Ed., **American Society of Agronomy**, n. 12, p. 161-206, 1967.

aumento do rendimento do milho. No entanto a resposta à calagem diminuiu com o aumento da fertilização fosfatada, apesar do aumento observado na produtividade com a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (ERNANI et al., 2000).

A adição de grandes quantidades de fertilizantes fosfatados pode diminuir a resposta das culturas à calagem em virtude do aumento da difusão P em direção às raízes, da diminuição do alumínio na solução do solo, segundo ERNANI et al. (1998), VIDOR ; FREIRE⁴⁸, MENDEZ e KAMPRATH⁴⁹, ERNANI e BARBER⁵⁰ citados por ERNANI et al. (2000), não importando o sistema de preparo do solo (ERNAN et al., 1999).

GARGANTINI et al. (1982), após 5 anos de aplicação de calcário em solo do cerrado, retiraram amostras de solo nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40, 40-70 e 70-100 cm e observaram que a elevação do pH solo em profundidade, dependia da quantidade de calcário aplicada, e que tal efeito só ocorreu nitidamente até a camada de 20-40 cm de profundidade. Por sua vez, WEEKS e LATHWELL⁵¹ citados por GARGANTINI et al. (1982), verificaram que após 4 anos de aplicação de 2,2 Mg ha⁻¹ de calcário, as modificações do pH atingiram somente a camada superior de 10 cm do solo. Em outro experimento, onde usaram 1 e 3,5 Mg ha⁻¹ de calcário, observaram após 5 anos, aumento de pH, até 15 cm de profundidade.

GONZALEZ-ERICO⁵² citado por RITCHEY et al. (1983), constataram um movimento acentuado de Ca⁺² até a profundidade de 45 cm no perfil de um latossolo vermelho escuro após 7 anos da aplicação de 10 Mg ha⁻¹ de calcário, sendo que nos tratamentos em que aplicou doses menores o movimento foi menor. Em outro experimento em que o solo havia recebido maior quantidade de fertilizantes, observou-se movimento de Ca⁺² até 45 cm após 2 anos da aplicação de 8, 16 e 24

⁴⁸VIDOR, C.; FREIRE, J. R. J. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a fixação simbiótica do nitrogênio pela soja (*Glycine max* (L) Merrill). **Agronomia Sulriograndense**, v. 7, p. 181-190, 1972.

⁴⁹MENDEZ, J.; KAMPRATH, E. J. Liming of Latossols and effect on phosphorus response. **Soil Science American Journal**, v. 42, p. 86-88, 1978.

⁵⁰ERNANI, P. R. ; BARBER, S. A., Com growth and changes of soil and root parameters as affected by phosphate fertilizers and liming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1309-1314, 1991.

⁵¹WEEKS, M. C.; LATHWELL, D. J. Crop response to lime in the Northeastern United States. In: **Soil acidity and liming**, R. W. Pearson Ed., **American Soc. of Agronomy**, n. 12, p. 233-259, 1967.

⁵²GONZALEZ-ERICO, E. **Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn in Oxisols of Central Brazil**. Raleigh, 1976, 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia). North Carolina State University.

Mg ha⁻¹ de calcário. FAGERIA (1991) também relata a lixiviação de cátions, Ca e Mg para a profundidade de 20-40 cm com aplicação de 6 a 12 Mg ha⁻¹ de calcário, mas foi observado após 3 anos de cultivos de arroz e feijão em solo de cerrado.

WRIGHT et al.⁵³, mencionado por ZIGLIO et al. (1999), demonstraram que o calcário dolomítico aplicado na dose de 8,1 Mg ha⁻¹ e misturado com esterco bovino na dose de (44,8 Mg ha⁻¹) ou EDTA (5,1 Mg ha⁻¹), aumentou o pH, o teor de Ca⁺² e diminuiu o Al⁺³ na sub-superfície do solo, obtendo-se esse efeito pela utilização dos materiais orgânicos.

FARINA e CHANNON (1988) aplicaram por 4 anos gesso (10 Mg ha⁻¹) e observaram um ganho no rendimento de grãos de 3,4 Mg ha⁻¹ e reduções no nível de Al trocável, e aumentos no subsolo de Ca⁺², Mg⁺² e de SO₄⁻²-S. Na camada de 30 a 60 cm, aumentou o pH em água, sendo benéfico o efeito do gesso sobre a densidade radicular (marcante entre 40 e 60 cm).

Por sua vez, QUAGGIO (1993), em experimento com soja em latossolo vermelho amarelo textura argilosa, usando 0, 3, 6 e 9 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico nas parcelas e 0, 2, 6, e 9 Mg ha⁻¹ de gesso nas sub-parcelas obtiveram, após 6 meses da aplicação de calcário, lixiviação de Ca e Mg e pequena influência no pH, até a camada de 40-60 cm. Para o gesso, o autor cita ter encontrado na camada superficial do solo quase todo Ca²⁺ e SO₄⁻², 2 meses após sua aplicação. Entretanto o movimento dos íons Ca²⁺, Mg²⁺ e SO₄⁻² foi acelerado após esse tempo e, em 18 meses quase todo o SO₄⁻² já havia sido lixiviado para camadas inferiores (a 60 cm), resultando nas camadas superiores do perfil apenas substituição parcial do Mg²⁺ por Ca²⁺ e pequeno acréscimo de bases trocáveis.

NOGUEIRA e MOZETO (1990), em experimento conduzido com seis solos originados de vegetação de cerrado, para estudar as interações químicas no solo com a aplicação de CaSO₄, CaCO₃ e CaCO₃ + CaSO₄, observaram que nos tratamentos em que se aplicou CaSO₄ ocorreu redução nos valores de pH, aumento dos teores de Ca⁺² e de SO₄. No entanto, para o Al⁺³ observou-se diminuição dos seus níveis trocáveis apenas para o latossolo roxo, nos outros solos diminuição

⁵³WRIGHT, R. J.; HERN, J. L.; BALIGAR, V. C.; BENNETT, O. L. . The effect of surface applied soil amendments on barley root growth in an acid subsoil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 16, n. 2, p. 179-192, 1985.

somente após incubação com CaCO_3 , para a formação de complexos solúveis neutros do tipo CaSO_4^0 , MgSO_4^0 e K_2SO_4^0 .

3.9.1 Efeitos da Incorporação do Calcário

OLIVEIRA et al. (1997), em seu estudo de 1989-1994, incorporaram 0, 2,2, 4,4, 6,6 e 8,8 Mg ha^{-1} de calcário dolomítico em um latossolo vermelho escuro (textura média) e observaram aumentos nos teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e saturação por bases e redução do Al trocável após 6 meses; a partir dessa amostragem os teores de Mg^{+2} estabilizaram-se aos 18 meses, os teores de Ca^{+2} e a saturação por bases evidenciaram acréscimos com menor intensidade, os quais atingiram o máximo aos 33 e 18 meses, respectivamente, indicando que a máxima reação do calcário na profundidade de 0-20 cm, ocorreu entre 18 e 33 meses. Com aplicação de doses crescentes de calcário, não observou-se mudanças nos teores de Ca^{+2} nas folhas de milho, mas houve acréscimos no rendimento de grãos e na concentração de Mg. Estimou-se que a máxima eficiência econômica da calagem ocorreria com a dose de 6,6 Mg ha^{-1} .

Já, FAGERIA (2001) num latossolo vermelho escuro distrófico (oxissolo) do cerrado, ao aplicar calcário nas doses de 0, 4, 8, 12 e 20 Mg ha^{-1} incorporadas com grade 30 dias antes da semeadura de milho adubado com 80 kg e N, 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 60 kg ha^{-1} de K_2O , sendo que durante dois cultivos repetiu-se a mesma adubação, observou aumento de 30% na produtividade com aplicação de 8 Mg ha^{-1} de calcário, o que resultou em aumento do pH, na relação Ca/Mg, Ca/K, da saturação por Ca^{+2} e da saturação de por Mg^{+2} . Os valores de pH, Ca^{+2} e Mg^{+2} foram aumentados tanto na camada superficial (0-20 cm) como sub-superficial (20-40 cm), principalmente nas doses mais altas.

ADAMS et al. (1967), em experimento conduzido a campo com forragem entre 1957 e 1963, em solo arenoso, onde aplicaram calcário calcítico e dolomítico na superfície e incorporado na camada de 0-15 cm nas dose de 0, 3, 4, 6, 7, 13,4 e 20,2 Mg ha^{-1} , mais outro tratamento que recebeu 6,7 Mg ha^{-1} e foi recalariado anualmente para manter o pH próximo de 6,5, todos adubados com 224 kg ha^{-1} de NH_4NO_3 no plantio mais 897 kg ha^{-1} dividido em 4 aplicações, não observaram diferenças significativas entre os tratamentos com dose de calcário nos primeiros 2

anos, sendo esta observada de forma significativa no 5º ano. Neste caso, com a dose de 20,2 Mg ha⁻¹ alcançou a maior produtividade de forragem. Assim como a re-aplicação do calcário preveniu reduções acentuadas do pH no perfil do solo e elevou o pH mesmo na profundidade 30 a 76 cm, porém os autores também observaram que a alta dosagem de calcário calcítico elevou o pH até 91 cm de profundidade, enquanto que o dolomítico a apenas 76 cm de profundidade. E, que quando utilizaram-se de calcário calcítico, observaram redução dos teores de Mg no perfil do solo. Ainda, ADAMS et al. (1967) citaram ABRUNA et al.⁵⁴, que declararam que a considerável a distribuição de Ca⁺² e Mg⁺² pode ser advinda da lixiviação destes, pelo uso de aplicações superficiais de calcário combinado com fertilizantes ácidos nitrogenados. Os resultados deste estudo indicaram que sob condições de alta fertilização com adubos nitrogenados, faz-se necessário prevenir a acidez do solo e a redução dos teores de Ca⁺² e Mg⁺², com a aplicação de doses de 20,2 e 24,7 Mg ha⁻¹ de calcário.

GARGANTINI et al. (1982), constataram que quantidades de cátions trocáveis aumentaram com a dose calcário aplicado. No entanto, nos tratamentos que além de calcário adubava-se com outros materiais, não foram observaram diferenças com aqueles tratamentos só com calcário, indicando que aplicação de fertilizantes a partir de nitratos, fosfatos e cloretos não concorrem para aumentar a lixiviação do Ca + Mg, o que não está de acordo com ADAMS e PEARSON⁵⁵, JACOBSON et al.⁵⁶, citados pelo referido autor.

MORELLI et al. (1987), em experimento com gesso e calcário aplicados em solos arenosos álicos, espalhados na superfície do solo e incorporados com grade e aplicados em sulco, na dose 2,0 Mg ha⁻¹ para o calcário e de 1,4, 2,8 e 5,6 Mg ha⁻¹ para o gesso, e de gesso+calcário de 1,4 e 1,0 Mg ha⁻¹, obtiveram os seguintes resultados: o calcário elevou o pH e aumentou a saturação por bases mas restringiu sua ação camada superficial, independentemente da maneira de aplicação; o gesso

⁵⁴ABRUNA, F. R.; PEARSON, W.; ELKINS JUNIOR, C. B. Quantitative evaluation of soil reaction and base status changes resulting from field application of residually acid-forming nitrogen fertilizers. *Soil Science American Process*. v. 22, 539 p., 1958.

⁵⁵ADAMS, F., PEARSON, R. W. Crop response to lime in the southern United States and Puerto Rico. In: *Soil Acidity and liming*, R. W. Pearson Ed., *American Society of Agronomy*, n. 12, p. 161-206, 1967.

⁵⁶JACOBSON, H. G. M.; SWANSON, C. L. W.; SMITH, E. Effect of various fertilizer cations and anions on soil reaction, leaching, nitrification of urea, and related characteristics in uncropped soil. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v. 65, p. 437-460, 1948.

proporcionou decréscimo na saturação por Al em profundidade, bem como aumento da saturação por bases até 75 cm de profundidade, independentemente da maneira de aplicação; e a aplicação de gesso + calcário aumentou a saturação de bases na superfície e promoveu decréscimo na saturação por Al em profundidade, o que neste caso levou a produtividade de cana-de-açúcar ser superior àqueles tratamentos onde só se utilizou o calcário.

WEIRICH NETO et al. (2000), trabalhando com parcelas subdivididas, utilizaram 5 tratamentos, a saber: arado de disco mais 2 gradagens, grade aradora mais 2 gradagens, enxada rotativa, arado escarificador mais 2 gradagens e a aplicação superficial com quatro doses de calcário dolomítico (0, 2,8, 6,6, 10,3 Mg ha⁻¹), utilizando-se o milho como planta teste. Foi observado pelos autores que o modo de incorporação, afeta a eficiência da neutralização da acidez em relação à profundidade no perfil. Houve elevação da saturação por bases do solo até a camada de 20 cm, 15 cm e 10 cm, respectivamente, para enxada rotativa, arado de disco ou grade aradora e arado escarificador ou calcário distribuído na superfície do solo. Três meses após a calagem, mesmo tendo ocorrido uma precipitação de 656 mm, os valores de saturação por bases estimados não foram alcançados, independentemente do modo de incorporação do calcário. Com o aumento das doses observou-se aumento no rendimento de grãos de milho, e este foi maior quando da incorporação do calcário.

3.9.2 Calagem no Plantio Direto e a Produtividade das culturas

Os efeitos da aplicação superficial de calcário (elevação de pH, do Ca, Mg e neutralização do Al trocável) normalmente restringem-se às suas zonas de aplicação ou imediatamente abaixo delas (POTTKER ; BEN⁵⁷ citado por ERNANI et al., 2001).

PAVAN³³ citado por OLIVEIRA et al. (1997), ressalta a importância da correção da acidez da sub-superfície dos solos, pelo deslocamento mecânico de

³³PAVAN, M. A .Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo de cobertura vegetal em pomares de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 86-91, 1994.

⁵⁷POTTKER, D.; BEN, J. R., Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 22, p. 675-684, 1998.

partículas de calcário através de canais formados por raízes mortas de plantas daninhas e aveia, utilizada como cobertura verde.

PAVAN e ROTH⁵⁸ citados por ZIGLIO et al. (1999), observaram quando da aplicação de calcário na superfície, um maior aumento nas concentrações de íons metálicos na solução lixiviada, atribuído à sua complexação por compostos orgânicos de baixo peso molecular no solo coberto com resíduos vegetais, onde simulou-se as condições plantio direto, que em outro descoberto.

AMARAL e ANGHINONI (2001) avaliaram os efeitos da reaplicação de calcário, com e sem a incorporação em solos cultivados sob o sistema plantio direto em experimento com milho em sucessão à aveia instalado em 1988, e cultivada anualmente essa sucessão, sendo que em 1992 recebeu a primeira re-aplicação de calcário quando as parcelas foram divididas em duas partes: metade com a incorporação do calcário a 17 cm de profundidade por meio de duas arações e de uma gradagem; e metade com aplicação superficial de 3,4 Mg ha⁻¹ de calcário buscando-se elevar o pH SMP a 6,0. Durante esse período em 1996 aplicou-se para o milho 2,5 Mg ha⁻¹, adubação a lanço, 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e de 60 kg ha⁻¹ de K₂O e 150 kg ha⁻¹ de N (distribuída em três aplicações). Nesta ocasião amostrou-se o solo a cada centímetro a partir da superfície até cinco centímetros, aos 30 dias, 60 dias, 90 dias, 180 dias e 360 dias. A avaliação das características químicas obtidas desta amostragem a partir da superfície do solo mostra que, em apenas 90 dias após a aplicação do calcário superficial, já se verificavam efeitos em até três centímetros de profundidade, com aumentos de Ca e de Mg e neutralização da acidez do solo (pH e Al). Isto indica que aplicação de calcário altera até a profundidade de quatro centímetros a partir da superfície do solo no sistema de plantio direto consolidado os valores de pH, Al, Ca e Mg trocáveis, e os valores de Ca e Mg na solução, até dois centímetros no período de um ano.

TISSI (2001) não observou aumento na produtividade do milho nem tampouco aumentos nos teores foliares de Ca com as doses de 0, 1, 2, 3 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico na superfície em sistema plantio direto. No entanto, observou aumento no pH CaCl₂, no Ca, no Mg e na saturação por bases (V%) na camada 0-10 cm após 22

⁵⁸PAVAN, M. A.; ROTH, C. H. Effect of lime and gypsum on chemical composition of runoff and leachate from samples of Brazilian oxisol. *Ci. Cult.*, v. 44, p. 391-394, 1992.

meses da aplicação de calcário, sendo que na camada de 20-40 cm, também houve diminuição do Al trocável.

MIRANDA e MIRANDA (2000), em solo glei pouco húmico argiloso aplicaram doses de 0, 2, 4, 6 e 8 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico a lanço onde a partir de 4 anos cultivou-se milho em rotação com a soja durante 7 cultivos. No 5º e 7º cultivo, a produtividade do milho foi significativamente maior, respectivamente a partir das doses de 4 e 6 Mg ha⁻¹. Assim, para doses de 6 e 8 Mg ha⁻¹ de calcário, os valores de saturação por bases e de Ca e Mg trocáveis ainda permaneceram em níveis adequados até o início do 6º cultivo (ou 10º ano após aplicação do calcário). Análise química do perfil do solo após 10º ano da aplicação revelou que o pH, os teores de Ca+Mg trocáveis e a saturação por bases aumentaram com a calagem, principalmente, nas doses mais altas e nas camadas de 40 a 60 cm de profundidade, o que pode ter beneficiado o sistema radicular, refletindo-se em maiores produtividades.

CAIRES et al. (2000), em área de plantio direto há 15 anos, aplicaram 2, 4 e 6 Mg ha⁻¹ de calcário a lanço na superfície do solo, e ao avaliarem no período de 1993 a 1998 seus efeitos, perceberam grande ação da calagem no aumento do pH, Ca + Mg trocáveis, e na saturação por bases, e na redução da acidez potencial até 10 cm de profundidade, 12 meses após a aplicação. Os aumentos mais pronunciados no pH, Ca + Mg e V% e maior redução na acidez potencial da camada de 10-20 cm ocorreram somente 28 meses após a aplicação do calcário. Já, a produtividade de grãos da sucessão de culturas em rotação neste sistema não foi influenciada significativamente pela calagem. No entanto, os autores observaram diferenças na produção acumulada de grãos verificando redução na produtividade quando do emprego das doses mais elevadas atribuída à diminuição da absorção de Zn e Mn, decorrente da diminuição destes na solução do solo. Concluíram ser a calagem superficial recomendada apenas para solos com pH CaCl₂ inferior a 5,6 e saturação de bases inferior a 65%, na camada de 0-5 cm.

A menor resposta das culturas à calagem no sistema plantio direto pode estar relacionada com o menor efeito tóxico do Al, decorrente da formação de complexos orgânicos solúveis presentes nos restos de plantas (MIYAZAWA et al.⁵⁹, citados por CAIRES et al., 1999), ou da possibilidade de os teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} apresentarem em disponibilidade suficiente no perfil do solo para manter o equilíbrio com alumínio (CAIRES et al., 1998).

RHEINHEIMER et al. (2000) aplicaram 1,2, 1,8 e 3,6 Mg ha^{-1} de calcário sobre a superfície do solo, em sistema plantio direto por 5 anos e que encontrava-se com pH 5,0 ao analisarem amostras de solo aos 6, 12, e 18 meses nas profundidades 0-2,5, 2,5-5; 5-10 e 10-15 cm, observaram que a aplicação não afetou o rendimento de nenhuma das culturas (milho, soja, grãos e a massa seca de aveia preta), mostrando que o solo indicava condições adequadas ao desenvolvimento das plantas, apesar de que o pH SMP determinava a necessidade de reposição de calcário. A saturação por Al^{+3} estava com valores baixos (saturação menor que 12%) e Ca e Mg trocáveis apresentavam valores médios (saturação por bases maior que 40%), decorrente provavelmente do efeito residual do calcário incorporado, aplicado 6 anos antes. Observaram que o calcário adicionado na superfície do solo no sistema plantio direto aumentou o pH, os teores de Ca e Mg e diminuiu os teores de Al trocável apenas até a profundidade de 5 cm, e após 18 meses da sua aplicação, atribuindo isto à baixa acidez do solo e ao pequeno volume de solo em contato com o calcário o que limitou sua dissolução.

CAIRES et al. (1998) constataram que a aplicação de calcário num latossolo vermelho escuro sob plantio direto com pH CaCl_2 de 4,5 e 32% de saturação por bases e 18% de saturação por alumínio, na camada de 0-20 cm, não levou a soja cultivada nessas condições a manifestar resposta à calagem.

Em avaliação da fertilidade do solo de 40 áreas sob plantio direto localizadas na região dos Campos Gerais do Paraná, SÁ (1993) constatou valores de pH entre 4,0-4,7 na profundidade de 30-40 cm. O autor ao estudar a distribuição do Ca + Mg observou um maior teor destes na camada superficial (maior que $7,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas camadas de 0-10 e 10-20 cm) e valores menores que $3,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas camadas

⁵⁹MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; SANTOS, J. C. F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., Belo Horizonte, 1996. **Abstract**. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/EMBRAPA-CPAC, 1996. p.8.

de 20-30 e 30-40 cm. O autor observou uma maior concentração de nutrientes na camada de 0-10 cm, onde os teores de matéria orgânica foram mais elevados, sendo que o nível de fósforo abaixo de 10 cm foi inferior a 3 ppm em mais de 70% das áreas, os valores de K superiores a $0,45 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 10 cm em 57% das áreas, e entre 0,0 e $0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na profundidade de 30-40 cm. A saturação por bases (V%) média foi de 40% e a produtividade média de milho foi de 7280 kg ha^{-1} .

3.10 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO E A QUALIDADE DOS CORRETIVOS

A eficiência de um corretivo da acidez depende de seu conteúdo em material neutralizante, de sua granulometria e da natureza da sua composição. O poder de neutralização de um corretivo demonstra a sua capacidade de neutralizar a acidez, é representado em equivalente de carbonato de cálcio, o qual permite comparação com uma mesma base de corretivos diferentes (RAIJ, 1991). Segundo ALCARDE (1983), os materiais considerados corretivos da acidez dos solos são aqueles que contêm carbonatos, óxidos, hidróxidos ou silicatos de cálcio e magnésio. Entretanto, ALCARDE e RODELLA (1996) ressaltam que devido diferirem na natureza química, esses constituintes apresentam também diferentes capacidades de neutralização da acidez, e que a comparação da ação neutralizante é contornada com base no princípio da equivalência química, na qual as reações químicas ocorrem em igualdade de número de equivalentes e não de massa, possibilitando-se ainda calcular a capacidade de neutralização relativa de cada um dos constituintes neutralizantes, tomando-se como padrão o carbonato de cálcio. Essa forma padronizada de expressar a ação neutralizante dos corretivos é que permite a comparação entre produtos de natureza diferentes.

Segundo TEDESCO et al. (1995), os corretivos da acidez do solo mais comuns são o calcário, a cal, a cal hidratada, as cinzas e alguns adubos orgânicos (como esterco de poedeiras) que possuem efeitos alcalinizantes.

A reação dos corretivos é também muito afetada pela textura dos materiais utilizados medida pela Eficiência Relativa (ER). Sendo o índice PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) o que integra dados do PN e de ER para um corretivo (RAIJ, 1991).

ALCARDE e RODELLA (1996) ressaltam que para caracterizar o PN dos corretivos da acidez do solo pode-se utilizar do E_{CaCO_3} calculado pelos teores de Ca e Mg expressos em CaO e MgO. Os autores citam que a granulometria tem maior influência na determinação do PN, influenciando pouco o teor do CaO e quase nada o de MgO mas não justifica plenamente as diferenças entre o E_{CaCO_3} calculado o E_{CaCO_3} determinado, apesar de o ataque de uma amostra para o determinação do Ca e Mg ser muito mais enérgico do que para a determinação do PN (digestão branda). Assim, embora do ponto de vista químico sendo mais enérgica a digestão do que a ação solubilizante do corretivo no solo sobre frações de Ca e Mg não solubilizados no extrato da determinação do PN podem não ser aproveitáveis para a correção da acidez e para as plantas.

3.11 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DA CULTURA DE MILHO

FANCELLI e DOURADO-NETO⁶⁰ citados por GADIOLI (2000) dizem que híbridos tardios de milho apresentam exigência térmica (GD) para o florescimento superior a $890^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, enquanto a exigência de híbridos precoces é superior a $831^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ e inferior a $890^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, e híbridos super-precoces inferior a $830^{\circ}\text{C dia}^{-1}$. As cultivares superprecoces caracterizam-se por apresentar florescimento masculino abaixo de 60 dias, são de porte baixo, atingindo o máximo do seu potencial produtivo em densidade de 55 mil plantas/ha. Por suas características, são adequadas para semeaduras tardias, e pelo seu menor ciclo, têm geralmente potencial produtivo menor e maior susceptibilidade às condições de estresses, tendo necessidade de soma térmica de até $830^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ para atingir 50% do florescimento masculino. O consumo de água na cultura gira em torno de 600 mm, sendo que apenas dois dias de stress hídrico no florescimento diminui o rendimento em mais de 20%, 4 a 8 dias em torno de 50% (EMBRAPA, 1993a).

GADIOLI (2000) ao testar três híbridos (2 super-precoces, e 1 normal) semeados em três diferentes épocas (entre 1º e 18 de setembro, 2 e 20 de outubro e 3 e 9 de dezembro) perceberam que à medida em que a semeadura era retardada,

⁶⁰FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETTO, D. Milho: ecofisiologia e rendimento. In: TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE MILHO. Piracicaba, v. 1, p. 157-170, 1997. **Trabalhos apresentados**. Piracicaba, 1997.

ocorria redução no ciclo, função do encurtamento da fase vegetativa e diminuição no número médio de grãos por espiga bem como na massa média.

EMBRAPA (1993b), ressaltando ser um dos maiores responsáveis pela baixa produtividade de milho no Brasil o baixo estande das lavouras, recomenda para a população final de milho 40 a 60 mil plantas ha^{-1} , números estabelecidos em função da cultivar, em função das condições de solo e disponibilidade hídrica. Para tanto espaçamentos podem variar de 0,8 a 1,1 m.

3.12 AVALIAÇÃO DOS TEORES DE CÁLCIO NO SOLO

Há uma grande variabilidade nas características químicas e físicas de um solo, mesmo em uma área vista como uniforme segundo suas características visíveis (topografia, cor e vegetação). Quanto mais heterogêneo o solo, maior deve ser o número de amostras coletadas, para que se atinja maior exatidão na avaliação de suas características (SILVEIRA et al., 2000).

SILVEIRA et al. (2000), em experimento onde tinha-se 3 sistemas de preparo do solo, aração com aiveca, gradagem e aração e plantio direto conduzidos por 5 anos, amostrou-se as profundidades de 0-5 cm e 5-20 cm do solo, com objetivo de avaliarem características químicas de um latossolo vermelho-escuro, observaram maior amplitude na variação dos resultados para o plantio direto. Tais resultados, em razão do não revolvimento do solo, apresentaram maior variabilidade. A maior concentração de Ca e Mg, nos primeiros 5 cm da camada arável, mostraram uma real concentração desses elementos na camada superficial, decorrente da calagem realizada no 4º do cultivo, sem incorporação, e da adsorção desses dois elementos pelas cargas negativas da superfície do solo.

Considerando-se que o número mínimo de sub-amostras do solo é diretamente proporcional ao coeficiente de variação (C.V.), quanto maior o C.V., maior será o número necessário de sub-amostras a serem coletadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi realizado em Palmeira-PR, na fazenda Santa Terezinha, propriedade da Agropecuária Grão Forte LTDA, localizada na microbacia do Rio Pulgas, compreendida entre as latitudes de 25° 23' a 25° 30' S e entre longitudes de 49° 55' a 50° 05' W de GR. A principal via de acesso ao experimento é a BR 277 que corta transversalmente a microbacia no sentido leste-oeste, sendo esta situada a leste da cidade de Palmeira que por sua vez, adentra sua parte oeste.

A área experimental está inserida na região denominada de "Campos Gerais do Paraná", pertencente ao que MAACK (1968) classifica como Segundo Planalto Paranaense, cuja altitude varia de 800 a 960 m acima do nível do mar. A topografia em que se insere a área experimental possui relevo suavemente ondulado e sua geologia consiste no Arenito Furnas, formação que mergulha suavemente no sentido oeste, e que em muitos lugares está coberta por sedimentos flúvio-glaciais, formando o que se denomina de arenito "Vila Velha", ou seja, tal planalto, em parte é representado pela Folha Quero-quero que abriga a microbacia em questão e é composto por camadas sedimentares, possuindo suave inclinação no sentido sudoeste (BIGARELLA, 1966).

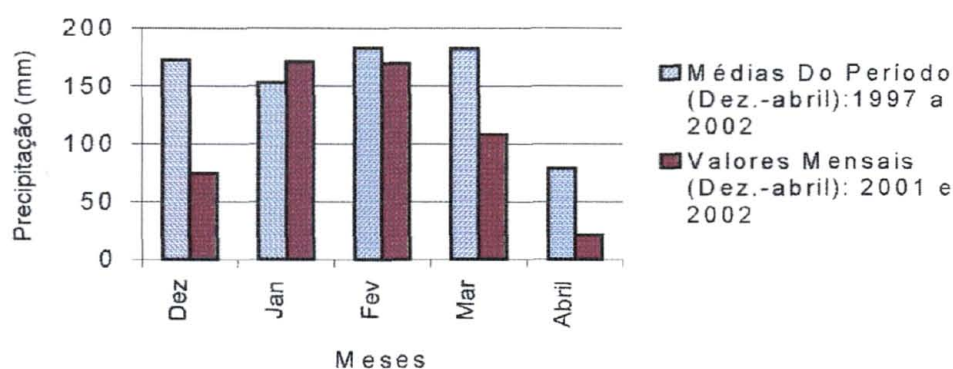
Segundo CODEPAR (1965), as rochas da microbacia do Rio Pulgas são pertencentes à formação Furnas e Itararé, estando provavelmente a Fazenda Santa Terezinha localizada sobre tal formação. Geologicamente, a Formação Itararé é de maior abrangência nesta microbacia, sendo composta por arenitos e por argilitos síltico-conglomeráticos (CODEPAR, 1965).

De acordo com IAPAR (1994a), a região em que está inserida o experimento apresenta precipitação média anual de 1500 mm, temperatura média anual de 19°C, e temperaturas mínimas e máximas, médias anuais, de respectivamente de 13°C a 24°C. A média anual da umidade relativa do ar gira em torno de 80%, a insolação entre 1800 e 2000 horas ano⁻¹, o número de dias com geadas oscila entre 1 a 10, e a direção predominante do ventos é NE. O clima, segundo a classificação de

Köppen é caracterizado como Cfb (subtropical úmido, mesotérmico, com ventos frescos, geadas severas freqüentes no inverno, e sem estação seca definida).

Para o período da experimentação de 18 de dezembro de 2001 a 30 de abril de 2002 foram obtidos os dados de precipitação pluvial, referentes às chuvas ocorridas na estação meteorológica (SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná) de Ponta Grossa, cujas médias estão representadas na Figura 1. Tal período é àquele compreendido entre a aplicação do NureSoil no experimento até a segunda coleta de solo (Tempo 2) realizada após a colheita do milho, correspondendo à precipitação pluvial acumulada de 475,8 mm.

FIGURA 1 - MÉDIAS MENSAIS DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL EM PONTA GROSSA.



FONTE: SIMEPAR (2002)

Os solos de ocorrência na área experimental pertencem, segundo LARACH et al. (1984), à unidade de mapeamento Ca23: Cambissolo Háplico Tb A proeminente textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia, relevo suave ondulado, que ocorre juntamente com outros na região do entorno da fazenda na forma de uma associação.

O Cambissolo Háplico da unidade Ca23 apresenta as características descritas no Quadro 1:

QUADRO 1 - CARACTERÍSTICAS DO CAMBISSOLO HÁPLICO Ca23

CARACTERÍSTICA	SIMBOLOGIA	DESCRIÇÃO
CLASSE	III	SOLO DE POTENCIAL MODERADO SEM RESTRIÇÕES
Profundidade	2	Moderada – com citação de pouca profundidade
Textura	0	Textura argilosa (35-60% de argila)
Erosão	1	Ligeiro - solos argilosos em relevo suave ondulado
Drenagem	0	Nula – solos bem drenados
Relevo	1	Suave ondulado (3-8%)
Pedregosidade	0	Nulo – sem fase pedregosa
Hidromorfismo	0	Solo sem indicação de hidromorfismo

FONTE: LARACH et al. (1984).

A caracterização química do solo antes da aplicação do NureSoil Tempo 1 (24/agosto/2001) pode ser observada na Tabela 5:

TABELA 5 – ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO NO TEMPO 1 (24/AGOSTO/2001). MÉDIA DAS 24 PARCELAS - 2001

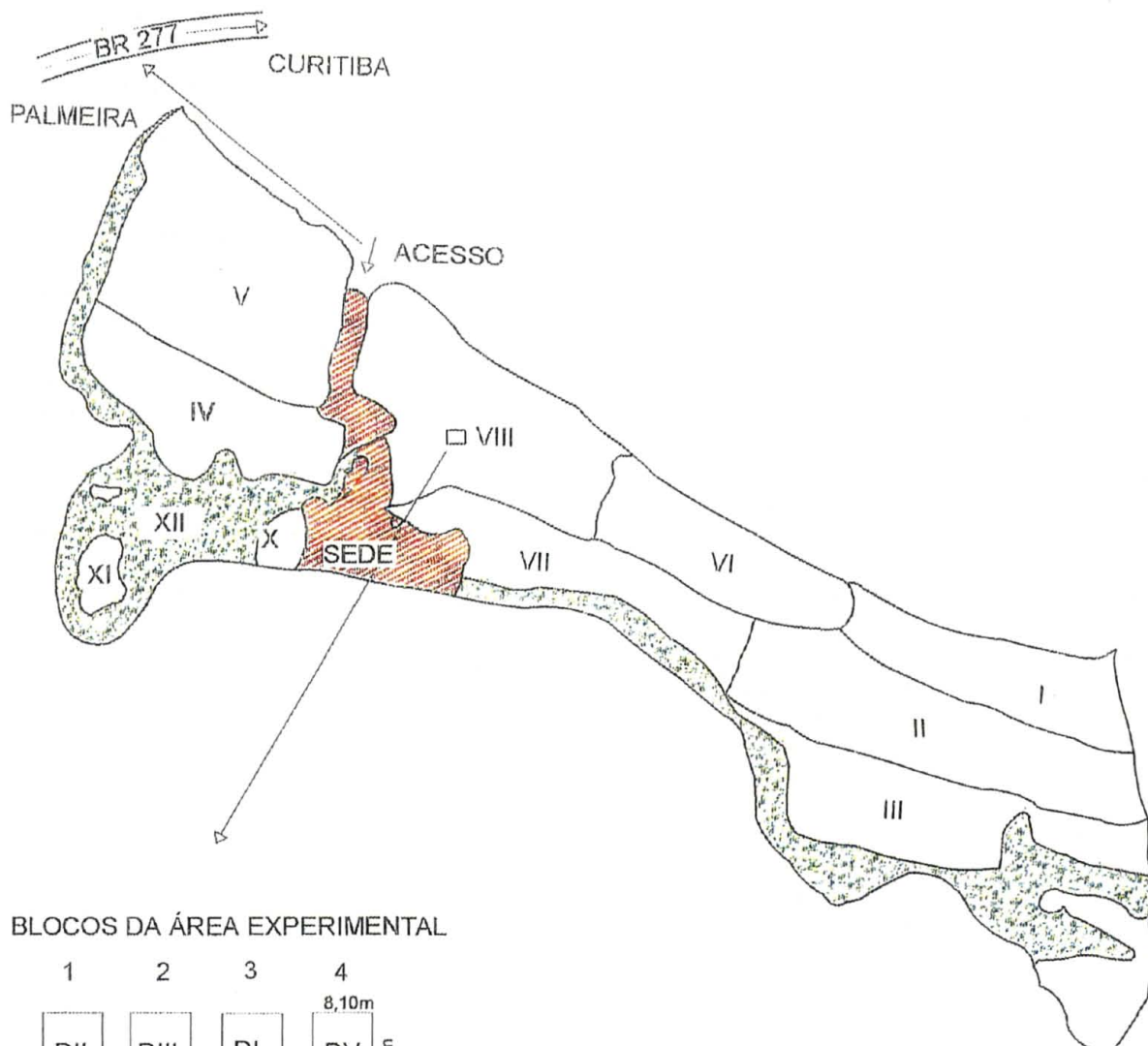
Prof. (cm)	pH CaCl ₂	pH SMP	P	Al	H + Al	Mg	Ca	K	CTC total	C	V
			mg kg ⁻¹cmol _c dm ⁻³						g kg ⁻¹	%
0-5	5,4	6,0	28,20	0,02	5,10	2,92	5,04	0,26	13,23	29,42	61,5
5-10	5,4	6,0	17,01	0,10	5,26	2,53	4,64	0,12	12,50	24,29	58,2
10-15	5,0	5,7	10,83	0,28	6,74	2,36	3,75	0,09	12,90	26,62	48,3
15-25	4,8	5,5	6,23	0,60	7,15	1,92	3,33	0,11	12,59	24,19	42,3
25-35	4,5	5,3	5,20	1,53	8,75	1,08	1,88	0,06	11,66	19,41	25,9
35-45	4,5	5,3	3,07	1,90	8,85	1,40	1,10	0,07	11,16	18,23	20,6
45-55	4,3	5,2	2,94	2,21	9,29	1,32	0,67	0,09	11,46	16,99	16,2

FONTE : Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UFPR.

4.2 HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Anteriormente à instalação do experimento, a área vinha sendo cultivada sob plantio direto com soja (*Glycine max merid*), milho (*Zea mays*) para a produção de grãos e aveia preta (*Avena strigosa*) para cobertura do solo. Nesta obteve-se como médias para as safras 1998/99, 1999/00 e 2000/01 os seguintes índices de produtividade de grãos para soja: 2975, 3446 e 3100 kg ha⁻¹. Para o milho obteve-se nas safras 1998/99 e 1999/00 respectivamente, 6694 e 7934 kg ha⁻¹ de grãos. A aveia foi usada como cobertura na safra de inverno de 2001. Ou seja, a rotação de culturas utilizada no período que antecedeu a instalação do experimento no talhão VIII da Fazenda Santa Terezinha (Figura 2) foi a seguinte: inverno de 2000 aveia preta para cobertura, safra 2000/01 soja, inverno de 2001 aveia preta seguida por papuã (*Brachiaria plantaginea*) e safra 2001/2002 milho.



FIGURA 2 – CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DA FAZENDA SANTA TEREZINHA E DA ÁREA EXPERIMENTAL PALMEIRA/PR – 2001.



BLOCOS DA ÁREA EXPERIMENTAL

1	2	3	4
DII	DIII	DI	DV
AM	DV	DIV	DII
DIV	DI	AM	DIII
DV	DII	DV	DIV
DI	DIV	DIII	AM
DIII	AM	DII	DI

8,10m
12m

 PRESERVAÇÃO PERMANENTE
 ÁREA DE SEDE
 FAZENDA SANTA TEREZINHA
 PALMEIRA-PR
 ESCALA: 1:14600
 ÁREA TOTAL: 242,5ha

Na safra 2000/01 para a soja adubou-se toda a área (Figura 2), com 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (0-18-0) mais 150 kg ha⁻¹ de KCl em cobertura (YAMAGUCHI, 2001), inclusive aquela que posteriormente foi utilizada para o experimento.

4.3 NURESOIL E SUA ORIGEM

Produto originado do tratamento experimental do lodo (biossólido) de suínos de uma lagoa anaeróbica que armazenava por mais de 3 anos dejetos de uma UPL (unidade de produção de leitões) que criava leitões sob o sistema de integração com a indústria frigorífica utilizando-se um sistema intensivo de lavagem das pocilgas. Tal processo permitiu o arraste de sólidos que ao longo desse tempo depositou-se no fundo da lagoa na forma de lodo (biossólido), que então foram retirados através de uma retro-escavadeira. Tal biossólido foi então carregado por uma caçamba transportadora de detritos e, levada para uma estação piloto estabelecida na mesma propriedade conduziu-se o experimento então foi processado experimentalmente pelo "Processo de Estabilização Alcalina Avançada com Secagem Acelerada" (Processo N-Viro). O resultado de tal procedimento foi um produto granulado aqui simplesmente denominado de NureSoil (biossólido de dejetos de suínos tratados pelo Processo N-Viro).

4.4 CARACTERIZAÇÃO DO NURESOIL E BIOSSÓLIDO DE DEJETOS DE SUÍNOS

4.4.1 Análises e Características do Biossólido de Dejetos de Suínos e do NureSoil

Amostras de biossólido de dejetos de suínos foram coletadas antes do seu processamento pelo Processo N-Viro em três pontos na caçamba de transporte (parte superior, intermediária e inferior). Nestas caracterizou-se o teor de umidade e de sólidos, o pH, e o teor total de Ca⁺² e Mg⁺². Antes do seu processamento experimental, o biossólido de dejetos de suínos apresentou umidade média de 81,5%, e teor de sólidos totais de 18,5%. Após o tratamento imediatamente, antes de ser aplicado a campo o biossólido já tratado (NureSoil) foi caracterizado quanto

ao seu teor de umidade e de sólidos, pH, teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} totais, Eficiência Relativa granulométrica (ER), Poder de Neutralização (PN) e Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) conforme metodologia proposta por TEDESCO et al., (1995).

A umidade tanto do biossólido de dejetos de suínos como do NureSoil (biossólidos de dejetos de suínos tratados) foi determinada à temperatura de 65-70° C, expondo-se as amostras por 48 horas em estufa dentro de uma capela. Para tanto utilizou-se de 20 gramas e duas repetições. Após seu tratamento o já NureSoil apresentava-se em média com 22,7% de umidade, e teor de sólidos de totais de 77,3%.

4.4.2 pH do Biossólido de Dejetos de Suínos e do NureSoil

Ou seja, a determinação do pH foi efetuada pesando-se 10 gramas dos materiais em seu estado natural (sem secagem), adicionou-se água deionizada numa relação 1:1, agitando com bastão de vidro. Após período de repouso de 30 minutos, esta foi agitada novamente para leitura no potenciômetro. O resultado obtido foi a média de 3 repetições.

4.4.3 Teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} do Biossólido de Dejetos de Suínos e do NureSoil

a) A quantificação dos teores totais de Ca^{+2} e Mg^{+2} dos biossólidos (tratados ou não pelo Processo N-Viro) se deu segundo metodologia de JONES e CASE (1990), pesando-se aproximadamente 2g de material em triplicata. Os teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica (E.A.A.).

b) Para a determinação da Eficiência Relativa granulométrica (ER) e granulometria do NureSoil utilizou-se de peneiras ABNT nº 10, 20 e 50 (2,0, 0,84, e 0,30 mm, conforme TEDESCO et al. (1995) e RAIJ (1991), nas quais foram peneirados 100 gramas de NureSoil (secas a 105°C) ao quê aplicou-se a fórmula abaixo:

$$\text{ER (\%)} = (\text{fração} > 2,0 \text{ mm} \times 0) + (\text{entre } 2,0 \text{ e } 0,84 \text{ mm} \times 0,2) + \\ (\text{entre } 0,84 \text{ e } 0,30 \text{ mm} \times 0,6) + (< 0,30 \text{ mm} \times 1,0)$$

A determinação do Poder de Neutralização (PN) nos biossólidos se deu conforme metodologia de TEDESCO et al., (1995). Pesou-se 1g de amostra seca e também úmida, mas não moída, a 105° C por 24 horas em triplicata, adicionou-se 50 ml de HCl 0,5 N (padronizado com TRIS - Tris-hidroximetil amino metano) solução que levado a fervura por 5 minutos foi titulada com NaOH 0,25 N. Os cálculos utilizados para determinação do PN foram os seguintes:

$$\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} \text{ de H}^+ \text{ adicionado} = \text{mol}_c \text{ L}^{-1} \text{ HCl} \times 50$$

$$\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} \text{ de OH}^- \text{ utilizado} = \text{mol}_c \text{ L}^{-1} \text{ NaOH} \times \text{mL gastos na titulação}$$

$$\text{PN}(\% \text{ CaCO}_3 \text{ equivalente}) = (\text{mmol}_c \text{ L}^{-1} \text{ de H}^+ - \text{mmol}_c \text{ L}^{-1} \text{ de OH}^-) \times 5 / \text{g amostra}$$

O PN foi obtido também por cálculos, a partir dos teores totais analisados de Ca^{+2} e Mg^{+2} , conforme metodologia de TEDESCO et al. (1995), ALCARDE e RODELLA (1996), descritos abaixo e os resultados apresentados na Tabela 6 :

$$\text{CaO} = \text{Ca}\% \times 1,40$$

$$\text{MgO} = \text{Mg}\% \times 1,66$$

$$\text{PN} = \%(\text{E}_{\text{CaCO}_3}) = \text{CaO}\% \times 1,79 + \text{MgO}\% \times 2,48$$

TABELA 6 - TEORES MÉDIOS DE Ca E Mg, CaO, MgO E PN CALCULADO E DETERMINADO NOS BIOSSÓLIDO DE DEJETOS DE SUÍNOS E NURESOIL UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DAS DOSAGENS E DOS TRATAMENTOS - 2001

Material	Ca	Mg	CaO	MgO	PN calculado	PN determinado
%					
NureSoil úmido	17,08	6,04	23,91	10,03	67,67	65,18
NureSoil seco	19,78	6,08	27,69	10,09	74,58	77,88
Biossólido suínos	0,94	0,19				

A diferença encontrada entre os valores de PN determinado por titulação e o calculado pelo teor de Ca e Mg, estão em acordo com ALCARDE e RODELLA (1996), que ressaltam que para um mesmo corretivo da acidez do solo podem haver dois resultados distintos para uma mesma amostra, o determinado e o calculado, sendo o PN calculado normalmente maior uma vez que para obtenção dos teores de Ca e Mg o ataque das amostras é muito mais enérgico do que aquela sofrida na determinação titulométrica, mais branda (PN determinado), embora neste caso para o PN seco o teor calculado tenha sido inferior ao determinado.

O PRNT do NureSoil foi calculado conforme a seguinte equação, segundo TOMÉ (1997):

$$\text{PRNT}(\%) = (\text{PN} \times \text{ER}) / 100$$

PN = Poder de neutralização (% de CaCO_3)

ER = Eficiência reativa das partículas

4.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento consistiu num Delineamento de Blocos ao Acaso com 6 tratamentos e 4 repetições (blocos) totalizando 24 parcelas tendo sido demarcado em 22 de agosto de 2001. Cada parcela possuía 8,10 m de largura por 12 m de comprimento, ou seja, uma área total de 2362,8 m² e área útil descontada as bordaduras de 2332,8 m² (Figura 2).

As doses NureSoil (biossólido de dejetos de suínos tratados) foram estabelecidas com base no Poder de Neutralização (PN determinado) de 65,18% do produto base úmida (Tabela 7) e nos métodos para recomendação de doses de corretivos da acidez do Al x 2 (método do alumínio trocável), da Saturação por bases para esta atingir 60%, 70% e 80% e o SMP para pH em água a atingir 5,5, 6,0 e 6,5. Para tanto utilizou-se do resultado analítico apresentado na Tabela 7, ajustando-se as doses obtidas dos referidos métodos para a camada de 0-5 cm, ou seja, para 500000 kg de solo já que na ocasião o pH CaCl_2 das camadas superficiais encontrava-se entre 5,0 e 5,9. Não considerou-se o PRNT do NureSoil que situou-se ao redor de 2,46% (Apêndice 2).

TABELA 7 – DOSES DE NURESOIL (PN DE 65,18%) COM BASE NOS MÉTODOS ALUMÍNIO TROCÁVEL, SATURAÇÃO POR BASES (V%) E ÍNDICE SMP UTILIZADOS COMO REFERÊNCIA PARA O ESTABELECIMENTO DOS TRATAMENTOS (MÉDIA DE 24 PARCELAS) - 2001

Amostras (cm)	Al x 2	V% para 60%	V% para 70%	V% para 80%	SMP pH 5,5	SMP pH 6,0	SMP pH 6,5
.....Mg ha ⁻¹							
0 a 5 ⁽¹⁾	0,0	0,1	0,5	1,0	0,8	1,4	2,1
5 a 10	0,1	0,1	0,6	1,1	0,8	1,4	2,1
10 a 15	0,2	0,6	1,1	1,6	1,2	2,1	3,0
15 a 25	0,5	0,9	1,4	1,9	1,6	2,6	3,6
25 a 35	1,2	1,6	2,0	2,4	2,0	3,2	4,3
35 a 45	1,5	1,7	2,1	2,6	2,0	3,2	4,3
45 a 55	1,6	1,7	2,2	2,7	2,0	3,2	4,3

NOTA: ⁽¹⁾ A recomendação das doses foi baseada na camada de 0 a 5 cm.

As doses de N, P_2O_5 e K_2O foram as estabelecidas conforme BARTZ et al., 1995. A recomendação da adubação total (NureSoil + adubação mineral) está descrita no Quadro 2, já o seu parcelamento em diferentes épocas apresenta-se no Quadro 3. A Testemunha, constituída por adubação mineral (AM) exclusiva foi estabelecida com vistas a se implementar a “melhor prática de adubação usada regionalmente”. Os demais tratamentos DI, DII, DIII e DIV testaram o efeito da aplicação de tal prática em adição à doses crescentes de NureSoil, que serviria como um corretivo do solo. Justifica-se a utilização de tal produto pelo seus teores extraíveis de nutrientes dos quais destaca-se seu teor Ca^{+2} sob forma mais solúvel que o calcário e suas características de corretivo da acidez do solo. O tratamento DV testou o efeito da redução de adubação mineral quando esta em parte foi complementada por dose intermediária de NureSoil. A aplicação das doses de NureSoil foi efetuada em 18 de dezembro de 2001 (Quadro 2). Justifica-se também a aplicação superficial em plantio direto de NureSoil pela possibilidade do carregamento do Ca nele contido para as camadas sub-superficiais. Aplicação dos demais nutrientes se deu concomitantemente ao plantio do milho.

A dose total de P_2O_5 e parte do N foi aplicada na forma de MAP (Fosfato monoamônio com 11% de N e 52% de P_2O_5) superficialmente. Para o N também aplicou-se Uréia (46% N) complementando-se à dose necessária para o plantio, o restante em duas coberturas, juntamente com a adubação potássica (KCl com 60% de K_2O), aos 19 dias (estádio V2) e aos 47 dias após a emergência (estádio V3-V4) respectivamente em 17 de janeiro de 2002 e 15 de fevereiro de 2002 (ver Quadro 3). As doses de NureSoil seu teor de umidade encontram-se no Apêndice 1.

QUADRO 2 - DOSES DE NURESOIL E ADUBAÇÃO MINERAL TOTAL NOS TRATAMENTOS

Doses	Descrição	NureSoil ⁽¹⁾	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg ha ⁻¹			
AM ⁽²⁾	Testemunha	0	120	98	100
DI	AM + Dose I NureSoil	500	120	98	100
DII	AM + Dose II NureSoil	1000	120	98	100
DIII	AM + Dose III NureSoil	2000	120	98	100
DIV	AM + Dose IV NureSoil	4000	120	98	100
DV	70 % AM + Dose V NureSoil	750	84	68,6	70

NOTAS: ⁽¹⁾ Doses em base úmida

⁽²⁾ Adubação mineral

QUADRO 3 - PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO MINERAL NA CULTURA DO MILHO PLANTIO, 1ª COBERTURA E 2ª COBERTURA

Dose	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	Plantio	1ª cob.	2ª cob.	Plantio	1ª cob.	2ª cob.	Plantio	1ª cob.	2ª cob.
kg ha ⁻¹								
AS	20,7	59,3	40,0	98	0	0	0	60,0	40,0
DI	20,7	59,3	40,0	98	0	0	0	60,0	40,0
DII	20,7	59,3	40,0	98	0	0	0	60,0	40,0
DIII	20,7	59,3	40,0	98	0	0	0	60,0	40,0
DIV	20,7	59,3	40,0	98	0	0	0	60,0	40,0
DV	14,5	41,5	28,0	68,6	0	0	0	42,0	28,0

4.5 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO (TRATOS CULTURAIS)

Anteriormente ao plantio do milho cobriu-se a área com aveia preta que foi dessecada em 28 de setembro de 2001 com Roundup (Glifosate 400 g L⁻¹) na dose de 3 L ha⁻¹ + 0,1% de óleo, 80 dias antes da aplicação do biofertilizante, o que resultou na infestação da área por papuã (*Brachiaria plantaginea*) levando à nova aplicação do mesmo herbicida antes do plantio do milho (*Zea mays* L.).

O plantio do milho realizado em 22 de dezembro de 2001, quatro dias após a aplicação do NureSoil (biofertilizante de dejetos de suínos estabilizados pelo Processo N-Viro). A cultura foi implantada num espaçamento de 80 cm, com 4 a 6 plantas por metro linear, utilizando-se a variedade SHS 5050 lote 19/01BL, híbrido triplo da

Santa Helena, Super Precoce (soma térmica 810 u.c.), grãos duros de cor laranja, florescimento aos 60 dias e maturação 120 dias. Tal cultivar foi selecionada com base em informações pessoais de FURLANI (2001), em arguido sobre cultivar sensível à acidez e ao alumínio, presente em profundidade, sugeriu esta como uma possível indicadora do efeito dos tratamentos sobre estes parâmetros nas camadas mais profundas do solo.

Em de 17 de janeiro de 2002, também pulverizou-se a área experimental com Primóleo (Triazina) na dose 7 L ha⁻¹ com 100 L de calda, utilizando-se pulverizador tratorizado com bicos 110 LD para o controle do papuã, misturando-se os inseticidas Talcord 250 CE (Permetrina a 70 mL ha⁻¹) e Match (Lufesuron a 300 mL ha⁻¹) para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera fugiperda*). Em 06 de fevereiro de 2002 realizou-se capina manual, devido ad estágio avançado de desenvolvimento das plantas daninhas, o milho encontrava-se com 38 dias após a emergência (estádio V3).

4.6 DESCRIÇÃO DA COLETA E METODOLOGIA DE ANÁLISES DE SOLOS

Antecedendo à aplicação dos tratamentos foi realizada a primeira coleta de solo (Tempo 1), em 24 de agosto de 2001 onde a aveia preta ainda encontrava-se com 15 cm de altura. Nesta oportunidade foram tomadas amostras à sete profundidade (0-5, 5-10, 10-15, 15-25, 25-35, 35-45, 45-55 cm) de cada parcela experimental. Estas por sua vez eram compostas por sete sub-amostras que, por ocasião de sua coleta, foram homogenizadas e embaladas em sacos plásticos já a campo. A segunda amostragem de solo (Tempo 2) foi realizada (03 de maio de 2002) 249 dias após a primeira, e 3 dias após a colheita do milho seguindo-se para tanto os mesmos critérios.

Amostras de solo foram secas à 60° C em estufa com ventilação de ar forçada, por cerca de 48 horas, moídas manualmente em grau de porcelana e peneiradas em peneira plástica de malha 2 mm. A terra fina seca à estufa (TFSE) foi então armazenada em sacos de polietileno para as análises químicas.

Todas as análises foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná em Curitiba - PR. Os solos foram analisados conforme metodologia publicada por PAVAN et al. (1992),

adaptada ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UFPR. As soluções extratoras para os fatores analisados encontram-se no Quadro 4.

QUADRO 4 - EXTRATORES E MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO PARA OS FATORES EDÁFICOS ANALISADOS

Fator	Solução extratora	Determinação
pH CaCl ₂	CaCl ₂	Potenciométrico
pH SMP	SMP	Potenciométrico
H + Al	SMP	Tabela pH SMP X H + Al
Ca + Mg	KCl 1 N (1:10)	Complexometria com EDTA 0,0125M
Ca	KCl 1 N (1:10)	Complexometria com EDTA 0,0125M
Al	KCl 1 N (1:10)	Titulação com NaOH
P	Melich 1 ⁽¹⁾	Colorimétrico
K	Melich 1 ⁽¹⁾	Fotometria de chama
C	Ox./ Dicromato	Colorimétrico ⁽²⁾

NOTAS: ⁽¹⁾ HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025 N

⁽²⁾ Método Colorimétrico de São Paulo

4.7 DESCRIÇÃO DA COLETA E METODOLOGIA DE ANÁLISES DE PLANTAS

4.7.1 Diagnose Foliar

Para a diagnose foliar dos níveis de Ca⁺² foram coletadas em 04 de março de 2002, 15 amostras por parcela de folha diagnose constituídas do terço médio da folha da base da espiga (1ª espiga de cima para baixo). Nesta oportunidade as plantas encontravam-se já 100% pendoadas e portanto no estágio fenológico R5-R6 (Anexo 1).

As amostras de folhas foram acondicionadas em pacotes de papel devidamente identificadas, e colocadas em estufa, sem lavagem, sendo secadas à temperatura de 65 a 70° C por 48 horas, conforme recomendações adaptadas de MALAVOLTA (1997) e RAIJ (1991). Após secagem retirou-se as nervuras centrais, e submeteu-se o material à moagem em moedor Fritsch Pulveruette 14 a 1000 rpm. O material já moído foi passado em peneira de 0,5 mm e acondicionado em embalagens plásticas devidamente identificadas.

A digestão das folhas se deu conforme JONES e CASE (1990), pesando-se 0,5 g da amostra em tubo de digestão e adicionado-se 5 mL de HNO₃ concentrado. Do extrato obtido na digestão nítrica retirou-se 1 mL ao qual adicionou-se 10 mL de

cloreto de estrôncio, mais 89 mL de água (diluição 1:100). O cloreto de estrôncio foi adicionado para evitar a interferência de cristais de fósforo e de alumínio na leitura. A leitura foi realizada no espectrofotômetro de absorção atômica (E.A.A.) Perkin-Elmer. O teor de Ca^{+2} foi determinado e quantificado segundo metodologia descrita no item 4.5.2.2.

4.7.2 Avaliações Biométricas do Milho

Em 02 de fevereiro de 2002 quando o milho encontrava-se com 6 a 7 folhas abertas, estágio fenológico V2-V3 (ver Anexo 1), e com 34 dias desde a sua emergência, avaliou-se os seguintes parâmetros: aspecto geral da parcela traduzido em nota por meio de avaliação visual, diâmetro do colmo e estande.

4.7.2.1 Avaliação visual das parcelas

Três pessoas avaliaram visualmente as parcelas, atribuindo uma nota que variou de 1 a 5. A nota 1 refere-se às características visuais próximas às encontradas na pior parcela e a 5 para à melhor. Levou-se em consideração a uniformidade da parcela, o vigor das plantas, sua sanidade, o diâmetro do colmo, e o número de plantas por parcela .

4.7.2.2 Altura das plantas

A partir de 2 metros da bordadura mediu-se 3 plantas por parcela aleatoriamente. Para tanto, utilizou-se de uma régua topográfica que foi colocada na base da planta que permitiu sua medida até a ponta da última folha que estava sendo emitida.

4.7.2.3 Diâmetro de colmo

Em 5 plantas aleatoriamente por parcela, mediu-se com uma trena, o diâmetro transversal à duas primeiras folhas opostas, próximas ao colo da planta (à 1 cm paralelo ao solo).

4.7.2.4 Estande

Para a avaliação do estande final contou-se as plantas contidas em 3 linhas de 12 m de cada parcela. Essas contagens foram realizadas em 25 de fevereiro de 2002 quando o milho encontrava-se com 57 dias desde a sua emergência (estádio V5 quando início da emissão do pendão).

4.8 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS

A colheita do milho foi realizada manualmente em 30 de abril e 01 de maio de 2002 quando a cultura encontrava-se com 126 dias desde a sua semeadura. Foram colhidas as 8 linhas centrais, deixando-se uma linha de milho de bordadura de cada lado, bem como 1 metro de distância no início e ao fim de cada parcela totalizando-se uma área útil de colheita de 64 m². Ainda no campo retirou-se a palha das espigas. Estas foram então pesadas no campo em balança de vara aferida (inmetro). Tomou-se a massa total de espigas de cada parcela, destas retirou-se aleatoriamente 10 espigas que foram embaladas em sacos plásticos para então, no laboratório, serem pesadas e debulhadas manualmente e, em seguida, terem seus grãos pesados. Por sua vez, destes grãos pesou-se duas amostras de aproximadamente 50 gramas cada, em balança de precisão Metler P 1200, essas amostras foram secas em estufa à temperatura de 105° C durante 72 horas, para determinação da umidade.

4.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas foram realizada no Tempo 1, para observar a homogeneidade da área e também para se ter um histórico dos atributos químicos do solo, e no Tempo 2 para determinar a influência dos tratamentos nos parâmetros edáficos. Realizou-se para cada profundidade a Análise de Variância (Anova) e Teste F (a 1% e 5%), sendo que as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5%.

Foram analisadas estatisticamente as seguintes variáveis do solo: pH CaCl₂, pH SMP, Ca⁺², Mg⁺², H, Al⁺³, H+Al e V% e na planta: altura média das plantas,

diâmetro de colmo, nota atribuída visualmente, teor de cálcio foliar e produtividade.

Os dados foram analisados pelo programa SPSS for Windows 10.0 (SPSS, 1999).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do Tempo 1 (24 de agosto de 2001) que referem-se aos fatores edáficos obtidos antes da aplicação do NureSoil e os do Tempo 2 (03 de maio de 2002), a 249 dias após a primeira amostragem Tempo 1, e quatro meses após a aplicação de NureSoil, bem como os teores de Ca^{+2} na folha e a produtividade da cultura de milho são apresentados e discutidos a seguir.

5.1 TEORES NO SOLO NO TEMPO 1

Os resultados analíticos obtidos para o solo no Tempo 1 (24/agosto/2001) antes da aplicação do NureSoil podem ser observado na Tabela 5 (em Material e Métodos). Observa-se a partir dos dados analisados no Tempo 1, a uniformidade na área experimental, através dos níveis de acidez ativa média (pH CaCl_2 entre 5,1 e 5,5) até a camada de 0-10 cm, e abaixo desta, até a camada de 45 cm níveis de acidez elevada (4,4 a 5,0) e na camada de 45-55 cm muito elevada segundo classificação publicada em TOMÉ (1997).

CAIRES et al. (2000) concluíram que a aplicação de calcário em superfície em área de plantio direto deve ser realizada em solos que possuam pH CaCl_2 inferior a 5,6 e saturação de T por bases menor que 65% na camada de 0-5 cm, o que pode ser também visualizado na Tabela 5 (em Material e Métodos).

Os teores de Al encontravam-se em níveis baixos na superfície (menor $0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), já a partir de 25 cm suas médias encontravam-se superiores a $1,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerados altos (TOMÉ, 1997), sendo necessário neutralizá-los. Esses teores assemelham-se àqueles observados por SÁ (1993) que constatou valores de pH entre 4,0-4,7 na profundidade de 30-40 cm, em mais de 70% das áreas cultivadas sob plantio direto na região dos Campos Gerais do Paraná.

Já para o Ca^{+2} , TOMÉ (1997) diz que o teor de Ca^{+2} menor $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ é baixo, $2,0$ a $4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ é médio, e alto se maior que $4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Com relação ao Ca^{+2} , observou-se para as camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm) um teor alto (maior que $4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), médio ($2,0$ a $4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para a de 10-15 e 15-25 cm, e a partir desta baixo (menor que $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), verificando-se sua diminuição com a profundidade.

Por sua vez, os teores de Mg foram maiores que $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em todas as profundidades analisadas indicando suficiência deste elemento (TOMÉ, 1997).

5.2 EFEITOS DA APLICAÇÃO SUPERFICIAL AO SOLO DO NURESOIL

O não revolvimento do solo quando do seu manejo sob o sistema plantio direto leva este a acumular resíduos vegetais, corretivos e fertilizantes na sua superfície, o que promove modificações em suas características químicas quando estas são comparadas aos diferentes sistemas de manejo tais como o sistema convencional de preparo (aração e gradagens). Algumas destas modificações ocorrem de forma gradual e progressiva, sendo notadas a partir da superfície do solo, como por exemplo, a disponibilidade de nutrientes e os parâmetros indicativos do processo de sua acidificação (SIDIRAS ; PAVAN, 1985; RHEINHEIMER et al., 1998).

Discutir-se-á aqui pois a influência da aplicação de NureSoil sobre os seguintes parâmetros: pH CaCl_2 , pH SMP, Al, Ca^{+2} , Mg^{+2} e V%, altura das plantas, diâmetro de colmo, estande, avaliação visual da parcela, Ca^{+2} foliar e produtividade.

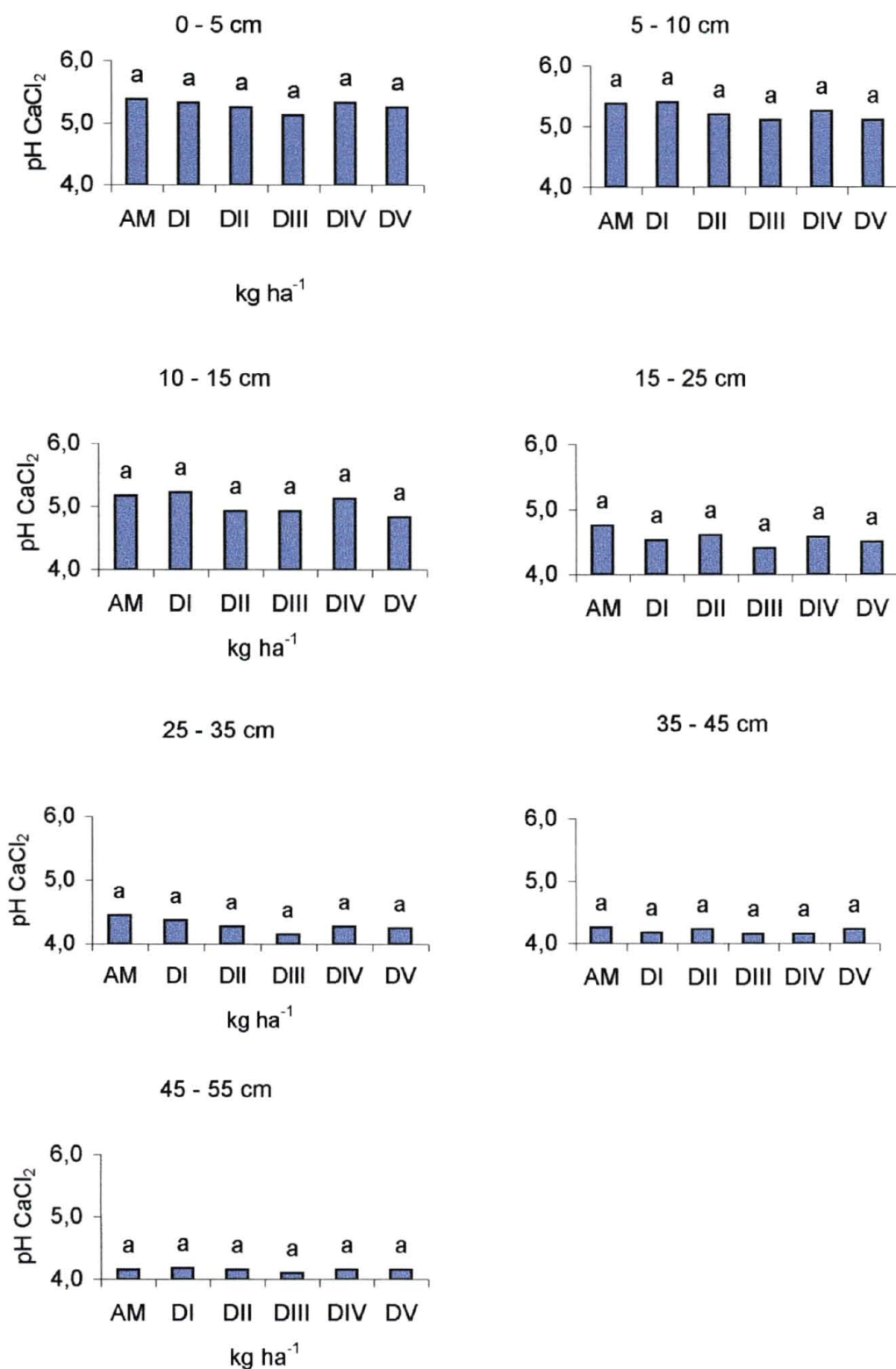
5.2.1 Efeitos dos Tratamentos em Alguns Atributos Químicos do Solo

5.2.1.1 Efeitos dos tratamentos no pH CaCl_2 do solo

O pH em água do bio-sólido de dejetos de suínos antes dos tratamentos foi de 7,5, concordante com valores citados por PERDOMO (1996), BONETT e MONTICELLI (1998), e após ser tratado pelo Processo N-Viro aumentou para 12,1 em função da utilização de reagentes alcalinos, tais valores corroboram aos resultados obtidos por LOGAN e HARRISON (1995).

Para os valores de pH do solo, ao se aplicar o teste F a nível de 1 e 5% bem como ao se comparar suas médias pelo teste de Tukey a 5%, Figura 3, não se observou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos no Tempo 2 (03 de maio de 2002) quando estes são comparados entre si em cada uma das sete profundidades amostradas.

FIGURA 3 – MÉDIAS DE pH CaCl₂ NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2

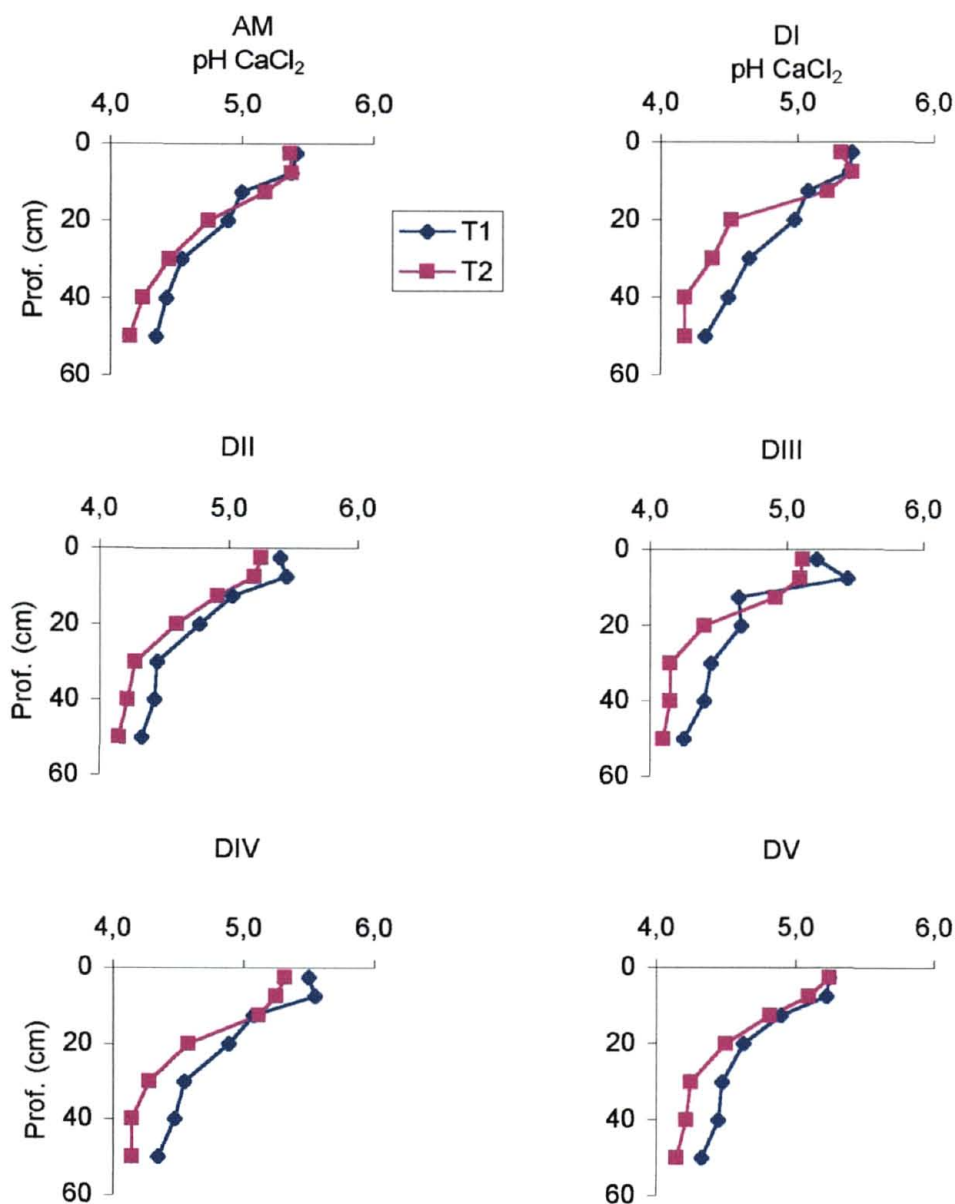


NOTA: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Pode ser observado que na profundidade de 0-5 cm até 10-15 cm na Figura 4, embora não seja estatisticamente significativos, que os tratamentos AM, DI e DV tenderam a permanecer com valores de pH CaCl_2 semelhantes em T1 e T2, já os tratamentos DII, DIII e DIV apresentaram tendência mínima de redução desses valores. Nestas profundidades, os valores de pH em todos os tratamentos estavam superior a 5,1 demonstrando que a acidez continuava no nível médio, não verificando influência das diferentes doses nesta variável, mesmo, utilizando-se de material alcalino contendo $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que em parte é solúvel. Tais reações podem ser observadas no trabalho de MENGUEL e KIRKBY (1987) que as descrevem como reações rápidas, decorrentes da sua alta solubilidade, quando são comparados com as reações do CaCO_3 . Para RAIJ (1984), o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pode reagir imediatamente com o solo mas não vai lixiviar, pois não tem um ânion carreador e mesmo sendo solúvel em água, não desloca-se da superfície, tendo o mesmo efeito do CaCO_3 .

A solubilidade do NureSoil talvez pode ter sido influenciada pelo processo de carbonatação, uma vez que, em apresentando como constituinte o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que é um elemento de alta solubilidade em água, mas que a partir da reação transforma-se em CaCO_3 , produto de solubilidade menor, segundo LOGAN e HARRISSON (1995), uma vez que essas reações ocorrem até dois meses após a aplicação, conforme observado por YAMAKAWA (1999), em bio sólidos humanos tratados pelo Processo N-Viro.

FIGURA 4 – INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NO pH CaCl_2 DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1=24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002)



NOTA: Não significativa estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Outro fator que pode ter influenciado a falta de resposta dos tratamentos com o bio-sólido de dejetos de suínos alcalinizados pelo Processo N-Viro, foi a baixa eficiência relativa (3,7%) que o produto apresentava, quando comparada com a de outros corretivos, porque este, ao ser analisado não foi moído, gerando os valores apresentados na Tabela 8.

TABELA 8 – EFICIÊNCIA RELATIVA GRANULOMÉTRICA DO NURESOIL - 2001

Amostra NureSoil	Peso Material Corrigidog.....	Eficiência Relativa%.....
Peneira 2,00 mm	92,71	
Peneira 0,85 mm	3,63	
Peneira de 0,30 mm	1,53	
Sobra	2,13	
Total ⁽¹⁾	100	3,77

NOTA: ⁽¹⁾ Granulometria dos agregados.

Poderia-se em parte creditar a baixa ER ao fato de que as partículas sólidas oriundas do bio-sólido de dejetos de suínos, e dos ingredientes alcalinos introduzidas pelo Processo N-Viro estarem agregadas em grânulos maiores de 2 mm, o que em parte deu-se às condições rudimentares em que se procedeu o seu processamento experimental. Tal granulometria, se de um lado influenciou na ER, baixando-a, de outro facilitou a sua fluidez por ocasião da sua distribuição manual na superfície do solo.

Assim como o tempo também influenciou (apenas 4 meses) para que este reagisse e se solubilizasse para então ser carregado a maiores profundidades, o que foi comprovado no campo por ocasião da 2ª coleta de solo, onde foram encontrados na superfície do solo grânulos grosseiros de NureSoil experimental principalmente, nas parcelas que haviam recebido as doses maiores. RHEINHEIMER et al. (2000) só observaram aumento no pH do solo na camada de 0-5 cm, quando o calcário foi aplicado superficialmente, após 18 meses da sua aplicação, relacionando tal fato a pequena quantidade aplicada, e à diminuta área de contato entre o solo e as partículas de calcário.

O período de chuvas não foi normal, uma vez que ocorreu uma redução de precipitação pluvial, sendo 30% inferior para este período quando comparada com as médias dos últimos seis anos (1996-2001). Em relação a este fator, ressalta-se que a precipitação pluvial ocorrida foi 475,2 mm (Figura 1), conforme SIMEPAR

(2002) e, portanto, possivelmente insuficiente para permitir a desagregação dos torrões de NureSoil aplicados. O que pode ser observado também no trabalho de ERNANI et al. (2001), que verificou influência no pH CaCl_2 , apenas na camada de 0-2 cm, onde o calcário (CaCO_3) foi aplicado superficialmente, ocorrendo precipitação pluvial de 300 mm no período de 3 meses.

Quanto menor o Poder de Relativo de Neutralização Total (PRNT) de um corretivo, maior deverá ser a sua dose, segundo TOMÉ (1997), para que se alcance o mesmo efeito de neutralização da acidez do solo, pois esta propriedade representa proporção do corretivo que reagirá rapidamente no solo. No entanto, nesse trabalho quando foi realizada a recomendação de bio sólidos alcalinizados não foi considerado seu PRNT, mas apenas a estimativa de seu PN baseando-se na literatura (LOGAN ; HARRISON, 1995). No entanto, após a realização das análises conduzidas onde o produto já estava a campo, observou-se que este possuía um PRNT de 2,46% (Apêndice 2), o que talvez pode ter levado a falta de resultados observados para parâmetros químicos como: pH CaCl_2 , pH SMP, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} e V%, já que as doses não foram corrigidas para este fator. Entretanto, se a correção dose fosse também pelo PRNT, seriam utilizadas altas doses de NureSoil (Apêndice 2) que somadas a adubação mineral poderia ocasionar problemas de desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo.

Outro aspecto que poderia explicar a não observação de diferenças significativas entre os tratamentos teria sido própria amostragem, talvez fosse necessária uma maior estratificação em camadas de um cm de espessura. O que poderia permitir uma melhor discriminação da informação buscada.

O que pode ser confirmado pelo trabalho de AMARAL e ANGHINONI (2001), que ao avaliaram a reaplicação de calcário com e sem a incorporação, em sistema de plantio direto, milho em sucessão à aveia, realizaram amostragens de um em um centímetro até cinco centímetros, e observaram alterações de pH, Al^{+3} , Ca^{+2} e Mg^{+2} trocáveis, até a profundidade de quatro centímetros, após 360 dias da sua aplicação em sistema de plantio direto.

Os coeficientes de variação (C.V.) foram baixos para o pH CaCl_2 em todos os tratamentos, variando de 1,5 a 5,4 (Tempo 1 e Tempo 2), podendo ser visualizados nos Apêndices 3, 4, 6 e 14 bem como, o desvio padrão e a análise de variância.

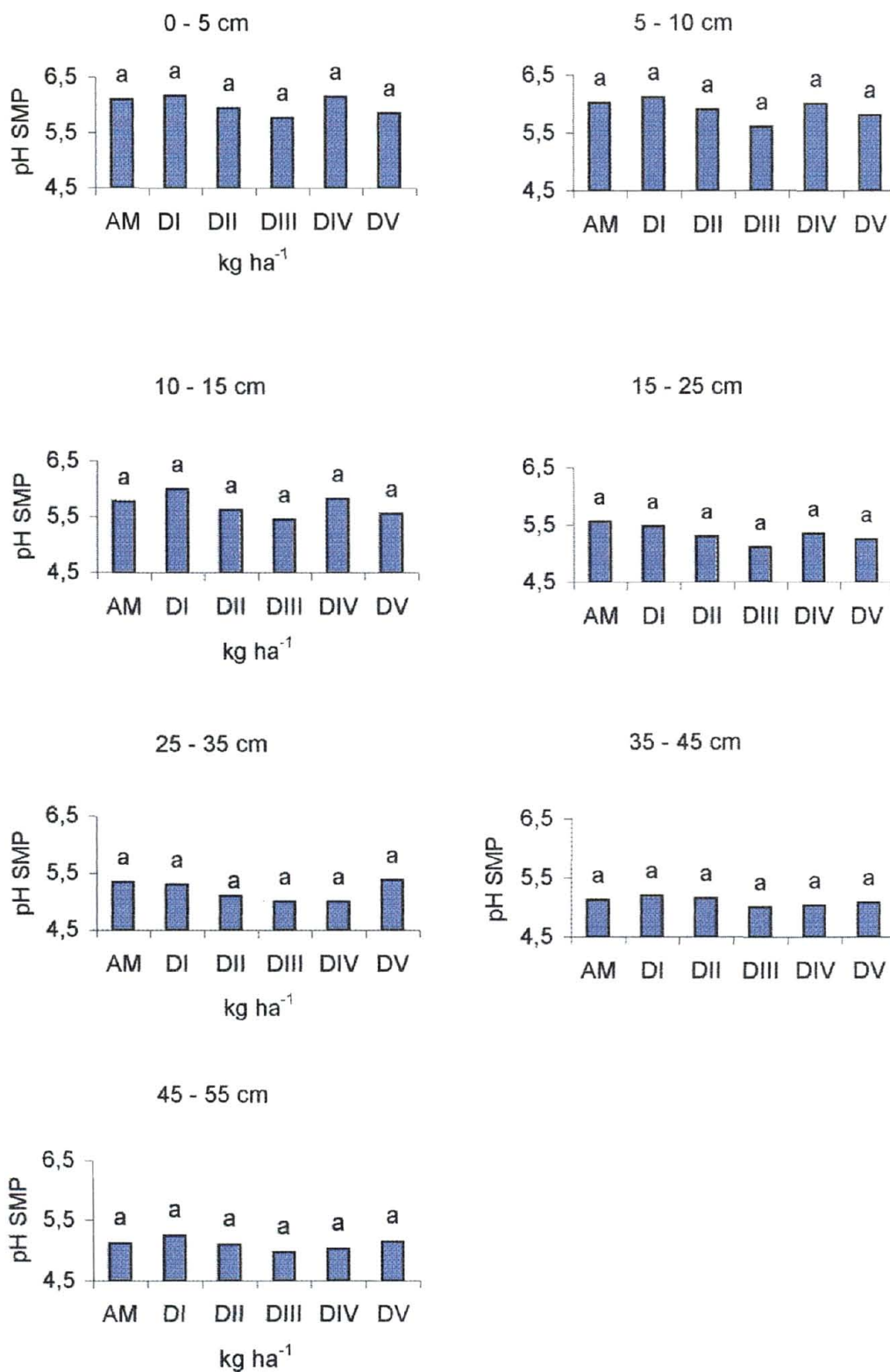
5.2.1.2 Efeitos dos tratamentos no pH SMP do solo

O pH do solo medido em solução SMP, que mede a acidez potencial, fornecendo os valores de H^+ e Al^{+3} , não foi influenciado pelos diferentes tratamentos (Figura 5). Não foram observados no Tempo 2 (T2=03/maio/2002) diferenças significativas entre os tratamentos em cada uma das sete profundidades analisadas, pelo teste F (1% e 5%) e teste de Tukey a nível de 5% (Figura 5).

Pode ser observado na Figura 6, que na profundidade de 0-5cm até 10-15 cm embora não seja estatisticamente significativo, que os tratamentos tenderam a permanecer com valores de pH SMP semelhantes em T1 e T2, e a partir da profundidade de 10-15 cm os tratamentos apresentaram tendências mínimas de redução no T2 em relação ao T1.

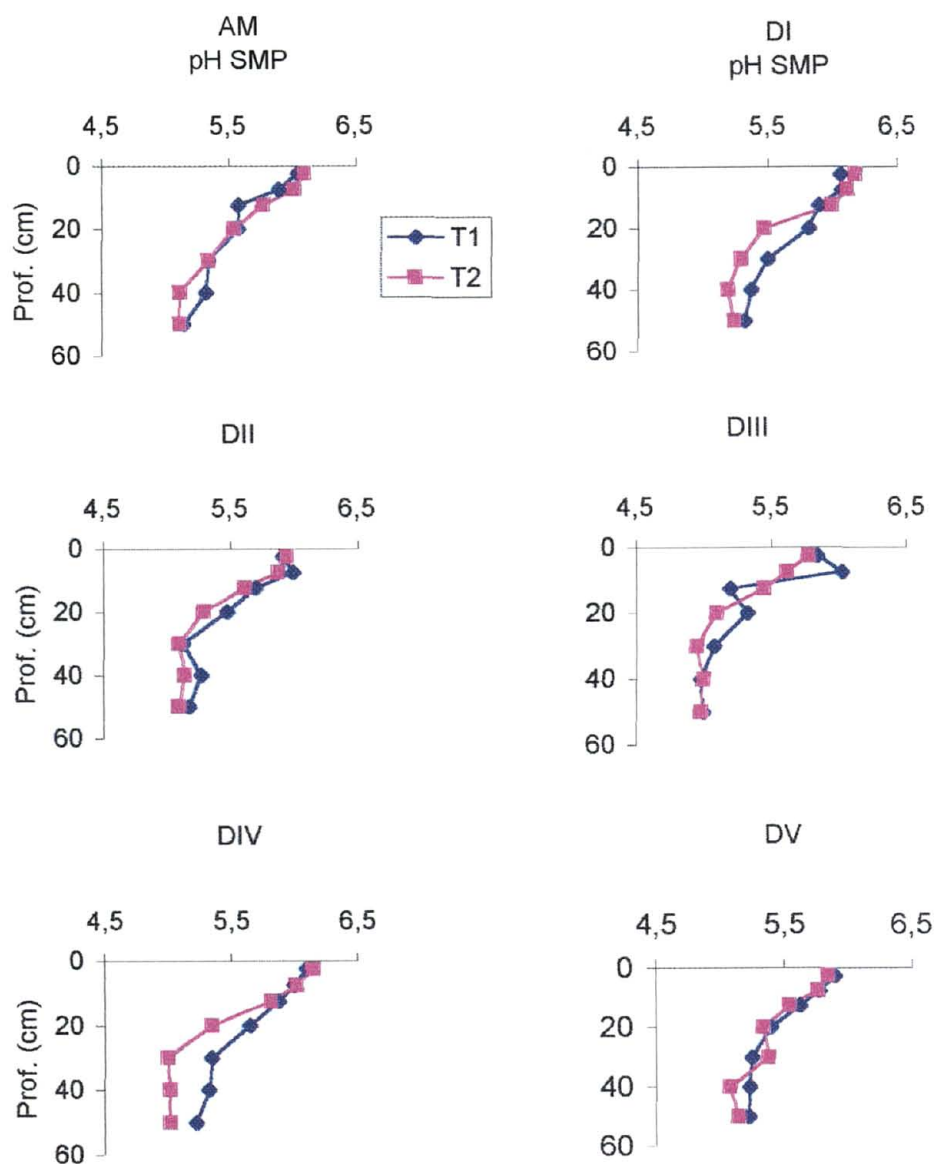
Os dados referentes às análises de variância e médias dos tratamentos para esse atributo químico do solo pode ser visualizado nos Apêndices 3, 4, 7 e 15.

FIGURA 5 – MÉDIAS DE pH SMP NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2



NOTA: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

FIGURA 6 – INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NO pH SMP DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1=24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002)



NOTA: Não significativa estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

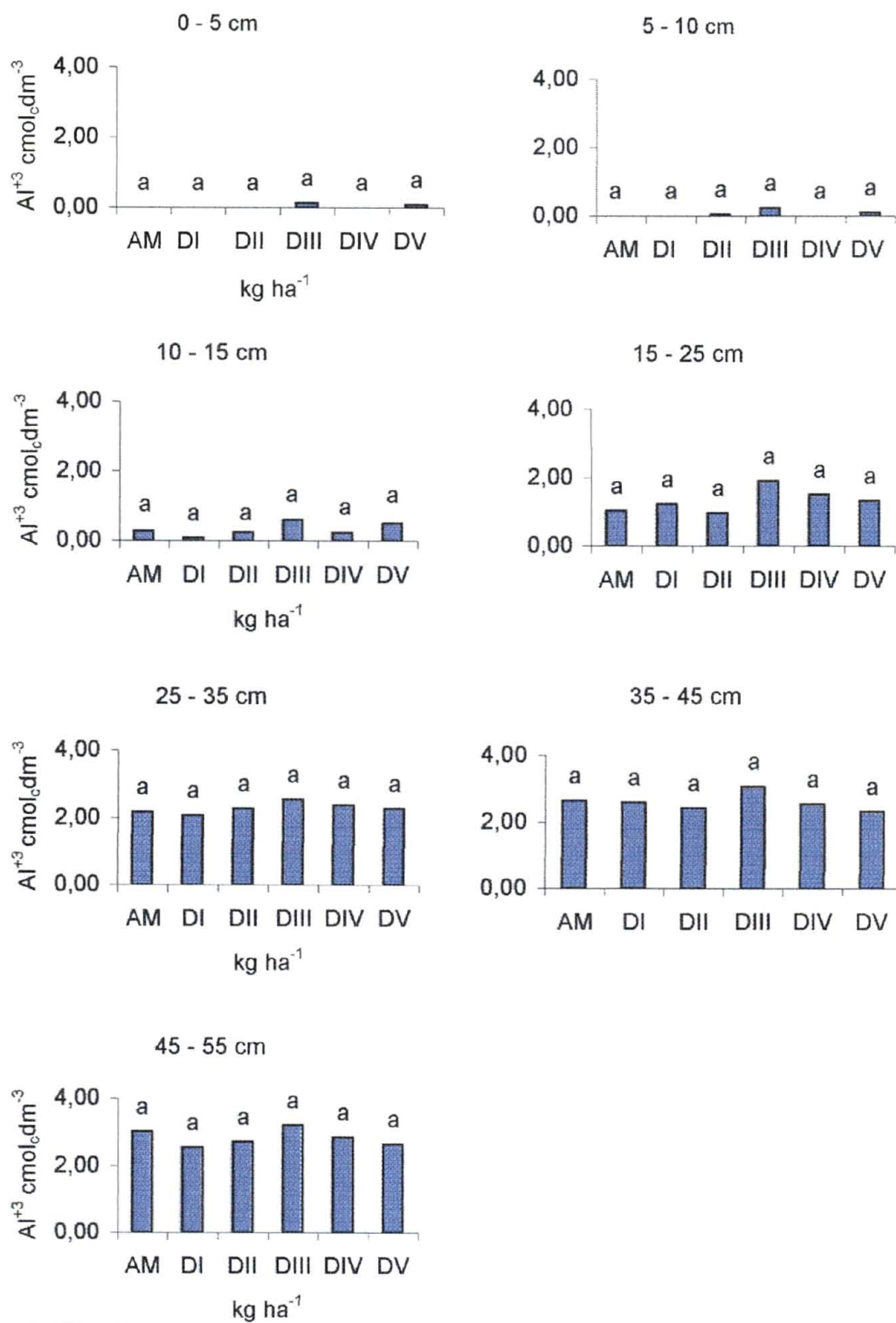
5.2.1.3 Efeitos dos tratamentos no Al^{+3} do solo

Conforme análise da Figura 7, observa-se que no Tempo 2 (T2=03 de maio de 2002) não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos dentro de cada uma das sete profundidades analisadas para o Al^{+3} , pelo teste F (1% e 5%) e teste de Tukey a 5%. Percebe-se porém, que na camada 0-5 cm, o tratamento DIII (2000 kg de NureSoil + AM) e DV (750 kg ha⁻¹ de NureSoil + AM) apresentaram Al^{+3} , embora esses valores fossem baixos, em torno de 0,12 e 0,08 cmol_cdm⁻³. O Al^{+3} foi observado no tratamento DII (1000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM) a partir de 5-10 cm de profundidade. Já na camada de 10-15 cm, todos os tratamentos apresentaram Al^{+3} embora para alguns tratamentos esses valores continuassem baixos menor que 0,50 cmol_cdm⁻³, para DIII esse valor de Al^{+3} já pode ser considerado prejudicial para a cultura, pois apresentou-se em níveis médios (0,60 cmol_c dm⁻³).

Em profundidade, a partir da camada de 15-25 cm, na Figura 7 e Figura 8, observa-se aumento nos teores Al^{+3} (maior que 1,50 cmol_c dm⁻³) em todos os tratamentos o que era esperado, pois foi observado a diminuição do pH do solo em profundidade.

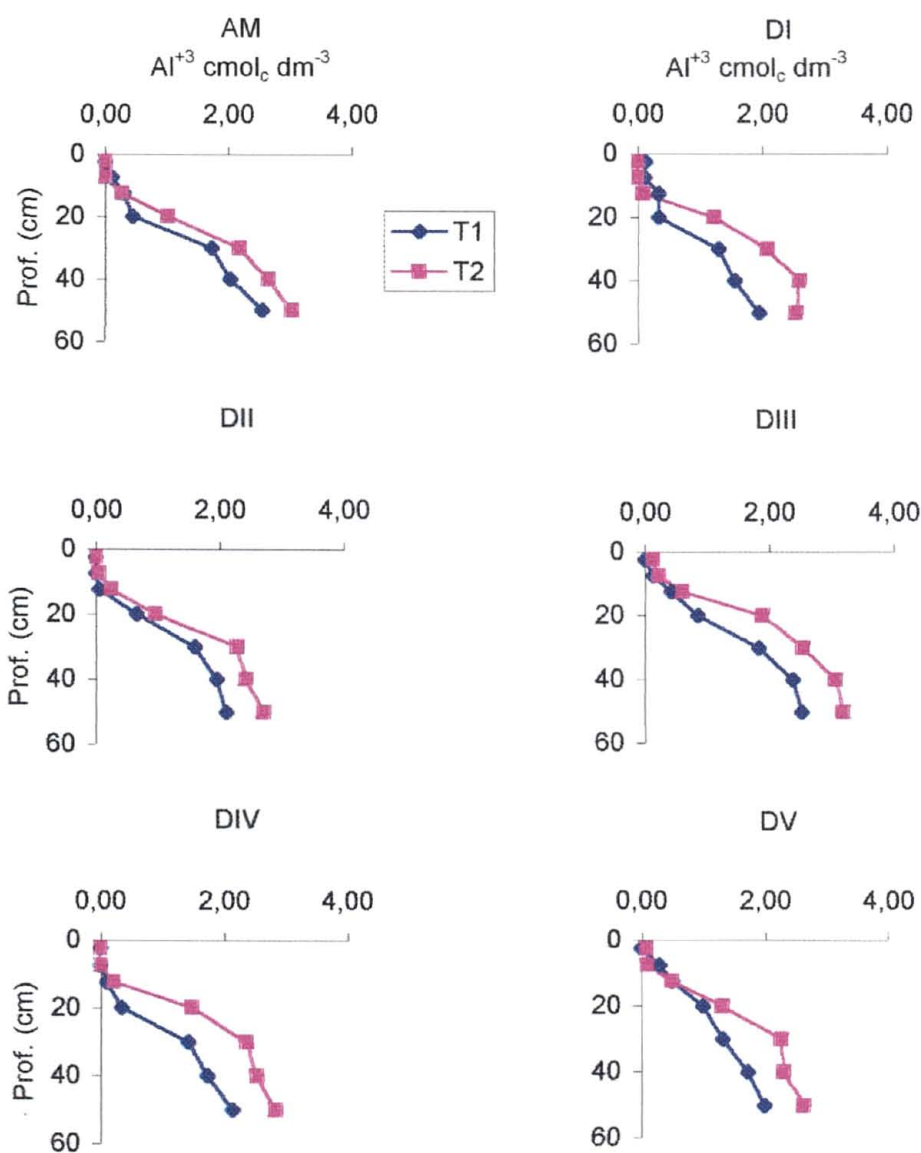
Como a aplicação do produto (NureSoil) foi em superfície havia a necessidade de um maior tempo de avaliação dos resultados, este foi um entre outros fatores, que agiram para que não fossem observadas reduções significativas estatisticamente nos teores de Al^{+3} em profundidade, mesmo utilizando-se de doses crescentes de NureSoil. Os valores de C.V., desvio padrão e médias encontram-se nos Apêndices 3, 4, 10 e 18.

FIGURA 7 – MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE Al^{+3} TROCÁVEL NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2



NOTA: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

FIGURA 8 – INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NO Al^{+3} TROCÁVEL DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1=24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002)



NOTA: Não significativa estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

5.2.1.4 Efeitos dos tratamento no Ca^{+2} trocável do solo

Na Figura 9 observa-se que não existem diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, quando analisados em cada uma das sete profundidades no Tempo 2.

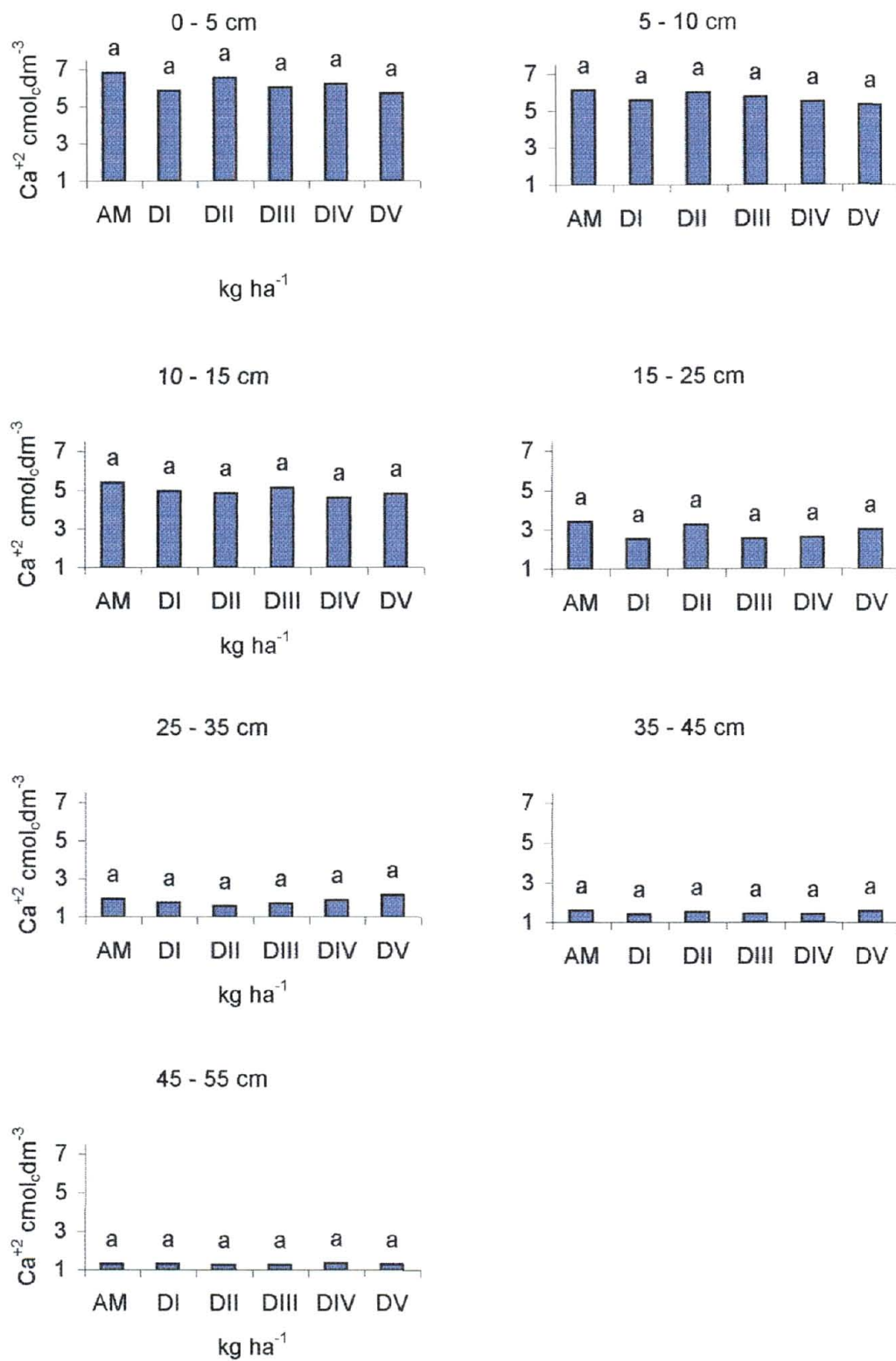
Os dados relativos ao teor de Ca^{+2} no perfil do solo para T1 (24 de agosto de 2002) e T2 (03 de maio de 2002) podem ser visualizado na Figura 10 onde observa-se, embora não sejam estatisticamente significativos, que nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-15cm podem ser visualizadas tendências de acréscimos nos teores de Ca^{+2} no Tempo 2, em relação ao Tempo 1, verificando-se que a maiores teores de Ca foram para AM (Adubação Mineral), DI (1000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM) e DII (2000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM). Já, para DIV (4000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM) e DV (750 kg ha⁻¹ NureSoil + 70 % AM), apresentaram tendências de acréscimos nos teores de Ca^{+2} trocável, semelhantemente. Observa-se nestas mesmas profundidades (0 a 15 cm), que o tratamento DIII (2000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM), apresentou tendências de redução nos teores de Ca^{+2} trocável, este tratamento no Tempo 2 apresentava-se com menores valores de pH e os maiores valores de Al^{+3} .

Esses resultados indicaram que a calagem realizada anteriormente à instalação do experimento, poderia ter mascarado os resultados, uma vez que observou-se maiores acréscimos nos teores de Ca^{+2} para AM (Adubação Mineral), que é a testemunha, quando comparada aos demais tratamentos.

A partir da profundidade 15-25 cm ocorreram decréscimos nos teores de Ca^{+2} com a profundidade, o que pode visualizado na Figura 10, para todos os tratamentos. Essa tendência de reduzir os teores de Ca^{+2} em profundidade decorrem da redução do pH e aumento nos teores de Al^{+3} trocável.

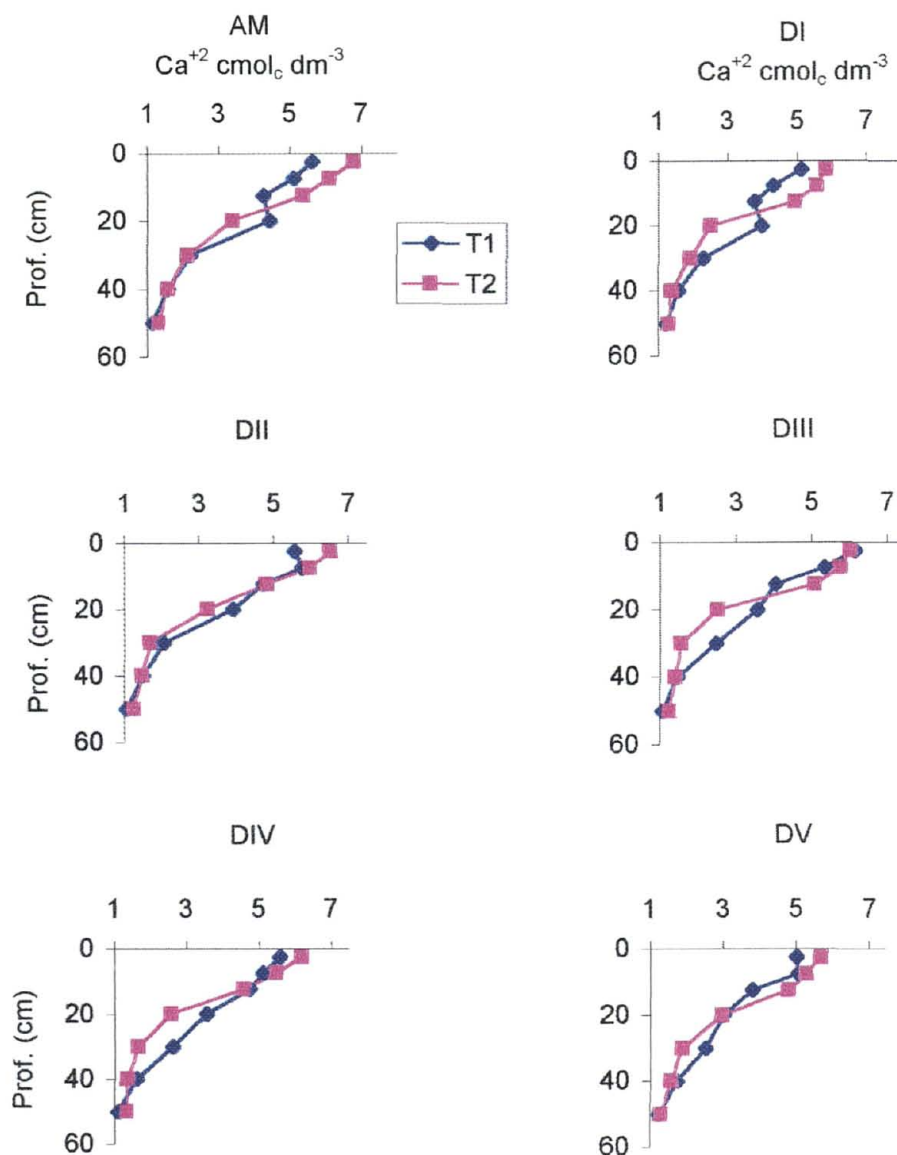
LUCCHESI (1997) em seu estudo com solos do Paraná tratados com lodos provenientes de compostagem, lodos tratados pelo processo N-Viro e calcário, observou maiores teores de Ca^{+2} para os tratamentos que utilizou N-Viro, tal resultado foi atribuído pelo autor em parte, ao fato de que no N-Viro Soil, o Ca^{+2} pode estar na forma de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ estando mais solúvel do que no calcário mineral.

FIGURA 9 – MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE Ca^{+2} TROCÁVEL NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2



NOTA: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

FIGURA 10 – INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NOS TEORES Ca^{+2} DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1=24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002)



NOTA: Não significativa estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

O tempo reduzido para a avaliação e a baixa precipitação pluvial ocorrida neste estudo foram contrárias à situação encontrada por RITCHEY et al. (1980), que adicionaram uma grande quantidade de água em torno de 1200 mm, sobre 2000 kg ha⁻¹ de CaCl₂, CaSO₄ e CaCO₃, e encontraram teores de Ca, respectivamente, aos 180, 75 e 25 cm de profundidade, aos 2 anos e 4 anos.

PAVAN (1983) conduzindo experimentos com lisímetros, aplicou superficialmente CaCO₃ sem fertilizantes, e observou aumentos nos teores de Ca apenas nas camadas superficiais (0-20 cm), com a aplicação de 1600 mm H₂O/ano.

CAIRES et al. (2000) só observaram ação da calagem em aumentos de pH, Ca + Mg e V% e redução da acidez potencial na camada de até 10 cm, após 12 meses da calagem, observando a maior reação do calcário entre 28 e 30 meses.

Os coeficientes de variação giraram em torno de 18 a 41,7%, encontram-se no Apêndice 4, sendo atribuídos ao não revolvimento do solo (plantio direto), esta maior variabilidade dos dados, o que está de acordo com SILVEIRA et al. (2000). A análise de variância está nos Apêndices 3, 4, 8 e 16.

5.2.1.5 Efeitos dos tratamentos no Mg⁺² trocável do solo

Não se observou diferenças estatisticamente significativas pelo teste F (1% e 5%) e teste de Tukey ao nível de 5%, entre os tratamentos quando analisados em cada uma das sete profundidades para o Mg trocável no solo Figura 11.

Pode ser observado na mesma Figura, que embora não seja estatisticamente significativo, na profundidade de 0-5 cm os tratamentos que apresentaram tendências de acréscimos foram o DII (1000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM), DIII (2000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM) e DV (750 kg ha⁻¹ NureSoil + 70% AM).

Para a profundidade de 5-10 cm observou-se tendências maiores de incrementos nos teores de Mg⁺² trocável para AM (Adubação Mineral), DI (500 kg ha⁻¹ NureSoil + AM) e DII (1000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM), o que também pode ser verificado para as profundidade de 10-15 cm, para os tratamentos AM (Adubação Mineral), DI (500 kg ha⁻¹ NureSoil + AM) e DII (1000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM).

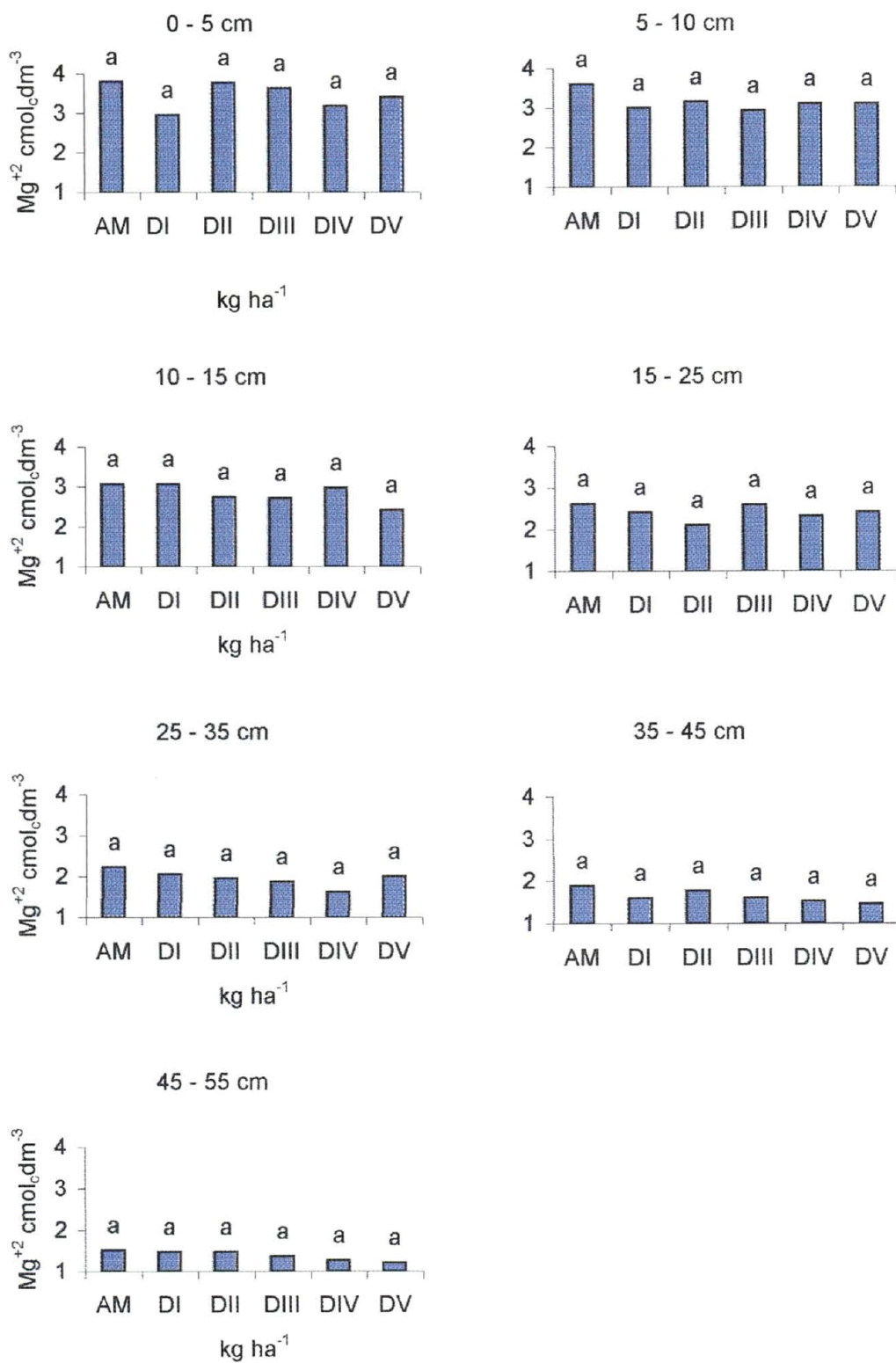
Para a profundidade de 15-25 cm quando foram comparados o T 1 e T2, observa-se que todos os tratamento apresentaram tendências de aumento nas concentrações de Mg⁺², embora não sejam estatisticamente significativas, o que

pode ser decorrente de que a área havia sido anteriormente calcariada, e o Mg teria percolado no perfil do solo, o que pode ser comprovado pela testemunha, que não recebeu o NureSoil e apresentou, a partir da profundidade de 5-10 cm, acréscimos de Mg^{+2} até a profundidade de 15-25 cm.

OLIVEIRA et al. (1997) só observaram aumento nos teores Mg^{+2} após 6 meses da aplicação do calcário dolomítico, e a estabilização dos seus teores ocorreu apenas aos 18 meses.

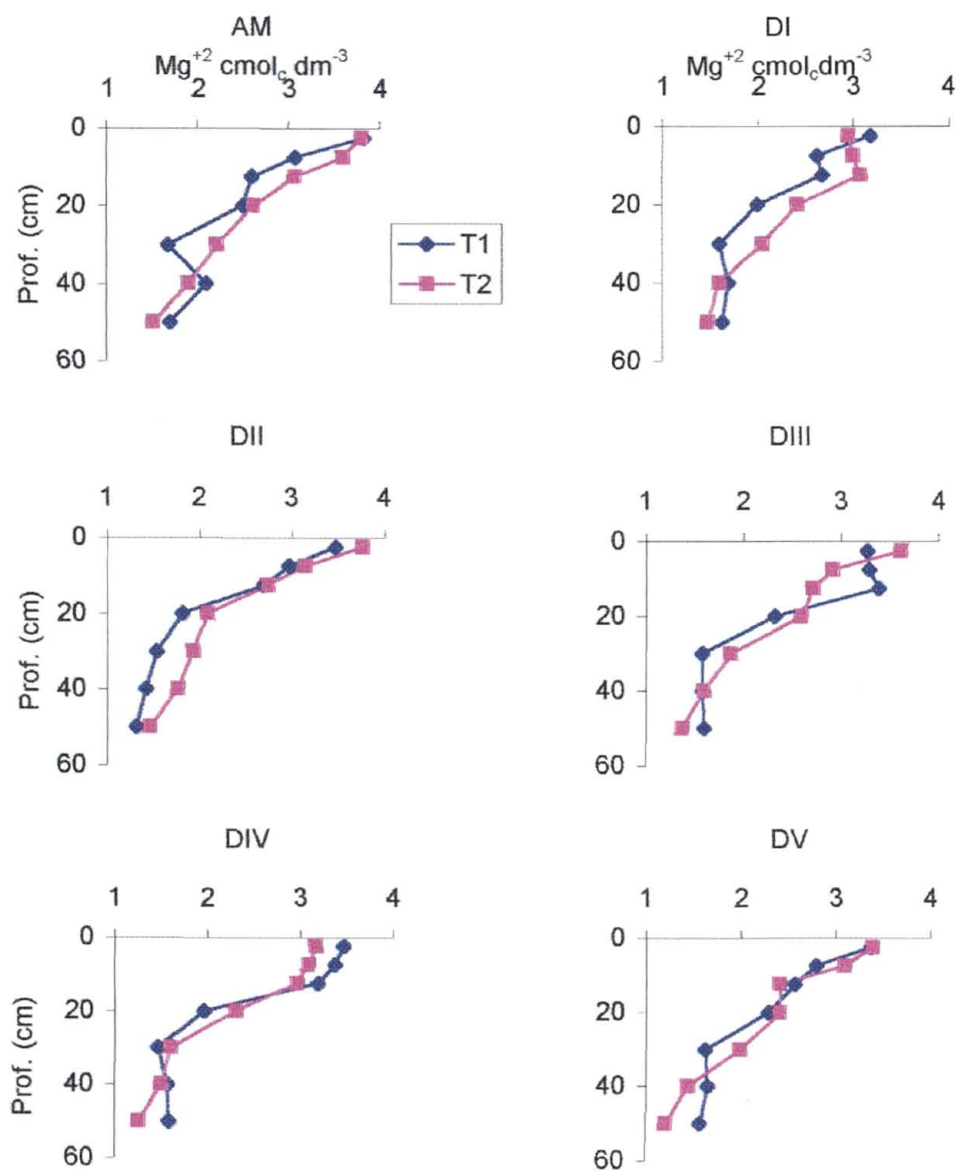
O coeficiente de variação(C.V.) para o Mg^{+2} esteve em torno de 18,5 a 35,6%, encontra-se no Apêndice 4 e são condizentes com os C.V. encontrados por SILVEIRA et al. (2000), que observaram variação entre de 21,6 à 37,5% em plantio direto. A análise de variância encontra-se nos Apêndices 3, 4, 9 e 17.

FIGURA 11 – MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE Mg^{+2} TROCÁVEL NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2



NOTA: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

FIGURA 12 – INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NOS TEORES Mg^{+2} DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1=24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002)



NOTA: Não significativa estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

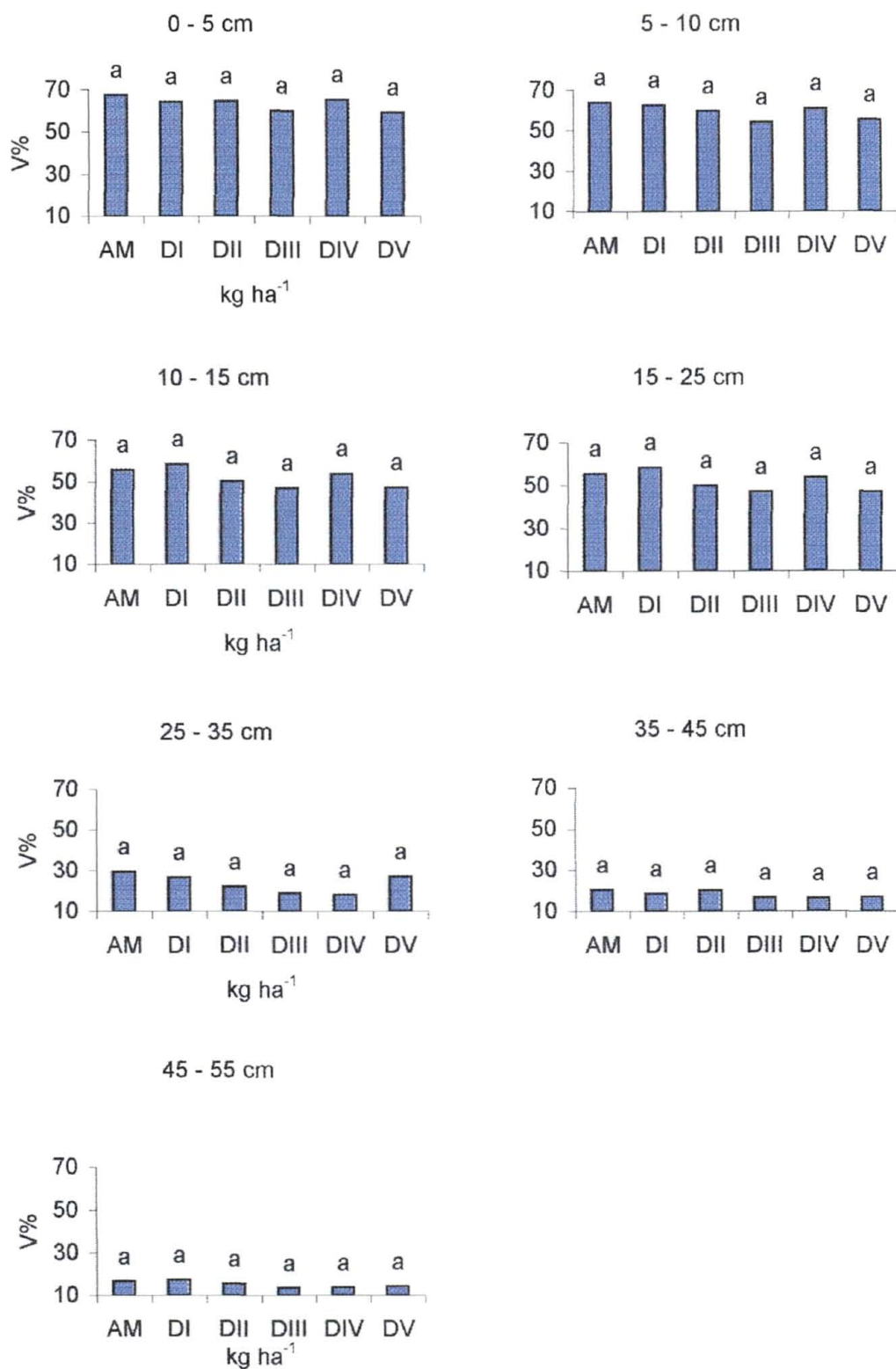
5.2.1.6 Efeitos dos tratamentos na saturação por bases (V%)

Ao analisar a saturação por bases (V%) não foram observadas diferenças estatísticas significativas pelo teste F (1% e 5%) e teste de Tukey a 5% entre os tratamentos em cada uma das sete profundidades analisadas. Conforme pode ser observado na Figura 13.

Na profundidade de 0-5 cm, Figura 14, apesar de não apresentar diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey a 5%, observa-se tendências de acréscimos na saturação por bases para a maioria dos tratamentos, menos para o DIII (2000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM), tal resultado pode ser atribuído ao fato de que este tratamento também apresentou os menores teores de Ca⁺² trocável, valores de pH e os maiores teores de Al⁺³ trocável. Na profundidade de 5-10 cm, observou-se tendências de acréscimos na saturação por bases, verificando para AM (Adubação Mineral), DI (500 kg ha⁻¹ NureSoil + AM) e DIV (4000 kg ha⁻¹ NureSoil + AM). Já na profundidade de 10-15 cm, as maiores tendências de acréscimos na saturação por bases foram para AM (Adubação Mineral) e DI (500 kg ha⁻¹ NureSoil + AM). O tratamento DV (750 kg ha⁻¹ NureSoil + 70% AM) apresentou tendências de manter seus valores em T1 e T2 na profundidade de 0-5 cm até a profundidade de 25-35 cm. Observou-se que em todos os tratamentos os valores da saturação por bases diminuiu com a profundidade.

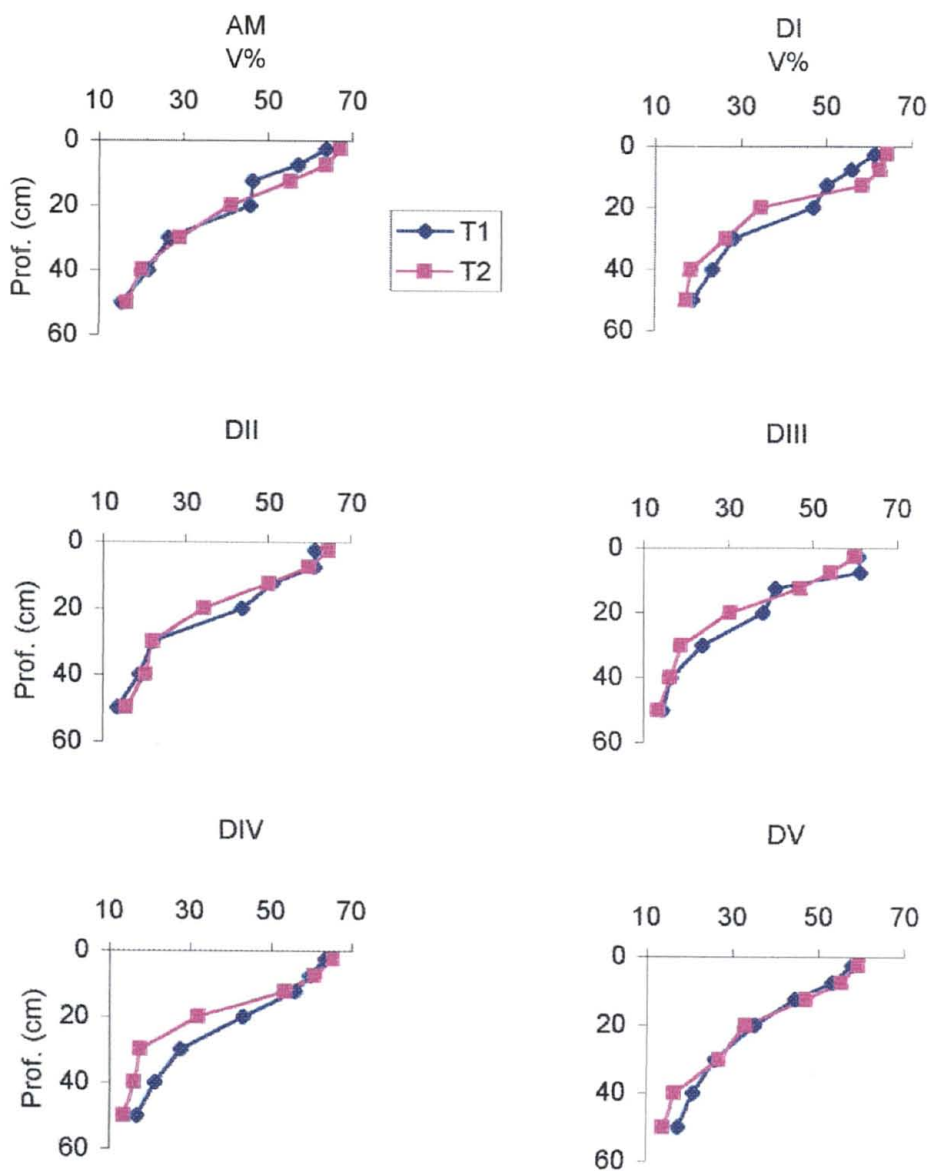
Em síntese, na média geral dos tratamentos (24 repetições), ao comparar-se T1 a T2, Apêndices 3 e 4, observou-se tendências dos valores aumentarem nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-15 cm, para T1: 61,5%, 58,2% e 48,3% e para T2: 63,5%, 59,5% e 52,1%, respectivamente, fato que em parte pode ser atribuído as tendências de acréscimo observadas para o Ca⁺² e Mg⁺², embora não sejam estatisticamente significativas. Esses valores de saturação por bases (maior que 40%) no T1 e T2, estão de acordo com os resultados observados por RHEINHEIMER et al. (2000), que também não observaram diferenças no pH, teores de Ca⁺² e Mg⁺², Al⁺³ e V%, com pequenas doses de calcário, 1,2, 1,8 e 3,6 Mg ha⁻¹, em sistema de plantio direto consolidado. O que foi atribuído a média saturação por bases (V% maior que 40%), ao reduzido contato do solo com as partículas do calcário e ao efeito residual do calcário incorporado 6 anos antes da implantação do experimento.

FIGURA 13 – MÉDIAS DOS VALORES DE V% NO SOLO PARA OS TRATAMENTOS A CADA PROFUNDIDADE NO TEMPO 2



NOTA: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 %.

FIGURA 14 – INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS NOS VALÔRES DE V% DO SOLO EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE EM DUAS ÉPOCAS (T1=24/AGO/2001 E T2= 03/MAIO/2002)



NOTA: Não significativa estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

O coeficiente de variação foi menor na profundidade 10-15 cm apresentado valores em torno de 5,7 a 15,2% a partir da profundidade de 15 cm, os valores variaram de 15 a 27,9% no T1 e T2, e estão em concordância com os valores obtidos por SILVEIRA et al. (2000) cujos C.V. giraram em torno de 17,6 a 25,5%, podendo ser observados no Apêndice 4. A análise de variância faz parte dos Apêndices 3, 4, 13 e 21.

5.3 AVALIAÇÕES REALIZADAS NA CULTURA DO MILHO

Quando o milho encontrava-se com 34 dias emergência (DAE), estágio V2-V3, apresentou altura média de 68 cm, diâmetro de colmo médio de 2,83 cm e um estande médio de 61035 plantas ha⁻¹, sendo que estas variáveis não apresentaram diferenças estatísticas significativas pelo teste F (1% e 5%) e pelo teste de Tukey a 5%, conforme Tabela 9:

TABELA 9 – EFEITOS DOS TRATAMENTOS NA CULTURA DO MILHO (MÉDIA DE 4 REPETIÇÕES) – 2001

Tratamentos	Nota Visual	Diâmetro de Colmocm.....	Altura Plantas ...Média / Parcela...	EstandePl ha ⁻¹	Produtividadekg ha ⁻¹
AM	2,00 b	2,90 a	65,67 a	57834 a	4864,27 a
DI	2,75 ab	2,65 a	70,75 a	59896 a	4833,35 a
DII	2,75 ab	3,02 a	68,67 a	62717 a	5016,95 a
DIII	2,75 ab	2,78 a	66,08 a	63802 a	5095,16 a
DIV	2,50 ab	2,82 a	69,58 a	61849 a	5280,50 a
DV	3,75 a	2,80 a	69,50 a	60221 a	4889,17 a
Média	2,75	2,83	68,38	61053	4996,57
Desvio Padrão	0,79	0,38	5,72	4072,88	589,96
CV	23,9	14,9	9,0	7,03	13,45

NOTA: As médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a nível de 5%.

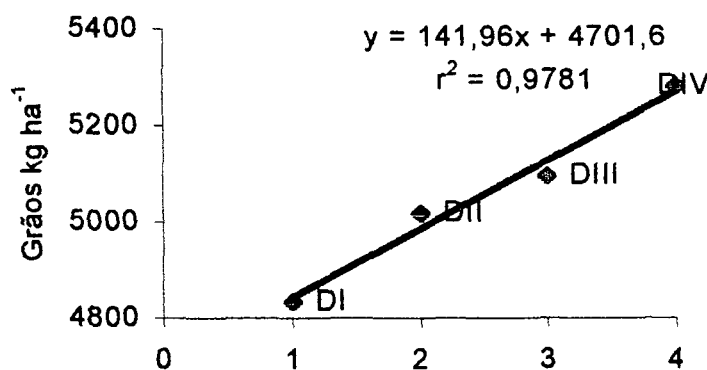
Para o parâmetro avaliação visual da parcela o teste de Tukey detectou diferenças significativas ao nível de 5%, destacando-se aqui o tratamento DV (750 kg ha⁻¹ NureSoil+ 70% AM) que foi superior a AM (Adubação Mineral), no que concerne a uniformidade das plantas. É oportuno lembrar que o menor estande pode ter refletido na avaliação visual das parcelas, uma vez que a uniformidade foi um dos fatores observados (Apêndice 22).

5.4 PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO

A Tabela 9 mostra que produtividade do milho, apesar de não ter sido significativamente influenciada pelos tratamentos, apresentou tendências de aumentar da Adubação Mineral (AM = 4864 kg grãos ha⁻¹) até DIV (5280 kg grãos ha⁻¹) apresentando um incremento de 416 kg ha⁻¹, apesar de estatisticamente não significativo, monetariamente poderia representar valor capaz de viabilizar economicamente sua aplicação já no primeiro ano. Observou-se que o tratamento DV alcançou-se produtividade de 4889 kg grãos ha⁻¹ semelhante à testemunha (4864 kg grãos ha⁻¹), o que também pode ser um indicativo da capacidade substitutiva dos fertilizantes pelo produto utilizado.

Observou-se aumento linear de produção de grãos com as doses crescentes de NureSoil (DI à DIV), Figura 15, mas não é possível afirmar se tal aumento somente tenha relação com o Ca⁺², ou está relacionado com os outros nutrientes contidos no biossólido que não foram analisados neste trabalho.

FIGURA 15 – EFEITO DE DOSES CRESCENTES DE NURESOIL NA PRODUTIVIDADE DO MILHO (cv. SHS 5050)



A baixa produtividade média obtida no experimento (4996 kg ha⁻¹) quando comparada aos dados de SÁ (1993) que obteve produtividade de milho de 7248 kg ha⁻¹ em áreas de plantio direto, na região dos Campos Gerais do Paraná e os dados da própria fazenda, segundo YAMAGUCHI (2001), provavelmente foi decorrente da época tardia em que a cultura foi implantada e também da baixa responsividade do híbrido selecionado.

Em concordância com CAIRES et al. (2000), que em sistema de rotação, aplicaram 2, 4, e 6 Mg ha⁻¹ de calcário em superfície não observaram influência significativa da calagem na produtividade de grãos, durante o período de 1993 a 1998.

No entanto, MIYAZAWA et al.⁵⁹ citados por CAIRES et al. (1999), ressaltam que a menor resposta das culturas à calagem no sistema plantio direto pode estar relacionada com o menor efeito tóxico do Al, decorrente da formação de complexos orgânicos solúveis presentes nos restos de plantas ou da possibilidade dos teores de Ca⁺², Mg⁺² e K⁺ apresentarem disponibilidade suficiente no perfil do solo para manter-se em equilíbrio com o alumínio .

5.5 TEOR DE Ca⁺² FOLIAR

Conforme observa-se na Tabela 16, os teores foliares de Cálcio em todos os tratamentos foram superiores a 4,0 g kg⁻¹, sendo considerado adequado de 2,5 a 4,0 g kg⁻¹ conforme MALAVOLTA et al., (1997).

TABELA 10 – EFEITO DOS TRATAMENTOS NO TEOR DE Ca⁺² FOLIAR – 2002

Tratamentos	Ca ⁺²g kg ⁻¹
AM	4,14 a
DI	4,61 a
DII	4,65 a
DIII	5,14 a
DIV	4,09 a
DV	4,74 a
Média	4,56
Desvio padrão	1,13
C.V.	24,8

NOTA: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Esses teores não diferiram estatisticamente pelo teste F (1% e 5%). O tratamento DIII (2000 kg ha⁻¹ de NureSoil + Adubação Mineral) apresentou uma leve tendência de aumento, quando comparado com as demais doses.

⁵⁹MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; SANTOS, J. C. F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxysols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERCATIONS AT LOW pH, 4., Belo Horizonte, 1996. **Abstract**. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/EMBRAPA-CPAC, 1996. p.8.

TISSI (2001) também não observou aumento no teor de Ca^{+2} foliar após 22 meses da aplicação do calcário em superfície em área de plantio direto, ao qual atribuiu aos elevados teores de Ca^{+2} trocável no solo, mesmo em condições de maior acidez. A descrição da análise de variância faz parte do Apêndice 23.

6 CONCLUSÕES

Concluí-se que ocorreu aumento linear da produção com as doses crescentes de NureSoil, mas não é possível afirmar se tal incremento somente tenha relação com o Ca^{+2} ou foi influenciado pelos outros nutrientes contidos no NureSoil.

O tempo de experimentação foi exíguo, não permitindo a observação da influência dos diferentes tratamentos no deslocamento e aumento do teor de Ca^{+2} trocável no perfil do solo e aumento no teor de Ca foliar, nem sua influência nos demais atributos químicos do solo como pH CaCl_2 e SMP, Mg^{+2} , Saturação por bases (V%) e Al^{+3} . Faz-se, no entanto, necessária a continuidade do presente estudo por um período de tempo maior para melhor avaliar o real efeito substitutivo de fertilizantes comerciais pelo produto em questão, bem como estabelecimento de critérios para recomendação das doses, também, para que seja avaliado o efeito deste produto no carreamento do Ca^{+2} a maiores profundidades e sua influência nos atributos químicos do solo.

7 RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Sugere-se pois, a continuidade do presente trabalho para que, em outras situações mais favoráveis à resposta da aplicação do produto (solos mais ácidos), ou durante períodos mais longos para situações como a presente, onde busca-se em áreas com a acidez já corrigida superficialmente a correção sub-superficial e a movimentação de Ca no perfil do solo, podendo também ser avaliado o seu efeito residual em todas as variáveis discutidas neste trabalho, bem como outras como por exemplo: fósforo, nitrogênio e alguns metais (cobre), no solo e na planta para obtenha-se dados adicionais que permitam o alcance de recomendações mais precisas, de doses que reflitam em aumentos na produtividade das culturas, bem como, possibilitem a diminuição em parte da adubação química, e ao mesmo tempo que reduzam esse passivo ambiental, promotor da contaminação das águas superficiais e de subsuperfície.

Recomenda-se a utilização de materiais de origens diversas diferente do utilizado neste trabalho (como por exemplo, provenientes de lagoas aeróbia, esterqueiras, biodigestores entre outros) assim como a determinação de nutrientes nesses biossólidos antes e após o tratamento pelo Processo N-Viro, e o estudo da viabilidade econômica da utilização desta tecnologia em comparação com as usualmente utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, F.; WHITE, A. W.; DAWSON, R. N. Influence of lime sources and rates on coastal bermudagrass production, soil profile reaction, exchangeable Ca and Mg. **Agronomy Journal**, v. 59, p. 147-149, 1967.

ALCARDE, J. C. Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo. In: SIMPOSIO SOBRE ACIDEZ E CALAGEM, XV REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15., 1983, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p. 11-23.

ALCARDE, J. C.; RODELLA, A. A. O Equivalente em Carbonato de Cálcio dos Corretivos da Acidez dos Solos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n.2-3, p. 10, 1996. Disponível em: <<http://www.portal.ufpr.br/unidade.html>> Acesso em: 17 mar. 2002.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p.695-702, 2001.

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A.; CRUSCIOLI, C. A. Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 321-327, 2001.

ANJOS, A. R. M. **Lixiviação de espécies químicas em latossolos sucessivamente tratados com bio sólido e disponibilidade de metais pesados para plantas de milho**. Piracicaba, 1999, 191 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Departamento de Ciências do Solo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

BARTLETT, R. J.; RIEGO, D. L. Effect of chelation on the toxicity of aluminum. **Plant Soil**, v.37, p. 419-423, 1972.

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 os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo. SBCS- Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.

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 Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 187-192, 1989.

BIGARELLA, J. J. Nota explicativa da folha geológica de Quero-quero. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, n. 19, Novembro, 1966. 21p.

BLOOM, P. R.; McBRIDE, M. B.; WEAVER, R. M. Aluminum organic matter in acid soils, buffering an solution aluminum activity. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.43, p. 488-493, 1979.

BONETT, L. P.; MONTICELLI, C. J. Manejo de dejetos: Controle de insetos. In: Suínos: **O produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. 2ª ed. Ver. Brasília: EMBRAPA-CNPISA, 1998. p. 207-221.

BURNHAM, J. C.; HATFIELD, N.; BENNETT, G. F.; LOGAN, T. J. Use of kiln dust with quicklime for effective municipal sludge pasteurization and stabilization with the N-VIRO Soil process. In: WALKER, Jr., HARDY, T. B.; HOFFMAN, D. C. J.; STANLEY, D. D. **American Society for Testing and Materials**. Philadelphia: ASTM, 1992. p. 128-141.

CAIRES, E. F., BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v. 24, p. 161-169, 2000.

CAIRES E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicado na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Campinas, v. 22, p. 27-34, 1998.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 315-327, 1999.

CAMBERATO, J. J. Bioavailability of calcium, magnesium and sulfur. In: SUMNER, M. E. Ed. **Handbook of Soil Science**. Boca Raton: CRC, 1999. p. 53-69.

CARDOSO, E. J. B. N. Degradação de resíduos orgânicos pela microbiota do solo. In: XX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 10., 1992, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1992. p. 179-193.

CHAVES, L. H. G.; LIBARDI P. L. Lixiviação de potássio e cálcio mais magnésio influenciada pelo pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 145-148, 1995.

CODEPAR; UFPR. **Folha geológica de Quero-quero, Paraná, BR.** Escala 1:50 000 Coordenação Bigarella, J.J. 1965.

DAL BÓ, M. A. **Movimento de bases e crescimento de raízes de cana-de-açúcar em colunas de solo, em função da adição de diferentes sais de cálcio.** Viçosa, 1985, 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal de Viçosa.

EMBRAPA. Manejo de dejetos: Controle de insetos. In: BONNET, L. P.; MONTICELLI, C. J. (Ed). **Suínos: O produtor pergunta, a EMBRAPA responde.** 2 ed. Ver. Brasília: EMBRAPA-CNPQA, 1998. p. 207-221.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993a, p.85-95.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993b, p.97-105.

ERNANI, P. R. **Utilização de compostos orgânicos e adubos minerais na fertilização do solo.** Porto Alegre, 1981. 82 f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Ciências do Solo - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 143-150, 1986.

ERNANI, P. R.; BARBER, S. A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 41-46, 1993.

ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. Diminuição do Al trocável pela incorporação de esterco bovino e cama de aviário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 161-165, 1983.

ERNANI, P. R.; NASCIMENTO, J. A. L.; CAMPOS, M. L.; CAMILLO, R. J. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 537-544, 2000.

ERNANI, P. R.; NASCIMENTO, J. A.; OLIVEIRA, L. C. Aumento no rendimento de grãos e de massa verde do milho ocasionado pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 275-280, 1998.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionados pelo método de aplicação de corretivos de acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 825-831, 2001.

FAGERIA, N. D. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, 2001.

FAGERIA, N. D. Response of upland rice and common bean to liming on the oxisol. In: WRIGHT, R. J.; BALIGAR, V. C.; MURRMAN, R. P. **Plant-Soil interactions at low pH**. Dordrech: Kluwer Academic, 1991, p. 519-525.

FARINA, M. P. W.; CHANNON, P. Acid subsoil amelioration I. A comparison of several mechanical procedures. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 52, p. 169-175, 1988.

FORESTIERI, E. F.; DE-POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e na mucuna preta num podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 167-172, 1990.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 12, p. 2267-2276, 1999.

FURLANI P. R. **Cultivares de milho para a região de Palmeira-PR**. [e-mail: Furlani@barão.iac.br, Pesquisador: Ph.D. Eng^o Agrônomo, IAC, Campinas. Mensagem recebida por: <marpreisler@yahoo.com.br> em: 13/12/2001.

FURLANI, P. R. Toxicidade de alumínio e manganês em plantas. In: **Acidez e Calagem no Brasil**. Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1983, p. 78-85.

GADIOLI, J. L.. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000.

GARGANTINI, H.; MELLO, F. de A. F.; ARZOLLA, S. **Efeitos da calagem sobre os teores de cálcio mais magnésio de perfis de solos de cerrado**. Anais da Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", USP, Campinas, v. 39, p. 1115-1159 1982.

GIUSQUIANI, P. L.; CONCEZZI, L.; BJSINELLI, M.; MARCCHIORI, A. Fate of pig sludge liquid fraction in calcareous soil: Agricultural and environmental implications. **Journal of Environment Quality**, v. 27, p. 364-371, 1998.

HOYT, P. B.; TURNER, R. C. Effects of organic materials added to very acid soils, on pH, aluminum, exchangeable NH_4^+ , and crop field. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 119, p. 227-237, 1975.

HUE, N. V.; CRADDOCK, G. R.; ADAMS, F. Effect of organic acids on aluminum toxicity in subsoils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 50, n.1, p.28-34, 1986.

IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina, 49 p., 1994a.

IAPAR. **Características e uso fertilizante do esterco de suíno**, Londrina, Circular 83, 1994b.

JONES JR, J. B.; CASE, V. W. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. In: **Soil testing and plant analysis**, 3 ed. Madison: Soil Science Society of American, 1990. p. 389-421.

KAMPRATH, E. J. Crop Response to lime on soils in the tropics. In: ADAMS, F. **Soil acidity and liming**, 2 ed. Madison: American Society of Agronomy, 1984, p. 349-368.

KONZEN, E. A. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida.** Belo Horizonte, 1980. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais.

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

LOGAN, T. J.; FAULMANN, E. **Pasterization of chicken and hog manure with alkaline stabilization.** The Ohio State Univ. Columbus. Joint residuals and Biosolids Mgm. Conf., Charlotte, N.C., 1999. p.9. ALKALINE STABILIZATION OF AGRICULTURAL WASTES: annual report. p. 9. Disponível em: <<http://www.N-VIRO.com.facilities/faceis/besteville.update.htm>> Acesso em: 05 nov. 1999.

LOGAN, T. J.; HARRISON, B. J. Physical characteristic of alkaline stabilized sewage sludge (N-Viro Soil) and their effects on soil physical properties. **Journal of Environmental Quality**, v.24, p. 153-164, 1995.

LOYOLA JUNIOR, E.; PAVAN ,M. A. Seletividade de troca de cátions em solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 131-138, 1989.

LUCCHESI, L. A. C. Características dos bio sólidos e efeitos de sua reciclagem em ambientes edáficos com ênfase na dinâmica de elementos traços. In: I SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BÍOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, 1., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba. SANEPAR/ABES, p. 77-81. 1998.

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, 1997. 362 f. Tese (Doutorado) - Ohio State University.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná.** Curitiba. Editor Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 442 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição vegetal.** São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação.** 4 ed. São Paulo: Ceres, 1979. 255p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MELLO F. A. F.; ARZOLLA, S.; KIEHL, J. C. C.; SOBRINHO BRASIL, M. O. C.; NETO COBRA, A.; SILVEIRA, R. I. Efeito da adição de uréia e sulfato de amônio sobre o pH e nitrificação de um solo árido. In: XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 14., 1980. Cuiabá. **Anais...**Cuiabá: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1980.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, p. 391-411, 1987.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo glei pouco húmico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 209-215, 2000.

MIYAZAWA, M.; CHIARICE, G. D.; PAVAN, M. A. Amenização da toxicidade de alumínio às raízes de trigo pela complexação com ácidos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v. 16, p. 209-215, 1992.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. ; CALEGARI, A. Efeito do material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 411-416, 1993.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 92, p. 1-8, 2000.

MORELLI, J. L.; NELLI, E. J.; DEMATTÊ, J. L. I.; DALBEN, A. E. Efeito do gesso e calcário nas propriedades químicas de solos arenosos álicos e na produção de cana-de-açúcar. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1987. 96p.

MORÉS, N. Produção de suínos em cama sobreposta (Deep Bedding) : aspectos sanitários. In: V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA., n. 5, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/publicações/anais009/anais.html>> Acesso em: 20 mar. 2002.

NOGUEIRA, A. R. A.; MOZETO A. A. Interações químicas do sulfato e carbonato de cálcio em seis solos paulistas sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 1-6, 1990.

N-VIRO. Disponível em: <<http://www.nviro.com./technology/advantages.htm>>. Acesso em 30 de agosto 2002.

N-VIRO. ALKALINE STABILIZATION OF AGRICULTURAL WASTES. Anual Report p. 1-13. Disponível em: <<http://www.nviro.com.facilities/faceis/beltesville.update.htm>> Acesso em: 05 nov. 1999.

NWACHUKU, D. A.; LOGANATHAN, P. The effect of liming on maize yied and soil proprieties in Southerm Nigeria. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 22, p. 623-639, 1991.

OLIVEIRA, P. A. V. Produção de suínos em sistemas Deep Beedding: Experiência brasileira. In: V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, São Paulo, 2000. **Anais...** São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/publicações/anais009/anais.html>> Acesso em: 20 mar. 2002.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos**. EMBRAPA-CNPISA, Concórdia, n. 27, 188 p., 1993.

OLIVEIRA, E.; PARIZOTTO, M. L. V. **Características e uso fertilizante do esterco de suínos**. IAPAR, Circular n. 83, Londrina, 24 p. 1994.

OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho em um latossolo vermelho escuro álico a calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 65-70, 1997.

PAVAN, M. A. O cálcio como nutriente para as culturas. In: SEMINÁRIO: P, Ca, Mg, S e micronutrientes. Situação e perspectiva na agricultura. 1984, **Anais...** Manah S/A, p. 82-87.

PAVAN, M. A. Ação dos corretivos e fertilizantes na dinâmica de íons no solo. In: IAPAR, **Curso de atualização em fertilidade do solo**. Londrina, p. 47-63, 1983.

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

PERDOMO, C. C. Alternativas para o manejo e tratamento de dejetos suínos. **Suinocultura Industrial**, Campinas: Gessuli, v. 23, n. 152, p. 16-26, 2001.

PERDOMO, C. C. Manejo e tratamento de dejetos de suínos. **Suinocultura Industrial**, Campinas: Gessuli, n. 145, p. 14-17, 2000.

PERDOMO, C. C. Uso racional de dejetos de suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 1, 1996, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Gessuli, 1996. p. 1-19.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. Considerações sobre a questão de dos dejetos e o meio ambiente. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S.; SESTI, L. A. C. **Suinocultura Intensiva: Produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília: EMBRAPA-CNPISA, 1998, p. 233-235.

PILLON, C. Consórcio Lambari. **Suinocultura Industrial**, Campinas: Gessuli, n. 159, p. 10-12, 2002.

PLEYSIER, J. L.; JUO, A. S. R. Leaching of fertilizer ions in a Ultisol from the high rainfall tropics: leaching through undisturbed soil columns. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 45, p. 754-760, 1981.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA. **Plano diretor da propriedade rural do município de Concórdia**, Estado de Santa Catarina. 2.ed. Concórdia: PMC, 1994. 115 p.

PREZOTTO-MATTIAZZO, M. E. **Química ambiental e agronomia**. In: DECHEN, A. R. **Adubação, produtividade e ecologia**: Simpósios. Campinas: Fundação Cargil, 1992.p. 157-178.

QUAGGIO, J. A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de ions no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p.375-383, 1993.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafós, p. 225-226, 1991.

RAIJ, B. V. O cálcio como nutriente para as culturas. In: SEMINÁRIO P, Ca, Mg, E MICRONUTRIENTES. Situação e perspectiva na agricultura, 1984, **Anais...** Manah S/A. p. 96.

RECOMENDAÇÕES técnicas para a cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO; EMATER; FECOAGRO/RS, 1999, Boletim Técnico, n.6.

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

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; XAVIER, F. M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso, **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 263-268, 2000.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; SOUZA, D. M. G. Relação entre o teor de cálcio no solo e o desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 269-275, 1983.

RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a brazilian savannah oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, p. 40-44, 1980.

ROPPA, L. Globo Suíno. **Suinocultura Industrial**, Campinas: Gessuli, v. 23, n. 143, dez./00 jan./01, 2001.

ROPPA, L. Deep Bedding. **Suinocultura Industrial**, Campinas: Gessuli, n. 143, p. 16-18, 2000.

SÁ, J. C. M., **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**, Castro, FUNDAÇÃO ABC, 1993, 96 p.

SCHERER, E. E. Micronutrientes no esterco de suínos: diagnose e uso na adubação. EPAGRI. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 10, n. 1, 1997.

SCHERER, E. E.; CASTILHOS, E. G. Esterco de suínos como fonte de nitrogênio para milho e feijão safrinha. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 7, n. 3, p. 25-28, 1984.

SCHERER, E. E.; CASTILHOS, E. G.; JUCKSCH, T.; NADAL, R. **Efeito da adubação com esterco de suínos, Nitrogênio, Fósforo em milho**. EMPASC Boletim Técnico, Florianópolis, v. 24, p. 26, 1984.

SEAB. Secretária Abastecimento do Estado Paraná. Estudo da cadeia produtiva agronegócio paranaense. **Relatório Preliminar**, Curitiba, p. 7-16, 1997.

SEGANFREDO, M. A. **A questão ambiental na utilização de dejetos de suínos como fertilizantes do solo**. EMBRAPA-CNSA Circular Técnica, Concórdia, v. 22, p. 35, 2000.

SEGANFREDO, M. A. Efeito de dejetos de suínos sobre o nitrogênio total, amônio e nitratos na superfície e subsuperfície do solo. In: II REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, n. 2, 1998, Santa Maria: **Anais...** Santa Maria. Sociedade Brasileira de Ciência Solo, 1998. p. 22-25.

SEGANFREDO, M. A. **Efeito de dejetos de suínos utilizados como fertilizante orgânico, sobre as condições do solo**. EMBRAPA – CNPSA, Concórdia, 1997. 53p.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p. 249-254, 1985.

SILVA, D. J.; ALVARENGA, V. H.; SOARES, P. C. Localização de fósforo e de cálcio no solo e seus efeitos sobre o desenvolvimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 203-209, 1993.

SILVA, J. B. C.; NOVAIS, R. F.; SEDIYAMA, C. S. Comportamento de genótipos de soja em solo com alta saturação de alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 287-298, 1984.

SILVEIRA, P. M.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SILVA, S. C.; CUNHA, A. A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2057-2064, 2000.

SIMEPAR Dados de precipitação pluviométrica de Ponta Grossa. Curitiba-PR: **Comunicação Pessoal**, junho 2002.

SLOAN, J. J.; BASTA, N. T. Remediation of acid soils by using alkaline biosolids. **Journal Environmental Quality**. v. 24, p. 1097-1103, 1995.

SOPRANO, E.; ALVAREZ V.H. Nutrientes lixiviados de colunas de solo tratadas com diferentes sais de cálcio. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 25-29, 1989.

SOUZA JÚNIOR, J. O. S.; NASCIMENTO, C. W. A ; MARTINEZ, H. E. P. Resposta do feijoeiro cultivado em solução nutritiva a níveis de cálcio e magnésio na presença de alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1143-1148, 1998.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford, 1989. 277p.

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

SUINOCULTURA INDUSTRIAL. **Regiões: Dossiê Suinícola**. Campinas: Gessuli, n. 159. 2002, p. 16-40

TAIGANIDES. E. **Animal wastes**. London: Applied Science Publishers, 1977. 429 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Belmont: The Benjamin Cummings; FCAVY, p. 279-317, 1988.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Boletim Técnico n.5., 2 ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 171p.

TISSI, J. **Crescimento radicular e nutrição do milho (*Zea mays L.*) cultivado em sistema plantio direto em função da aplicação superficial de calcário em latossolo argiloso**. Curitiba, 2001, 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Paraná.

TOMÉ, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Editora Agropecuária. Guaíba-RS, 1997, 247p.

VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. Q. Formas e dinâmica do cálcio no solo. In: **Fertilidade do solo: Dinâmica e disponibilidade de nutrientes**. Lavras, ESALQ/FAEPE. p. 129-135, 1993.

VELOSO, C. A. C. et al. Efeito de diferentes materiais no pH do solo, **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 123-128, 1992.

WADT, P. G. S.; WADT, L. H. O, Movimentação de cátions em amostras de um latossolo vermelho-amarelo incubadas com duas fontes de Ca. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1157-1164, 1999.

WADT, P. G. S. Alterações eletroquímicas de um latossolo vermelho-amarelo tratado com carbonato sulfato de cálcio. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 519-524, 2000.

WEIRICH NETO, P. H. et al. Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 257-261, 2000.

YAMAGUCHI, A. Informações verbais sobre a Fazenda Santa Terezinha, Palmeira, comunicação pessoal (dados não publicados), 2001.

YAMAKAWA, I. **Effects of aging on leachate characteristics of alkaline stabilized biosolids**. Ohio, 1999, 160 f. Dissertation (Degree Doctor of Philosophy) - The Ohio State University.

ZIGLIO, C. M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, n. 2, p. 257-262, 1999.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - CORREÇÃO DA DOSE DE NURESOIL EM VIRTUDE DO TEOR DE UMIDADE APÓS APLICAÇÃO NA ÁREA EXPERIMENTAL (PALMEIRA-PR).....	107
APÊNDICE 2 - DOSES DE NURESOIL CORRIGIDAS PELO PODER RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL.....	108
APÊNDICE 3 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, DESVIO PADRÃO E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES INICIAIS DE NUTRIENTES NAS PARCELAS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (TEMPO 1).....	109
APÊNDICE 4 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, DESVIO PADRÃO E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DE DOSES DE DEJETOS DE SUÍNOS TRADADOS PELO PROCESSO N-VIRO APLICADO EM SUPERFÍCIE EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE – 4 MESES APÓS A APLICAÇÃO (TEMPO 2).....	112
APÊNDICE 5 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, DESVIO PADRÃO E MÉDIAS DE PRODUTIVIDADE DA CULTURA DE MILHO EM RELAÇÃO AS ADUBAÇÕES.....	113
APÊNDICE 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO pH CaCl ₂ (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES) NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES.....	114
APÊNDICE 7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO pH SMP (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO(6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES).....	115
APÊNDICE 8 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Ca (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4REPETIÇÕES).....	116
APÊNDICE 9 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Mg (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTO X 4 REPETIÇÕES).....	117
APÊNDICE 10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Al (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTO X 4 REPETIÇÕES).....	118
APÊNDICE 11 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO H (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTO X 4 REPETIÇÕES).....	119
APÊNDICE 12 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO H + Al (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTO X 4 REPETIÇÕES).....	120
APÊNDICE 13 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO V% (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTO X 4 REPETIÇÕES).....	121

APÊNDICE 14 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO pH CaCl ₂ (TEMPO 2) DELINEAMENTO	
BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)	122
APÊNDICE 15 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO pH SMP (TEMPO 2) DELINEAMENTO	
BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)	123
APÊNDICE 16 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Ca (TEMPO 2) DELINEAMENTO	
BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)	124
APÊNDICE 17 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Mg (TEMPO 2) DELINEAMENTO	
BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)	125
APÊNDICE 18 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Al (TEMPO 2) DELINEAMENTO	
BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)	126
APÊNDICE 19 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO H (TEMPO 2) DELINEAMENTO	
BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)	127
APÊNDICE 20 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO H + Al (TEMPO 2) DELINEAMENTO	
BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)	128
APÊNDICE 21 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO V% (TEMPO 2) DELINEAMENTO	
BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)	129
APÊNDICE 22 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA ALTURA DAS PLANTAS, DIÂMETRO DE COLMO, AVALIAÇÃO VISUAL DA PARCELA E DO ESTANDE, DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)	130
APÊNDICE 23 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO TEOR DE Ca NA FOLHA, DELINEA- MENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPE- TIÇÕES)	131
APÊNDICE 24 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE, DELINEA- MENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPE- TIÇÕES)	132

APÊNDICE 1 - CORREÇÃO DA DOSE DE NURESOIL EM VIRTUDE DO TEOR DE UMIDADE DETERMINADO APÓS APLICAÇÃO NA ÁREA EXPERIMENTAL (PALMEIRA-PR)

Doses	Base úmida aplicado à campo kg ha ⁻¹	Umidade média 4 repetições ⁽¹⁾ %	Base seca corrigida kg ha ⁻¹
DI	500	23,51	373
DII	1000	26,45	736
DIII	2000	25,16	1497
DIV	4000	25,85	2966
DV	750	26,40	552

FONTE: Metodologia descrita por TEDESCO et al (1995).

NOTA: ⁽¹⁾ Umidade determinada após aplicação à campo

APÊNDICE 2 - DOSES DE NURESOIL CORRIGIDAS PELO PODER RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL (PRNT)

Doses	Dose aplicada à campokg ha ⁻¹	PRNT 2,46 ⁽¹⁾kg ha ⁻¹	Dose total corrigidaMg ha ⁻¹
DI + AM	500	20325	20,32
DII + AM	1000	40650	40,65
DIII + AM	2000	81633	81,63
DIV + AM	4000	162602	162,60
DV + 70% AM	750	30488	30,49

FONTE: Metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

NOTA: ⁽¹⁾Dose = (Dose Recomendada x 100) / PRNT

APÊNDICE 3 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, DESVIO PADRÃO E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES INICIAIS DE NUTRIENTES NAS PARCELAS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (TEMPO 1)

AdubaçõesKg ha ⁻¹	pH CaCl ₂	pH SMP	Ca	Mg	Al	H	H + Al	continua V%
		cmol _c dm ⁻³%.....
0 – 5 cm								
AM	5,4 a	6,1 a	5,15 a	3,33 a	0,00 a	4,72 a	4,72 a	64,1 a
DI	5,4 a	6,1 a	4,65 a	2,68 a	0,12 a	4,65 a	4,77 a	61,4 a
DII	5,4 a	5,9 a	5,10 a	2,98 a	0,00 a	5,30 a	5,30 a	61,2 a
DIII	5,2 a	5,9 a	5,67 a	2,78 a	0,00 a	5,62 a	5,62 a	60,9 a
DIV	5,5 a	6,1 a	5,12 a	2,98 a	0,00 a	4,72 a	4,72 a	63,7 a
DV	5,2 a	5,9 a	4,52 a	2,88 a	0,00 a	5,45 a	5,45 a	57,9 a
Média	5,4	6,0	5,04	2,92	0,02	5,08	5,10	61,5
Desvio Padrão	0,16	0,22	1,05	0,52	0,10	0,84	0,83	4,85
CV	2,1	2,6	22,6	18,5	5,0	12,0	11,6	5,7
5 – 10 cm								
AM	5,4 a	5,9 a	4,63 a	2,58 a	0,10 a	5,50 a	5,60 a	57,3 a
DI	5,4 a	6,1 a	3,83 a	2,12 a	0,10 a	4,73 a	4,83 a	56,2 a
DII	5,4 a	6,0 a	5,30 a	2,48 a	0,00 a	5,05 a	5,05 a	61,2 a
DIII	5,4 a	6,0 a	4,88 a	2,80 a	0,13 a	4,88 a	5,00 a	61,3 a
DIV	5,6 a	6,0 a	4,65 a	2,88 a	0,00 a	5,03 a	5,03 a	59,8 a
DV	5,2 a	5,8 a	4,58 a	2,30 a	0,30 a	5,75 a	6,05 a	53,4 a
Média	5,4	6,0	4,64	2,53	0,10	5,15	5,26	58,2
Desvio Padrão	0,28	0,31	0,96	0,61	0,17	1,12	1,24	6,58
CV	5,1	4,9	21,3	21,9	148,3	66,8	22,6	10,1
10 – 15 cm								
AM	5,0 a	5,6 a	3,78 a	2,10 a	0,30 a	6,83 ab	7,13 a	46,5 a
DI	5,1 a	5,9 a	3,30 a	2,18 a	0,33 a	5,15 b	5,48 a	50,3 a
DII	5,0 a	5,7 a	4,25 a	2,20 a	0,05 a	6,20 ab	6,25 a	51,1 a
DIII	4,7 a	5,2 a	3,58 a	2,90 a	0,43 a	8,80 a	9,23 a	41,3 a
DIV	5,1 a	5,9 a	4,28 a	2,70 a	0,10 a	5,50 ab	5,60 a	56,1 a
DV	4,9 a	5,6 a	3,33 a	2,08 a	0,50 a	6,25 ab	6,75 a	44,7 a
Média	5,0	5,7	3,75	2,36	0,28	6,45	6,74	48,3 a
Desvio Padrão	0,28	0,38	1,01	0,62	0,34	1,87	1,97	9,41
CV	4,1	5,1	25,7	22,7	113,5	21,2	22,5	15,2
15 – 25 cm								
AM	4,9 a	5,6 a	3,95 a	2,00 a	0,45 a	6,50 a	6,95 a	46,0 a
DI	5,0 a	5,8 a	3,50 a	1,50 a	0,33 a	5,38 a	5,70 a	47,1 a
DII	4,8 a	5,5 a	3,45 a	1,33 a	0,65 a	6,78 a	7,43 a	43,7 a
DIII	4,7 a	5,3 a	3,08 a	1,83 a	0,85 a	7,43 a	8,28 a	38,2 a
DIV	4,9 a	5,7 a	3,45 a	1,48 a	0,35 a	6,15 a	6,50 a	43,3 a
DV	4,6 a	5,4 a	2,53 a	1,80 a	1,00 a	7,08 a	8,08 a	35,2 a
Média	4,8 a	5,6	3,33	1,92	0,60	6,55	7,15	42,3
Desvio Padrão	0,23	0,28	1,15	1,46	0,49	1,18	1,54	10,47
CV	3,8	4,6	35,3	73,0	75,8	17,9	20,8	24,0

APÊNDICE 3 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, DESVIO PADRÃO E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES INICIAIS DE NUTRIENTES NAS PARCELAS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES (TEMPO 1)

AdubaçõesKg ha ⁻¹	pH CaCl ₂	pH SMP	Ca	Mg	Al	H	H + Al	conclusão
								V%
.....cmol _c dm ⁻³%.....
25 a 35 cm								
AM	4,6 a	5,3 a	1,75 a	1,18 a	1,73 a	6,55 a	8,28 a	26,9 a
DI	4,7 a	5,5 a	1,80 a	1,10 a	1,30 a	6,03 a	7,33 a	28,6 a
DII	4,4 a	5,1 a	1,58 a	1,05 a	1,60 a	8,23 a	9,83 a	22,0 a
DIII	4,4 a	5,1 a	2,00 a	1,08 a	1,83 a	8,15 a	9,98 a	24,0 a
DIV	4,6 a	5,3 a	2,13 a	0,98 a	1,43 a	6,90 a	8,33 a	27,9 a
DV	4,5 a	5,3 a	2,03 a	1,13 a	1,33 a	7,48 a	8,80 a	26,1 a
Média	4,52	5,28	1,88	1,08	1,53	7,22	8,75	25,9
Desvio Padrão	0,17	0,31	0,77	0,29	0,58	1,69	2,03	6,89
CV	3,2	5,4	38,0	31,7	37,5	8,0	21,8	22,2
35 a 45 cm								
AM	4,4 a	5,3 a	1,10 a	1,60 a	2,03 a	6,60 a	8,62 a	21,9 a
DI	4,5 a	5,4 a	1,10 a	1,20 a	1,55 a	6,13 a	7,68 a	23,5 a
DII	4,4 a	5,3 a	1,03 a	0,93 a	1,95 a	6,73 a	8,68 a	18,9 a
DIII	4,4 a	5,0 a	0,98 a	1,08 a	2,38 a	8,45 a	10,82a	16,6 a
DIV	4,5 a	5,3 a	1,15 a	1,08 a	1,75 a	6,68 a	8,42 a	21,5 a
DV	4,4 a	5,2 a	1,25 a	1,15 a	1,73 a	7,18 a	8,90 a	21,0 a
Média	4,5	5,2	1,10	1,40	1,90	6,96	8,85	20,6
Desvio Padrão	0,12	0,31	0,53	1,43	0,59	1,53	1,96	5,35
CV	2,5	6,3	41,7	104,0	31,5	8,6	23,0	27,9
45 a 55 cm								
AM	4,4 a	5,1 a	0,66 a	1,20 a	2,55 a	7,08 a	9,62 a	15,4 a
DI	4,3 a	5,3 a	0,75 a	1,13 a	1,95 a	6,30 a	8,25 a	19,1 a
DII	4,3 a	5,2 a	0,58 a	0,83 a	2,10 a	7,20 a	9,30 a	13,6 a
DIII	4,3 a	5,0 a	0,68 a	1,10 a	2,53 a	8,10 a	10,62a	14,6 a
DIV	4,4 a	5,2 a	0,62 a	1,10 a	2,15 a	6,90 a	9,05 a	17,0 a
DV	4,3 a	5,2 a	0,75 a	1,08 a	2,00 a	6,90 a	8,90 a	17,4 a
Média	4,3	5,2	0,67	1,32	2,21	7,08	9,29	16,2
Desvio Padrão	0,07	0,26	0,20	1,45	0,62	1,25	1,75	3,65
CV	1,6	5,5	29,9	102,3	30,4	9,5	20,9	21,5

NOTAS: Letras iguais nas colunas indicam não existir diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% entre os tratamentos nas diversas profundidades

AM= adubação mineral (testemunha)

DI= 500 kg ha⁻¹ NureSoil + Adubação Mineral

DII= 1000 kg ha⁻¹ NureSoil + Adubação Mineral

DIII= 2000 kg ha⁻¹ NureSoil + Adubação Mineral

DIV= 4000 kg ha⁻¹ NureSoil + Adubação Mineral

DV= 750 kg ha⁻¹ NureSoil + 70% Adubação Mineral

APÊNDICE 4 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, DESVIO PADRÃO E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DE DOSES DE DEJETOS DE SUÍNOS TRATADOS PELO PROCESSO N-VIRO APLICADO NA SUPERFÍCIE EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE - 4 MESES APÓS A APLICAÇÃO (TEMPO 2)

Adubações Kg ha ⁻¹	pH CaCl ₂	pH SMP	Ca	Mg	Al	H	H + Al	continua
								V%
..... cmol _c dm ⁻³ %.....
0 - 5 cm								
AM	5,4 a	6,1 a	6,32 a	3,30 a	0,00 a	4,70 a	4,70 a	67,5 a
DI	5,3 a	6,2 a	5,38 a	2,45 a	0,00 a	4,50 a	4,50 a	64,5 a
DII	5,2 a	6,0 a	6,05 a	3,28 a	0,00 a	5,20 a	5,20 a	64,6 a
DIII	5,1 a	5,8 a	5,55 a	3,12 a	0,12 a	5,80 a	5,92 a	60,1 a
DIV	5,3 a	6,1 a	5,72 a	2,68 a	0,00 a	4,58 a	4,58 a	65,5 a
DV	5,2 a	5,8 a	5,20 a	2,90 a	0,08 a	5,58 a	5,65 a	59,3 a
Média	5,3	6,0	5,70	2,95	0,03	5,06	5,09	63,6
Desvio Padrão	0,20	0,29	1,18	0,96	0,09	1,02	1,06	5,40
CV	2,6	3,9	21,8	35,6	303,7	16,5	17,1	7,3
5 - 10 cm								
AM	5,4 a	6,0 a	5,62 a	3,10 a	0,00 a	5,02 a	5,02 a	64,0 a
DI	5,4 a	6,1 a	5,08 a	2,50 a	0,00 a	4,68 a	4,68 a	62,7 a
DII	5,2 a	5,9 a	5,50 a	2,65 a	0,05 a	5,48 a	5,52 a	60,0 a
DIII	5,1 a	5,6 a	5,28 a	2,42 a	0,22 a	6,40 a	6,62 a	54,2 a
DIV	5,2 a	6,0 a	5,00 a	2,60 a	0,00 a	5,12 a	5,12 a	60,9 a
DV	5,1 a	5,8 a	4,80 a	2,60 a	0,10 a	5,85 a	5,95 a	55,4 a
Média	5,2	5,9	5,21	2,65	0,06	5,42	5,49	59,5
Desvio Padrão	0,22	0,33	0,86	0,65	0,14	1,25	1,31	5,93
CV	3,1	4,4	18,0	24,4	226,1	18,7	19,4	7,7
10 - 15 cm								
AM	5,2 a	5,8 a	4,90 a	2,58 a	0,28 a	5,90 a	6,18 a	55,7 a
DI	5,2 a	6,0 a	4,48 a	2,58 a	0,08 a	5,02 a	5,10 a	58,6 a
DII	4,9 a	5,6 a	4,35 a	2,25 a	0,25 a	6,40 a	6,65 a	50,2 a
DIII	4,9 a	5,4 a	4,62 a	2,22 a	0,60 a	7,00 a	7,60 a	47,1 a
DIV	5,1 a	5,8 a	4,12 a	2,48 a	0,22 a	5,72 a	5,95 a	53,8 a
DV	4,8 a	5,6 a	4,32 a	1,92 a	0,50 a	6,58 a	7,08 a	47,3 a
Média	5,0	5,7	4,47	2,30	0,32	6,10	6,42	52,1
Desvio Padrão	0,26	0,36	0,87	0,64	0,32	1,46	1,68	7,50
CV	4,3	5,6	18,7	29,6	94,2	22,7	24,1	12,9
15 - 25 cm								
AM	4,8 a	5,6 a	2,92 a	2,12 a	1,02 a	6,18 a	7,20 a	41,5 a
DI	4,5 a	5,5 a	2,02 a	1,92 a	1,22 a	6,18 a	7,40 a	34,9 a
DII	4,6 a	5,3 a	2,78 a	1,60 a	0,95 a	7,48 a	8,42 a	34,4 a
DIII	4,4 a	5,1 a	2,05 a	2,10 a	1,90 a	7,98 a	9,88 a	30,5 a
DIV	4,6 a	5,4 a	2,10 a	1,82 a	1,50 a	7,02 a	8,52 a	32,3 a
DV	4,5 a	5,2 a	2,50 a	1,92 a	1,32 a	7,45 a	8,78 a	33,2 a
Média	4,6	5,3	2,40	1,92	1,32	7,05	8,37	34,5
Desvio Padrão	0,25	0,31	0,99	0,55	0,69	1,49	1,98	8,96
CV	5,4	5,5	37,7	28,0	63,3	19,1	22,8	24,5

APÊNDICE 4 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, DESVIO PADRÃO E MÉDIAS DAS CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES EM FUNÇÃO DE DOSES DE DEJETOS DE SUÍNOS TRATADOS PELO PROCESSO N-VIRO APLICADO NA SUPERFÍCIE EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE - 4 MESES APÓS A APLICAÇÃO (TEMPO 2)

AdubaçõesKg ha ⁻¹	pH CaCl ₂	pH SMP	Ca	Mg	Al	H	H + Al	conclusão V%
		cmol _c dm ⁻³%.....
25 a 35 cm								
AM	4,4 a	5,4 a	1,65 a	1,72 a	2,18 a	5,95 a	8,12 a	29,4 a
DI	4,4 a	5,3 a	1,44 a	1,55 a	2,08 a	6,35 a	8,42 a	26,8 a
DII	4,3 a	5,1 a	1,22 a	1,45 a	2,28 a	7,52 a	9,80 a	22,0 a
DIII	4,2 a	5,0 a	1,08 a	1,38 a	2,55 a	8,40 a	10,95a	18,9 a
DIV	4,3 a	5,0 a	1,20 a	1,12 a	2,38 a	8,30 a	10,68a	18,0 a
DV	4,2 a	5,4 a	1,40 a	1,50 a	2,28 a	5,80 a	8,08 a	27,0 a
Média	4,3	5,2	1,34	1,45	2,29	7,05	9,34	23,8
Desvio Padrão	0,16	0,27	0,52	0,41	0,74	1,64	1,88	6,58
CV	3,1	4,6	25,9	28,0	36,5	20,4	18,0	21,2
35 a 45 cm								
AM	4,2 a	5,1 a	1,10 a	1,40 a	2,65 a	7,30 a	9,95 a	20,4 a
DI	4,2 a	5,2 a	0,90 a	1,10 a	2,60 a	6,52 a	9,12 a	18,6 a
DII	4,2a	5,2 a	1,02 a	1,28 a	2,42 a	7,08 a	9,50 a	20,3 a
DIII	4,2 a	5,0 a	0,92 a	1,10 a	3,08 a	7,45 a	10,52a	16,5 a
DIV	4,2 a	5,0 a	0,90 a	1,02 a	2,55 a	7,92 a	10,48a	16,5 a
DV	4,2 a	5,1 a	1,08 a	0,95 a	2,32 a	7,65 a	9,97 a	16,8 a
Média	4,2	5,1	0,99	1,14	2,60	7,32	9,92	18,2
Desvio Padrão	0,10	0,25	0,48	0,40	0,77	1,41	1,96	4,47
CV	2,9	5,4	33,1	35,3	34,2	20,3	21,1	17,4
45 a 55 cm								
AM	4,1 a	5,1 a	0,82 a	1,02 a	3,02 a	6,80 a	9,82 a	16,7 a
DI	4,2 a	5,2 a	0,82 a	0,98 a	2,55 a	6,18 a	8,72 a	17,5 a
DII	4,1 a	5,1 a	0,78 a	0,98 a	2,72 a	7,08 a	9,80 a	15,6 a
DIII	4,1 a	5,0 a	0,75 a	0,88 a	3,20 a	7,58 a	10,78a	13,5 a
DIV	4,2 a	5,0 a	0,85 a	0,78 a	2,85 a	7,65 a	10,50a	13,8 a
DV	4,2 a	5,2 a	0,80 a	0,72 a	2,65 a	6,85 a	9,50 a	14,2 a
Média	4,2	5,1	0,80	0,89	2,83	7,02	9,85	15,2
Desvio Padrão	0,04	0,25	0,36	0,23	0,77	1,24	1,90	3,51
CV	1,5	5,1	17,2	23,6	30,9	17,0	20,1	15,0

NOTAS: Letras iguais nas colunas indicam não existir diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% entre os tratamentos nas diversas profundidades

AM= adubação mineral (testemunha)

DI= 500 kg ha⁻¹ NureSoil + Adubação Mineral

DII= 1000 kg ha⁻¹ NureSoil + Adubação Mineral

DIII= 2000 kg ha⁻¹ NureSoil + Adubação Mineral

DIV= 4000 kg ha⁻¹ NureSoil + Adubação Mineral

DV= 750 kg ha⁻¹ NureSoil + 70% Adubação Mineral

APÊNDICE 5 - COEFICIENTE DE VARIAÇÃO, DESVIO PADRÃO, MÉDIAS DE PRODUTIVIDADE DA CULTURA DE MILHO EM RELAÇÃO AS ADUBAÇÕES

Tratamentos	Grãos secoskg ha ⁻¹
AM	4864,27
DI	4833,35
DII	5016,95
DIII	5095,16
DIV	5280,50
DV	4889,17
Média	4996,57
Desvio padrão	589,96
C.V.	13,4

NOTAS: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%

AM= adubação sintética (testemunha)

DI= 500 kg ha⁻¹ NureSoil + adubação sintética

DII= 1000 kg ha⁻¹ NureSoil + adubação sintética

DIII= 2000 kg ha⁻¹ NureSoil + adubação sintética

DIV= 4000 kg ha⁻¹ NureSoil + adubação sintética

DV= 750 kg ha⁻¹ NureSoil + 70% AM

APÊNDICE 6 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO pH CaCl₂ (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES) NAS DIFERENTES PROFUNDIDADES

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
pH CaCl ₂ 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,25	0,08	6,79**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,17	0,03	2,80ns		
Erro	15	0,19	0,01			
TOTAL	23	0,61				
pH CaCl ₂ 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,45	0,15	2,00ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,23	0,05	0,613ns		
Erro	15	1,12	0,08			
TOTAL	23	1,80				
pH CaCl ₂ 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,62	0,21	5,07**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,53	0,11	2,57ns		
Erro	15	0,61	0,04			
TOTAL	23	1,76				
pH CaCl ₂ 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,17	0,06	1,28ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,37	0,07	1,68ns		
Erro	15	0,67	0,04			
TOTAL	23	1,21				
pH CaCl ₂ 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,20	0,07	3,19*	2,90	4,56
Tratamento	5	0,12	0,02	1,16ns		
Erro	15	0,32	0,02			
TOTAL	23	0,64				
pH CaCl ₂ 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,11	0,03	2,79ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,03	0,01	0,43ns		
Erro	15	0,19	0,01			
TOTAL	23	0,32				
pH CaCl ₂ 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,02	0,01	1,19ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,03	0,01	1,08ns		
Erro	15	0,08	0,01			
TOTAL	23	0,12				

NOTAS: *= significativo pelo teste F ao nível de 5%

**= altamente significativo pelo teste F ao nível de 1%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO pH SMP (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
pHCaCl ₂ 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,25	0,08	6,79**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,17	0,03	2,80ns		
Erro	15	0,19	0,01			
TOTAL	23	0,61				
pHCaCl ₂ 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,45	0,15	2,00ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,23	0,05	0,613ns		
Erro	15	1,12	0,08			
TOTAL	23	1,80				
pHCaCl ₂ 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,62	0,21	5,07**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,53	0,11	2,57ns		
Erro	15	0,61	0,04			
TOTAL	23	1,76				
pHCaCl ₂ 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,17	0,06	1,28ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,37	0,07	1,68ns		
Erro	15	0,67	0,04			
TOTAL	23	1,21				
pHCaCl ₂ 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,20	0,07	3,19*	2,90	4,56
Tratamento	5	0,12	0,02	1,16ns		
Erro	15	0,32	0,02			
TOTAL	23	0,64				
pHCaCl ₂ 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,11	0,03	2,79ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,03	0,01	0,43ns		
Erro	15	0,19	0,01			
TOTAL	23	0,32				
pHCaCl ₂ 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,02	0,01	1,19ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,03	0,01	1,08ns		
Erro	15	0,08	0,01			
TOTAL	23	0,12				

NOTAS: *= significativo pelo teste F ao nível de 5%

**= altamente significativo pelo teste F ao nível de 1%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 8 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Ca (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO
(6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES) – 2001

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
Ca 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	2,19	0,73	0,56ns	2,90	4,56
Tratamento	5	3,37	0,68	0,52ns		
Erro	15	19,56	1,30			
TOTAL	23	25,12				
Ca 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	2,10	0,70	0,71ns	2,90	4,56
Tratamento	5	4,64	0,93	0,95ns		
Erro	15	14,64	0,98			
TOTAL	23	21,38				
Ca 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	6,01	2,00	2,15ns	2,90	4,56
Tratamento	5	3,76	0,75	0,83ns		
Erro	15	13,89	0,93			
TOTAL	23	23,66				
Ca 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	4,95	1,65	1,18ns	2,90	4,56
Tratamento	5	4,62	0,92	0,67ns		
Erro	15	20,78	1,38			
TOTAL	23	30,31				
Ca 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	5,12	1,71	3,34**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,85	0,17	0,33ns		
Erro	15	7,66	0,51			
TOTAL	23	13,62				
Ca 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	3,17	1,06	5,03**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,19	0,04	0,18ns		
Erro	15	3,17	0,21			
TOTAL	23	6,52				
Ca 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,22	0,07	1,86ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,10	0,02	0,52ns		
Erro	15	0,61	0,04			
TOTAL	23	0,93				

NOTAS: **= altamente significativo pelo teste F ao nível de 1%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾ Profundidades em cm

APÊNDICE 9 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Mg (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO
(6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
Mg 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	1,04	0,35	1,19ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,73	0,15	0,5ns		
Erro	15	4,38	0,29			
TOTAL	23	6,15				
Mg 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	2,57	0,86	2,78ns	2,90	4,56
Tratamento	5	1,38	0,28	0,89ns		
Erro	15	4,62	0,31			
TOTAL	23	8,57				
Mg 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	1,97	0,66	2,29ns	2,90	4,56
Tratamento	5	2,46	0,49	1,72ns		
Erro	15	4,31	0,29			
TOTAL	23	8,74				
Mg 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	13,99	4,66	2,38ns	2,90	4,56
Tratamento	5	5,66	1,13	0,58ns		
Erro	15	29,47	1,96			
TOTAL	23	49,12				
Mg 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,15	0,05	0,43ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,09	0,02	0,58ns		
Erro	15	1,75	0,12			
TOTAL	23	1,99				
Mg 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	3,14	1,08	0,511ns	2,90	4,56
Tratamento	5	12,08	2,42	1,14ns		
Erro	15	31,88	2,12			
TOTAL	23	47,10				
Mg 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	4,36	1,45	0,66ns	2,90	4,56
Tratamento	5	10,74	2,42	0,98ns		
Erro	15	33,05	2,20			
TOTAL	23	48,14				

NOTAS: ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO AI (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO
(6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
AI 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,03	0,01	0,33ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,05	0,01	1,04ns		
Erro	15	0,16	0,01			
TOTAL	23	0,24				
AI 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,12	0,04	1,79ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,24	0,05	2,2ns		
Erro	15	0,33	0,02			
TOTAL	23	0,69				
AI 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,44	0,15	1,46ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,63	0,13	1,25ns		
Erro	15	1,52	0,10			
TOTAL	23	2,59				
AI 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,92	0,31	1,48ns	2,90	4,56
Tratamento	5	1,54	0,31	1,49ns		
Erro	15	3,11	0,21			
TOTAL	23	5,57				
AI 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	1,70	0,57	1,71ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,94	0,19	0,57ns		
Erro	15	4,95	0,33			
TOTAL	23	7,59				
AI 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,81	0,27	0,75ns	2,90	4,56
Tratamento	5	1,68	0,34	0,93ns		
Erro	15	5,39	0,36			
TOTAL	23	7,87				
AI 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,59	0,20	0,43ns	2,90	4,56
Tratamento	5	1,37	0,27	0,61ns		
Erro	15	6,77	0,45			
TOTAL	23	8,73				

NOTAS: ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 11 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO H (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO
(6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
H 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	6,82	2,27	6,16**	2,90	4,56
Tratamento	5	3,68	0,74	1,99ns		
Erro	15	5,54	0,37			
TOTAL	23	16,64				
H 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	7,91	2,64	0,22ns	2,90	4,56
Tratamento	5	3,06	0,61	0,05ns		
Erro	15	17,76	11,84			
TOTAL	23	28,72				
H 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	181,11	6,04	3,23*	2,90	4,56
Tratamento	5	24,87	4,97	2,65ns		
Erro	15	27,11	1,87			
TOTAL	23	70,08				
H 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,89	0,30	0,22ns	2,90	4,56
Tratamento	5	10,54	2,11	1,53ns		
Erro	15	20,61	1,37			
TOTAL	23	32,04				
H 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	11,30	3,77	1,47ns	2,90	4,56
Tratamento	5	15,68	3,14	1,22ns		
Erro	15	38,38	2,56			
TOTAL	23	65,36				
H 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	5,29	1,76	0,74ns	2,90	4,56
Tratamento	5	12,92	2,58	1,08ns		
Erro	15	35,78	2,39			
TOTAL	23	53,98				
H 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	1,21	0,40	0,29ns	2,90	4,56
Tratamento	5	6,91	1,38	0,74ns		
Erro	15	27,84	1,86			
TOTAL	23	35,96				

NOTAS: *= significativo pelo teste F ao nível de 5%

**= altamente significativo pelo teste F ao nível de 1%

ns= não significativo pelo teste F

APÊNDICE 12 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO H+AI (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
H+AI 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	7,16	2,39	6,81**	2,90	4,56
Tratamento	5	3,30	0,66	1,88ns		
Erro	15	5,24	0,35			
TOTAL	23	15,70				
H+AI 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	9,84	3,28	2,33ns	2,90	4,56
Tratamento	5	4,38	0,88	0,62ns		
Erro	15	21,13	1,41			
TOTAL	23	35,36				
H+AI 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	23,18	7,73	3,37ns	2,90	4,56
Tratamento	5	31,85	6,37	2,78ns		
Erro	15	34,40	2,29			
TOTAL	23	89,44				
H+AI 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	2,03	0,68	0,30ns	2,90	4,56
Tratamento	5	19,05	3,81	1,13ns		
Erro	15	33,38	2,22			
TOTAL	23	54,46				
H+AI 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	19,66	6,55	1,8ns	2,90	4,56
Tratamento	5	20,38	4,13	1,13ns		
Erro	15	54,60	3,64			
TOTAL	23	94,64				
H+AI 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	4,35	1,45	0,35ns	2,90	4,56
Tratamento	5	22,18	4,44	1,07ns		
Erro	15	61,99	4,13			
TOTAL	23	88,52				
H+AI 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	1,76	0,59	0,16ns	2,90	4,56
Tratamento	5	12,74	3,23	0,86ns		
Erro	15	56,34	3,76			
TOTAL	23	70,84				

NOTAS: **= significativo, pelo teste F ao nível de 1%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾ Profundidades em cm

APÊNDICE 13 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO V% (TEMPO 1) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
V% 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	259,68	86,56	7,09**	2,90	4,56
Tratamento	5	99,08	19,80	1,05ns		
Erro	15	183,12	12,21			
TOTAL	23	541,88				
V% 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	275,27	91,76	2,63ns	2,90	4,56
Tratamento	5	196,35	39,27	1,13ns		
Erro	15	522,89	34,86			
TOTAL	23	994,51				
V% 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	672,33	224,11	4,14*	2,90	4,56
Tratamento	5	551,77	110,35	2,04ns		
Erro	15	812,13	54,14			
TOTAL	23	2036,22				
V% 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	506,54	168,85	1,64ns	2,90	4,56
Tratamento	5	427,88	85,58	0,83ns		
Erro	15	1538,75	102,58			
TOTAL	23	2523,16				
V% 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	472,01	157,34	4,77**	2,90	4,56
Tratamento	5	124,82	24,36	0,76ns		
Erro	15	494,25	32,95			
TOTAL	23	1091,08				
V% 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	252,26	84,09	4,40*	2,90	4,56
Tratamento	5	119,59	23,92	1,25ns		
Erro	15	287,03	19,13			
TOTAL	23	658,88				
V% 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	43,05	14,35	1,18ns	2,90	4,56
Tratamento	5	82,04	16,41	0,74ns		
Erro	15	181,56	12,10			
TOTAL	23	306,70				

NOTAS: *= significativo pelo teste F ao nível de 5%

**= significativo pelo teste F ao nível de 1%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 14 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO pH CaCl₂.(TEMPO 2) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
pH CaCl ₂ 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,51	0,17	9**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,16	0,03	1,63ns		
Erro	15	0,28	0,02			
TOTAL	23	0,95				
pH CaCl ₂ 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,37	0,12	4,69*	2,90	4,56
Tratamento	5	0,34	0,07	2,61		
Erro	15	0,39	0,03			
TOTAL	23	1,10				
pH CaCl ₂ 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,39	0,13	2,80ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,53	0,11	2,28ns		
Erro	15	0,70	0,05			
TOTAL	23	1,61				
pH CaCl ₂ 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,25	0,08	1,38ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,27	0,05	0,914ns		
Erro	15	0,90	0,06			
TOTAL	23	1,42				
pH CaCl ₂ 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,12	0,04	2,23ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,22	0,04	2,39ns		
Erro	15	0,27	0,02			
TOTAL	23	0,61				
pH CaCl ₂ 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,04	0,01	0,89ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,04	0,01	0,48ns		
Erro	15	0,23	0,02			
TOTAL	23					
pH CaCl ₂ 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,03	0,01	3,79*	2,90	4,56
Tratamento	5	0,01	0,00	0,65ns		
Erro	15	0,06	0,00			
TOTAL	23	0,10				

NOTAS: *= significativo pelo teste F ao nível de 5%

**= altamente significativo, pelo teste F ao nível de 1%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 15 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO pH SMP (TEMPO 2) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
pHSMP 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,594	0,198	3,65*	2,90	4,56
Tratamento	5	0,557	0,111	2,05		
Erro	15	0,813	0,054			
TOTAL	23	1,964				
pHSMP 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,832	0,277	4,10**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,693	0,139	2,06ns		
Erro	15	1,013	0,0675			
TOTAL	23	2,538				
pHSMP 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,581	0,194	1,89ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,807	0,161	1,57ns		
Erro	15	1,542	0,1028			
TOTAL	23	2,930				
pHSMP 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,458	0,153	1,79ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,519	0,104	1,22ns		
Erro	15	1,279	0,0853			
TOTAL	23	2,256				
pHSMP 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,09458	0,0315	0,55ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,692	0,138	2,42ns		
Erro	15	0,853	0,0569			
TOTAL	23	1,640				
pHSMP 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,175	0,05819	0,77ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,177	0,02342	0,31ns		
Erro	15	1,138	0,07590			
TOTAL	23	1,490				
pHSMP 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,221	0,07375	1,97ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,187	0,03742	0,56ns		
Erro	15	1,002	0,06680			
TOTAL	23	1,410				

NOTAS: *= significativo pelo teste F ao nível de 5%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 16 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Ca (TEMPO 2) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
Ca 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	5,26	1,75	1,13ns	2,90	4,56
Tratamento	5	3,57	0,71	0,46ns		
Erro	15	23,24	1,55			
TOTAL	23	32,07				
Ca 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	1,85	0,62	0,70ns	2,90	4,56
Tratamento	5	1,96	0,39	0,45ns		
Erro	15	13,19	0,88			
TOTAL	23	17,01				
Ca 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	3,01	1,00	1,43ns	2,90	4,56
Tratamento	5	1,45	0,29	0,42ns		
Erro	15	10,49	0,70			
TOTAL	23	19,45				
Ca 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	7,19	2,40	2,96ns	2,90	4,56
Tratamento	5	3,12	0,62	0,76ns		
Erro	15	12,30	0,82			
TOTAL	23	22,61				
Ca 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	3,40	1,13	9,44**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,83	0,17	1,39		
Erro	15	1,80	0,12			
TOTAL	23	6,04				
Ca 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	3,51	1,17	10,90**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,15	0,03	0,27		
Erro	15	1,61	0,11			
TOTAL	23					
Ca 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	2,70	0,92	49,38**	2,90	4,56
Tratamento	5	0,03	0,01	0,29		
Erro	15	0,28	0,02			
TOTAL	23					

NOTAS: **= significativo, pelo teste F ao nível de 1%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 17 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO Mg (TEMPO 2) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
Mg 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	2,31	0,77	0,69ns	2,90	4,56
Tratamento	5	2,35	0,47	0,42ns		
Erro	15	16,59	1,11			
TOTAL	23	21,24				
Mg 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	2,32	0,77	1,85ns	2,90	4,56
Tratamento	5	1,12	0,22	0,54ns		
Erro	15	6,26	0,42			
TOTAL	23	9,70				
Mg 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,91	0,30	0,65ns	2,90	4,56
Tratamento	5	1,60	0,32	0,69ns		
Erro	15	6,96	0,46			
TOTAL	23	9,47				
Mg 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	2,01	0,67	2,32ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,74	0,15	0,52ns		
Erro	15	4,34	0,29			
TOTAL	23	7,09				
Mg 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,67	0,22	1,34ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,80	0,16	0,96ns		
Erro	15	2,48	0,17			
TOTAL	23	3,94				
Mg 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,81	0,27	1,66ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,50	0,11	0,69ns		
Erro	15	2,43	0,16			
TOTAL	23	3,74				
Mg 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,26	0,09	1,97ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,29	0,06	0,56ns		
Erro	15	0,66	0,04	1,32ns		
TOTAL	23	1,22				

NOTAS: ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 18 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO AI (TEMPO 2) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
AI 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,01	0,00	0,40ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,06	0,01	1,41ns		
Erro	15	0,12	0,01			
TOTAL	23	0,19				
AI 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,00	0,00	0,023ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,16	0,03	1,72ns		
Erro	15	0,28	0,02			
TOTAL	23	0,44				
AI 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,19	0,06	0,70ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,75	0,15	1,64ns		
Erro	15	1,36	0,09			
TOTAL	23	2,30				
AI 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	1,23	0,41	0,82ns	2,90	4,56
Tratamento	5	2,41	0,48	0,97ns		
Erro	15	7,73	0,50			
TOTAL	23	11,06				
AI 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	1,59	0,53	0,76ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,54	0,11	0,16ns		
Erro	15	10,40	0,69			
TOTAL	23	12,53				
AI 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,39	0,13	0,16ns	2,90	4,56
Tratamento	5	1,35	0,27	0,34ns		
Erro	15	11,82	0,79			
TOTAL	23	13,55				
AI 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	0,94	0,31	0,41ns	2,90	4,56
Tratamento	5	1,19	0,24	0,31ns		
Erro	15	11,47	0,76			
TOTAL	23	13,59				

NOTAS: ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 19 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO H (TEMPO 2) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
H 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	7,55	2,52	3,60*	2,90	4,56
Tratamento	5	6,04	1,21	1,72ns		
Erro	15	10,55	0,70			
TOTAL	23	24,14				
H 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	12,86	4,29	4,16*	2,90	4,56
Tratamento	5	7,78	1,56	1,51ns		
Erro	15	15,52	1,03			
TOTAL	23	36,16				
H 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	10,37	3,46	1,81ns	2,90	4,56
Tratamento	5	9,85	1,97	1,03ns		
Erro	15	28,71	1,91			
TOTAL	23	48,93				
H 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	12,55	4,18	2,29ns	2,90	4,56
Tratamento	5	10,91	2,18	1,20ns		
Erro	15	27,30	1,82			
TOTAL	23	50,76				
H 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	3,52	1,18	0,57ns	2,90	4,56
Tratamento	5	27,49	5,50	2,65ns		
Erro	15	31,11	2,07			
TOTAL	23	62,12				
H 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	8,22	2,74	1,24ns	2,90	4,56
Tratamento	5	4,73	0,95	0,43ns		
Erro	15	32,98	2,20			
TOTAL	23	45,94				
H 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	7,90	2,63	1,84ns	2,90	4,56
Tratamento	5	6,00	1,20	0,84ns		
Erro	15	21,44	1,43			
TOTAL	23	35,34				

NOTAS: *= significativo, pelo teste F ao nível de 5%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 20 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO H+AI (TEMPO 2) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
H+AI 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	7,22	2,41	3,14*	2,90	4,56
Tratamento	5	7,15	1,43	1,88ns		
Erro	15	11,41	0,76			
TOTAL	23	25,78				
H+AI 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	12,80	4,27	3,78*	2,90	4,56
Tratamento	5	10,06	2,01	1,78ns		
Erro	15	16,89	1,13			
TOTAL	23	39,75				
H+AI 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	13,22	4,41	1,84ns	2,90	4,56
Tratamento	5	15,90	3,12	1,30ns		
Erro	15	35,90	2,39			
TOTAL	23	65,02				
H+AI 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	16,85	5,62	1,56ns	2,90	4,56
Tratamento	5	19,06	3,81	1,05ns		
Erro	15	54,22	3,61			
TOTAL	23	90,13				
H+AI 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	4,76	1,59	0,56ns	2,90	4,56
Tratamento	5	34,00	6,80	2,40ns		
Erro	15	42,48	2,83			
TOTAL	23	81,24				
H+AI 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	11,41	3,80	0,86ns	2,90	4,56
Tratamento	5	5,94	1,19	0,27ns		
Erro	15	65,95	4,40			
TOTAL	23	83,30				
H+AI 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	13,25	4,42	1,12ns	2,90	4,56
Tratamento	5	10,68	2,13	0,54ns		
Erro	15	58,91	3,93			
TOTAL	23	82,84				

NOTAS: *= significativo, pelo teste F ao nível de 5%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 21 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO V% (TEMPO 2) DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
V% 0-5 ⁽¹⁾						
Bloco	3	149,24	49,75	2,34ns	2,90	4,56
Tratamento	5	206,28	41,26	1,94ns		
Erro	15	319,22	21,28			
TOTAL	23	674,74				
V% 5-10 ⁽¹⁾						
Bloco	3	188,77	62,92	2,96*	2,90	4,56
Tratamento	5	301,64	60,33	2,84ns		
Erro	15	317,81	21,19			
TOTAL	23	808,21				
V% 10-15 ⁽¹⁾						
Bloco	3	174,36	58,12	1,29ns	2,90	4,56
Tratamento	5	441,27	88,25	1,96ns		
Erro	15	676,84	45,12			
TOTAL	23	1292,48				
V% 15-25 ⁽¹⁾						
Bloco	3	501,34	167,11	2,34ns	2,90	4,56
Tratamento	5	284,55	56,91	0,80ns		
Erro	15	1069,01	71,27			
TOTAL	23	1854,89				
V% 25-35 ⁽¹⁾						
Bloco	3	192,12	64,04	2,51ns	2,90	4,56
Tratamento	5	422,08	84,42	3,30		
Erro	15	382,96	25,53			
TOTAL	23	997,16				
V% 35-45 ⁽¹⁾						
Bloco	3	240,84	80,28	8,03**	2,90	4,56
Tratamento	5	68,92	13,78	1,38ns		
Erro	15	149,88	9,99			
TOTAL	23	459,64				
V% 45-55 ⁽¹⁾						
Bloco	3	150,89	50,30	9,63**	2,90	4,56
Tratamento	5	53,63	10,73	2,05ns		
Erro	15	78,30	5,22			
TOTAL	23	282,81				

NOTAS: *= significativo, pelo teste F ao nível de 5%

**= significativo, pelo teste F ao nível de 1%

ns= não significativo pelo teste F

⁽¹⁾Profundidades em cm

APÊNDICE 22 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA ALTURA DAS PLANTAS, DIÂMETRO DE COLMO, AVALIAÇÃO VISUAL DA PARCELA E DO ESTANDE, DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Análise de Variância da altura das plantas (Médias por parcelas) cm

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
Bloco	3	97,042	19,408	0,51ns	2,90	4,56
Tratamento	5	84,153	16,831	0,44ns		
Erro	15	571,986	38,132			
TOTAL	23	753,181				

Análise de Variância do diâmetro de colmo (cm)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
Bloco	3	0,287	0,0574	0,32ns	2,90	4,56
Tratamento	5	0,317	0,0634	0,36ns		
Erro	15	2,666	0,1777			
TOTAL	23	3,27				

Análise de Variância da Avaliação Visual da Parcela (nota 1-5)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
Bloco	3	1,500	0,3	0,69ns	2,90	4,56
Tratamento	5	6,500	1,3	3,00*		
Erro	15	6,500	0,433			
TOTAL	23	14,500				

Análise de Variância do Estande (Plantas/ha)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
Bloco	3	10.600.000.000	2.112.996.922	0,01ns	2,90	4,56
Tratamento	5	93.405.139	18681027,76	0,01ns		
Erro	15	2.760.659.482,1	18404396,55			
TOTAL	23	13.454.064.621,1				

NOTAS: ns= não significativo pelo teste de Tukey a nível de 1 e 5 %

*= significativo pelo teste Tukey a nível de 5%

APÊNDICE 23 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO TEOR DE Ca NA FOLHA, DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
Bloco	3	7,08	2,36	1,84ns	2,90	4,56
Tratamento	5	3,10	0,62	0,48ns		
Erro	15	19,17	1,28			
TOTAL	23	29,35				

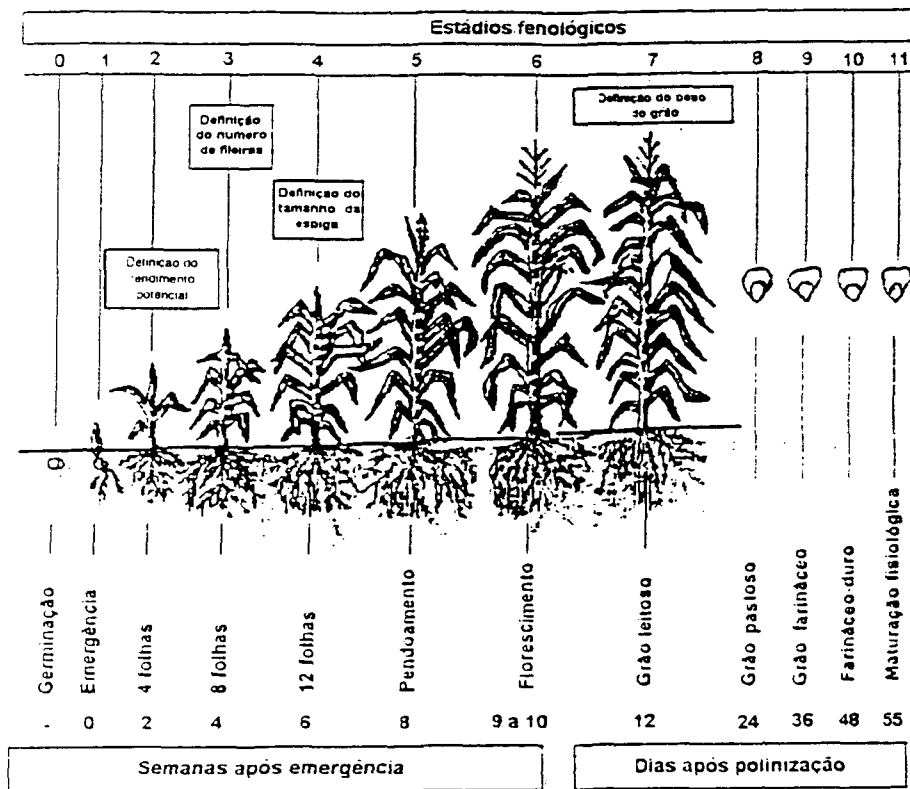
NOTA: ns= não significativo pelo teste Tukey a nível de 1 e 5%

APÊNDICE 24 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE, DELINEAMENTO BLOCOS AO ACASO (6 TRATAMENTOS X 4 REPETIÇÕES)

Fontes de Variação	GL	Soma Quadrados	Quadrado Médio	FOBS	F Requerido	
					5%	1%
Bloco	3	645991,08	215330,36	0,48ns	2,90	4,56
Tratamento	5	585710,80	412189,78	0,91ns		
Erro	15	6773425,02	451561,67			
TOTAL	23	8005126,90				

NOTA: ns= não significativo pelo teste de Tukey a nível de 1 e 5%

ANEXO 1 - CICLO DE DESENVOLVIMENTO DO MILHO QUE PODE SER DIVIDIDO EM ONZE (11) ESTÁDIOS



FONTE: RECOMENDAÇÕES técnicas para a cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO; EMATER; FECOAGRO/RS, 1999, Boletim Técnico, n.6.