

RICARDO MAYVORME PAIM

**EFEITO DO USO DE LAMA DE CAL E CLORETO DE POTÁSSIO NO SOLO,
ESTADO NUTRICIONAL E CRESCIMENTO DO *Pinus taeda* L.,
SOBRE LATOSSOLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração Conservação da Natureza, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

CURITIBA

2007

Ficha catalográfica elaborada por Tania de Barros Baggio – CRB 760/PR

Paim, Ricardo Mayvorme

Efeito da aplicação de lama de cal e cloreto de potássio sobre as variáveis químicas e biológicas do solo, estado nutricional e crescimento do *Pinus taeda* L. sobre latossolo em Três Barras, SC / Ricardo Mayvorme Paim.- 2007.

170f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

Co-orientadores: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 2007.

Inclui bibliografia

Área de concentração: Conservação da natureza

1. *Pinus taeda* – Crescimento – Três Barras (SC). 2. Latossolos – Três Barras (SC). 3. Cal. 4. Cloreto de potássio. 5. Solos – Análise. 6. Teses. I. Marques, Renato. II. Reissmann, Carlos Bruno. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

CDD – 631.416

CDU – 631.416

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar este trabalho eu gostaria de agradecer as pessoas que de forma direta ou indireta colaboraram para a execução desta tese.

Ao Prof. Doutor Renato Marques, pela atenção dedicada, direta orientação, incentivo na elaboração deste trabalho e no seu interesse conjunto em dar continuidade à esta linha de pesquisa.

Ao Prof. Doutor Carlos Bruno Reissmann, pelo seu conhecimento dividido, co-orientação, incentivo e estímulo por esta linha de pesquisa.

À Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda., que permitiu que este trabalho pudesse ser realizado, mais especificamente ao Diretor da Divisão Florestal, Sr. Etsuro Murakami.

Aos colegas de trabalho e do Departamento de Pesquisa e Tecnologia, Eng. Luiz Otávio de Andrade, Eng. Laércio Luiz Duda e Ricardo Medeiros Gonçalves que dividiram seu tempo e colaboraram positivamente na discussão de diversas etapas desta tese.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade oferecida para execução do programa de doutorado.

A meu pai, Selmo Santos Paim (in memorian), minha mãe, Maria Thereza Mayvorme Paim e a minha irmã, Maria V. B. de Souza pela minha formação e incentivo contínuo nas diversas fases deste trabalho.

“ A procura da verdade é fácil e difícil ao mesmo tempo. Porque é evidente que ninguém pode tê-la completamente, ou perdê-la completamente. Mas cada um acrescenta um pouco mais ao conhecimento que temos da natureza e, de todos os fatos reunidos, origina-se a grandeza do universo “.

Aristóteles

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
2.3 Hipóteses.....	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 O GÊNERO PINUS.....	16
3.1.1 Características Gerais	16
3.1.2 Área de Distribuição Natural e Habitat	17
3.1.3 Clima	18
3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A NUTRIÇÃO DE <i>Pinus taeda</i> L.	18
3.2.1 Fatores de Solo e Restrições a Produtividade do <i>Pinus taeda</i> L.....	18
3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE QUALIDADE DO SOLO E ATIVIDADE ENZIMÁTICA	21
3.4 SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE NA ATIVIDADE FLORESTAL, ORIGEM E CARACTERÍSTICAS.....	27
3.5 IMPLICAÇÕES DAS ADIÇÕES DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE EM PLANTIOS FLORESTAIS.....	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EXPERIMENTAL	32
4.1.1 Descrição Geral	32
4.1.1.1 Geologia	32
4.1.1.2 Clima	33
4.1.2 Unidade de Manejo Florestal.....	33
4.1.3 Solos	34
4.2 MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS	36
4.2.1 Equipamentos Utilizados	36

4.2.2	Material Genético Utilizado	36
4.2.3	Descrição dos Tratamentos Avaliados	37
4.2.3.1	Lama de Cal	38
4.2.4	Determinação Analítica das Amostras	40
4.2.5	Amostragem de Solos.....	40
4.2.5.1	Descrição Morfológica do Perfil do Solo da Área do Estudo	40
4.2.5.2	Propriedades Químicas do Perfil do Solo	41
4.2.5.3	Determinação da Atividade Enzimática	43
4.2.5.4	Determinação da Respiração Microbiana	44
4.2.6	Mensuração das Unidades Experimentais.....	44
4.2.7	Amostragem de tecidos foliares.....	45
4.2.8	Análise estatística	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1	EFEITOS DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE AS PROPRIEDADES DO SOLO	46
5.1.1	Características químicas do solo	46
5.1.2	Características biológicas do solo.....	57
5.2	EFEITOS DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O CRESCIMENTO DO <i>Pinus taeda</i> L	64
5.3	EFEITOS DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS NO TEOR DE NUTRIENTES DAS ACÍCULAS DE <i>Pinus taeda</i> L.....	68
6	CONCLUSÕES	76
	REFERÊNCIAS.....	79
	ANEXOS	88

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	RESULTADOS PARA A ATIVIDADE ENZIMÁTICA DAS ENZIMAS B-GLUCOSIDASE, FOSFATASE E DEHIDROGENASE EM VÁRIOS TIPOS DE SOLOS	23
TABELA 2.	DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS APLICADOS NO ESTUDO DE NUTRIÇÃO	37
TABELA 3.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA LAMA DE CAL	39
TABELA 4.	DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DO PERFIL DE SOLO	41
TABELA 5.	RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO DO ESTUDO.....	42
TABELA 6.	CONCENTRAÇÕES ADEQUADAS DE NUTRIENTES EM ACÍCULAS DE <i>Pinus taeda</i> L.....	69

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO NATURAL DO <i>Pinus taeda</i> L.....	17
FIGURA 2.	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA EXPERIMENTAL NO MUNICÍPIO DE TRÊS BARRAS, ESTADO DE SANTA CATARINA.....	32
FIGURA 3.	EFEITO DA APLICAÇÃO DA LAMA DE CAL SOBRE O PH DO SOLO	47
FIGURA 4.	RELAÇÃO ENTRE ALUMÍNIO E O pH DO SOLO	47
FIGURA 5.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O ALUMÍNIO NO SOLO	48
FIGURA 6.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O CÁLCIO NO SOLO	50
FIGURA 7.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O MAGNÉSIO NO SOLO	51
FIGURA 8.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O POTÁSSIO DO SOLO	52
FIGURA 9.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O FÓSFORO DO SOLO	54
FIGURA 10.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS DO SOLO	55
FIGURA 11.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A RELAÇÃO C/N DO SOLO	56
FIGURA 12.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A RESPIRAÇÃO DO SOLO	57
FIGURA 13.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA FOSFATASE	60
FIGURA 14.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA DEHIDROGENASE	62
FIGURA 15.	EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA β -GLUCOSIDASE	63

FIGURA 16. EVOLUÇÃO DA VARIÁVEL DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) MENSURADA NO ESTUDO DE FERTILIZAÇÃO DE <i>Pinus taeda</i> L.....	64
FIGURA 17. EVOLUÇÃO DA VARIÁVEL ALTURA TOTAL MENSURADA NO ESTUDO DE FERTILIZAÇÃO DE <i>Pinus taeda</i> L.....	65
FIGURA 18. EVOLUÇÃO DA VARIÁVEL VOLUME TOTAL MENSURADA NO ESTUDO DE FERTILIZAÇÃO DE <i>Pinus taeda</i> L.....	66
FIGURA 19. EVOLUÇÃO DA VARIÁVEL INCREMENTO MÉDIO NO ESTUDO DE FERTILIZAÇÃO DE <i>Pinus taeda</i> L.....	67
FIGURA 20. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE OS TEORES DE CÁLCIO FOLIAR.....	70
FIGURA 21. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE OS TEORES DE NITROGÊNIO FOLIAR.....	71
FIGURA 22. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE OS TEORES DE POTÁSSIO FOLIAR.....	73
FIGURA 23. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE OS TEORES DE FÓSFORO FOLIAR.....	74

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de lama de cal e cloreto de potássio, fontes de cálcio e potássio, respectivamente, sobre o crescimento do *Pinus taeda* L. Também avaliou o efeito destes tratamentos sobre características químicas e biológicas do solo. Para tanto, foi instalado em fevereiro de 2000, no município de Três Barras, estado de Santa Catarina, Brasil, um estudo com delineamento inteiramente casualizado, composto por nove tratamentos e quatro repetições. Às unidades experimentais foram aplicadas três níveis de lama de cal e três níveis de cloreto de potássio: 0 (testemunha), 4 e 8 t ha⁻¹ e 0, 40 e 80 kg de K ha⁻¹, respectivamente. O solo do estudo foi descrito como Latossolo Vermelho-Distrófico típico, textura muito argilosa. O plantio foi efetuado com mudas de *Pinus taeda* L. de raízes nuas com espaçamento de 2,5 x 2,5 m. Na área do experimento, foram efetuadas análises das variáveis químicas e biológicas do solo, mensurações das variáveis (DAP) a uma altura fixa de 1,37m, altura total e volume total do fuste das árvores das unidades experimentais como também foi efetuada a análise sobre o estado nutricional do *Pinus taeda* L., através da análise das acículas. A aplicação de lama de cal proporcionou aumentos nos teores de Ca, elevação do pH e elevação da capacidade de troca de cátions, como também redução na relação C/N e redução nos níveis de Al do solo. A aplicação do resíduo industrial caracterizado como lama de cal, proporcionou um aumento significativo na variável diâmetro à altura do peito, altura total e volume total. A última medição efetuada nas unidades amostrais aos oito anos de idade mostrou haver um ganho de 15 % para o tratamento que recebeu 8 t ha⁻¹ do resíduo industrial quando comparado com o tratamento testemunha. Os níveis de cloreto de potássio utilizados neste estudo não proporcionaram aumento dos níveis de potássio no solo, como também não afetaram o crescimento do *Pinus taeda* L.. A análise da respiração basal e induzida mostrou não haver diferença significativa em função da aplicação do resíduo industrial e do cloreto de potássio, entretanto, pode-se observar claramente que os tratamentos que receberam o resíduo nas dosagens de 4 e 8 t ha⁻¹, (T-6 e T-8 respectivamente), mostraram um aumento na respiração induzida, quando comparados com o tratamento que não recebeu o resíduo (T-2). A aplicação do resíduo industrial e do fertilizante não afetaram negativamente a atividade das enzimas fosfatase, dehidrogenase e β -glucosidase consideradas índices de qualidade do solo. Foi evidenciado um efeito positivo sobre a nutrição do *Pinus taeda* L., através do aumento dos teores de P, Ca e N nas acículas.

ABSTRACT

This study assessed the growth of *Pinus taeda* L. treated with lime sludge and potassium chloride, sources of calcium and potassium respectively. It also evaluated the effects of the treatment on soil chemical and biological variables. The study was carried out in the municipality of Três Barras, Santa Catarina, Brazil. In February, 2000, in a completely randomized block design, three different rates of lime sludge (0, 4, and 8 t/ha) and three rates of potassium chloride (0, 40, and 80 kg/ha) were applied to the soil (a Oxisol) of a young plantation. The plantation of bare root seedlings was done in the winter of 1999 in a 2.5 x 2.5 m spacing. Stand growth, chemical and biological soil variables were analyzed annually. Nutritional status was analyzed for the period of 2002 to 2005 through foliage analysis. The lime sludge significantly increased soil calcium, pH, cation exchange capacity, and decreased C/N ratio and aluminum content. The lime sludge application significantly impacted total height, diameter at breast height and total volume of wood. The last assessment on total volume at age 8 years showed an increment of 15% greater for 8 t/ha of lime application as compared to the control. The potassium chloride application did not show any significant difference in stand growth; neither did it seem to affect soil potassium content. In addition, the potassium chloride treatments did not significantly affect the foliage nutrient content. Although soil respiration was not affected by the treatments applied, there was somewhat higher soil respiration when 4 and 8 t/ha were applied. The treatments did not affect the activity of fosfatase, dehydrogenase, and β -glucosidase. The application of lime sludge significantly impacted the content of calcium, phosphorus, and nitrogen on the foliage of *Pinus taeda* L.

1 INTRODUÇÃO

As atividades de reflorestamento com espécies do gênero *Pinus* foram intensificadas a partir da segunda metade da década de sessenta, após a promulgação da lei dos incentivos fiscais. Extensas áreas foram ocupadas predominantemente com *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, constituindo hoje, base de importantes atividades industriais como produção de celulose e papel, embalagens, aglomerados, mobiliário, compensados e chapas dentre outras.

Estima-se em aproximadamente 1.835.000 ha a área ocupada por espécies de *Pinus* no Brasil. Na região Sul estima-se em 1.389.000 ha a área plantada, com a seguinte distribuição, 677.000 ha no Paraná, 527.000 em Santa Catarina e 185.000 ha no Rio Grande do Sul (Anuário ABRAF, 2005), o que demonstra a importância da região sul no cultivo destas espécies florestais.

Evidentemente uma área de tal dimensão engloba uma variação muito grande de solos, como descrito por Reissmann & Wisniewski (1999) e climas, trazendo, como conseqüência, acentuadas diferenças de produtividade como relatado entre outros autores por Carvalho et al. (1999). Dentro deste contexto, o correto diagnóstico de quais fatores estariam interferindo sobre a produtividade das plantações como, por exemplo, os aspectos nutricionais das espécies de *Pinus* mais cultivadas no Sul do país, são pontos chave para o sucesso dos empreendimentos florestais.

Segundo Reissmann e Wisniewski (1999), os aspectos nutricionais do *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* são contemplados com os conceitos de baixa exigência nutricional. De acordo com Pritchett & Zwinford, 1961), o *Pinus taeda*, é conhecido nos EUA, como árvore pioneira e popularmente também identificado como “Old-Field-Pine”. No mesmo sentido, o *Pinus elliottii* se caracteriza também como uma espécie cuja resposta à adubação foi observada apenas em sítios extremamente pobres. No Brasil, é possível observar indivíduos destas espécies crescendo em cortes de estrada, sem penetração de raízes no horizonte A e que, apesar disto, mostram crescimento razoável. Em áreas com formação de arenito Furnas, tem-se observado, ao longo de muitos anos, o crescimento e ocupação do *Pinus taeda* sem estes apresentarem sintomas visuais de deficiências. O único ponto observado tem sido o pequeno crescimento das árvores nestas condições.

Nas circunstâncias acima citadas, a expectativa de produtividade encontra-se muito abaixo do satisfatório e do potencial da espécie; no entanto, demonstra uma alta capacidade das plantas na utilização dos poucos recursos nutricionais existentes naqueles sítios. Esta adaptabilidade das espécies de *Pinus* às condições de baixa disponibilidade de nutrientes, embora positiva sob um determinado ponto de vista, produziu uma expectativa que se mostrou negativa no sentido do manejo nutricional das plantações no Sul do Brasil, por ocasião de sua introdução nos anos 60. Ou seja, acreditava-se o *Pinus* não requeria adubação. Os ambientes representados por campos nativos e constituídos de solos muito pobres, desenvolvidos sobre arenitos, no 2º Planalto Paranaense, assim como os Neossolos Quartzarênicos da planície costeira, foram florestados com estas espécies de *Pinus*. Naquelas condições, o crescimento rápido e a ausência de sintomas de deficiência, especialmente durante as primeiras rotações, induziram à expectativa geral de que o pinus dispensaria a adubação (Reissmann & Wisniewski, 1999). Ao contrário do acima exposto, já em 1965, Van Goor, quando estudou o desenvolvimento do pinus, apontava alguns problemas nutricionais que deveriam ter merecido maior atenção.

Nas décadas de 70 a 90, contrariando os primeiros conceitos, onde o pinus era considerado espécie de baixa exigência nutricional, vários estudos e investigações científicas foram conduzidas no estado do Paraná e uma série de trabalhos foram executados para a caracterização dos solos e do estado nutricional destas espécies (Reissmann & Zoetl, 1984, 1987; Quinteros Doldan, 1987; Santos Filho & Rocha, 1987; Laso Garicoits, 1990; Menegol 1991). Outra série de estudos sobre a exportação de nutrientes, ciclagem de nutrientes, morfologia e química dos horizontes orgânicos (Valeri 1988; Koehler, 1989; Trevisan, 1992) foram desenvolvidos. Sobre aspectos específicos nutricionais do *Pinus taeda* L, Reissmann (1981) e Reissmann & Zoetl (1987), descreveram limitações de crescimento da espécie em Telêmaco Borba, relacionadas aos níveis de K, Ca, Mg e Zn.

Outro enfoque especial em relação à nutrição de pinus no Brasil é a utilização de resíduos industriais, que são gerados em grandes quantidades, como fonte de nutrientes. No contexto da atividade florestal, os resíduos integram um componente marcante, representado por cinzas, cascas, “dregs”, “grits”, lama de cal

entre outros (Nolasco et al., 2000). Muitos destes resíduos apresentam características de corretivos e/ou fertilizantes.

Considerando-se que muitas espécies florestais desenvolvem-se em solos ácidos e com baixa disponibilidade de nutrientes, torna-se necessário determinar uma relação harmônica entre exigência e tolerância por parte das espécies de um lado, e de outro, determinar o impacto no sistema solo-planta. Fator importante neste contexto é que o cultivo continuado de *Pinus*, na grande miríade de solos, remove, juntamente com outros elementos, quantidades apreciáveis de Ca (Valeri, 1988; Gonçalves et al., 2000) que de uma forma ou outra precisam ser repostas para garantir a sustentabilidade do sistema ou ainda incrementar o crescimento do *Pinus*. Isto posto, práticas de reposição de nutrientes são necessárias para manter o suprimento de nutrientes ao solo e assegurar a produtividade do sítio florestal ao longo prazo. Uma alternativa estratégica então, é o emprego de resíduos industriais, mais precisamente a lama de cal como fonte de Ca.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este projeto de pesquisa teve como principal objetivo avaliar o efeito dos elementos cálcio e potássio, por meio da aplicação de lama de cal e cloreto de potássio, respectivamente, sobre características químicas e biológicas do solo e também sobre o crescimento e nutrição do *Pinus taeda* L., sobre Latossolo, em Três Barras, SC.

2.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito da adição de lama de cal e cloreto de potássio sobre as seguintes características do solo: pH, Ca, Al, K, P e relação C/N.
- Avaliar o efeito da adição de lama de cal e cloreto de potássio sobre a atividade enzimática da dehydrogenase, da beta glucosidase, da fosfatase e sobre a respiração microbiana e identificar a eficiência destes parâmetros como indicadores de qualidade do solo.
- Determinar o efeito da adição de Ca e K, por meio da adição de lama de cal e cloreto de potássio, sobre o crescimento em altura total, diâmetro a altura do peito (1,3m) e volume total do *Pinus taeda* L.
- Avaliar o efeito da adição de lama de cal e cloreto de potássio sobre a concentração foliar de N, P, K e Ca.

2.2 HIPÓTESES

- a) A aplicação da lama de cal e do cloreto de potássio sobre o solo, em plantações de *Pinus taeda*, promove modificações nas características químicas e biológicas do solo e, assim, afeta significativamente a produtividade do sítio e este efeito é demonstrado pelas medições de altura, diâmetro à altura do peito e volume total por hectare do *Pinus taeda* L..

- b) As análises da atividade enzimática da dehydrogenase, da beta glucosidase, da fosfatase e da respiração microbiana podem dar resultados que indiquem estes parâmetros como bons indicadores da qualidade do solo.
- c) As atividades enzimáticas da dehydrogenase, da beta glucosidase, da fosfatase e a respiração microbiana do solo são influenciadas pela adição do fertilizante mineral Cloreto de Potássio (KCl) e do subproduto lama de cal.
- d) A atividade microbiológica do solo apresentará uma variação com a temperatura do solo e disponibilidade de água; apresentando, portanto um padrão de variação temporal.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O GÊNERO PINUS

3.1.1 Características Gerais

A família Pinaceae é a maior e mais importante da ordem Coniferae, abrangendo nove gêneros e duzentas e dez espécies. O gênero *Pinus* é o que mais se destaca nessa ordem, abrangendo muitas espécies, amplamente distribuídas pelo Hemisfério Norte até os países tropicais e subtropicais nas Índias Ocidentais, Arquipélago das Filipinas, Antilhas, Ilhas Bahamas, México, Guatemala, Honduras, Nicarágua, com maior ocorrência nos climas temperados, mas sem ultrapassar o Equador (Almeida, 1991).

O gênero *Pinus* compreende noventa espécies agrupadas de acordo com as características organográficas (Almeida, 1991). Segundo o mesmo autor, o gênero *Pinus* foi dividido nos seguintes subgêneros: *Haploxylon*, com os pinhos brancos, não resinosos e folhas penta-fasciculadas; e *Diploxylon*, que abrange os pinhos produtores de madeira mais clara, colorida, resinosa, com duas folhas na haste foliar.

O *Pinus taeda* L. é uma das espécies mais plantadas no mundo e a mais importante cultivada no sul e sudeste dos Estados Unidos (Zobel, 1982). A maior parte dos plantios concentra-se na Geórgia, com 37%, seguido pela Carolina do Sul, com 26%, Virginia, com 12% e Flórida com 3% (Vendrame, 1994).

Segundo Byran (1999) o *Pinus taeda* L. ocupa nos Estados Unidos uma área total de 20,4 milhões de hectares, sendo 59% de florestas naturais (12,0 milhões de hectares) e 41% de florestas plantadas (8,4 milhões de hectares).

No Brasil, os plantios com este gênero totalizam aproximadamente 1,8 milhões de hectares, o que representa cerca de 33% do total de florestas plantadas no país (Fier, 2001).

Assim como nos Estados Unidos, a espécie é preferida para plantios no sul-sudeste do Brasil, devido ao bom incremento volumétrico e ao menor teor de resina de sua madeira (Shimizu e Higa, 1981).

3.1.2 Área de distribuição natural e habitat

O *Pinus taeda* L. também conhecido como “loblolly pine”, “arkansas pine”, “north caroline pine” e “olddield pine” é a espécie florestal comercial mais importante no sul dos Estados Unidos. Carolus Linnaeus deu a espécie o nome científico, onde “taeda” é a denominação antiga para pinheiros resinosos (Backer e Langdon, 1990).

É a espécie mais abundante, amplamente adaptada e distribuída do sul dos Estados Unidos. Sua ocorrência se estende ao longo da Costa Atlântica de Maryland até a Flórida no leste e do Texas e Oklahoma no oeste. O clima frio ao norte e o decréscimo de chuva a oeste, limitam sua ocorrência natural (Dorman, 1976).

Ocorre em estado nativo em 14 estados americanos, principalmente onde o clima apresenta verões longos e quentes e invernos moderados. A precipitação média anual varia de 1000 a 1500 mm. As temperaturas anuais médias variam de 13° a 24° C (Dorman, 1976).

Esta espécie tem se adaptado quando plantada em faixas periféricas à sua região de origem e mostrado diferente comportamento em outros continentes (Backer e Langdon, 1990).

FIGURA 1. ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO NATURAL DO *Pinus taeda* L.(Dorman, 1976)

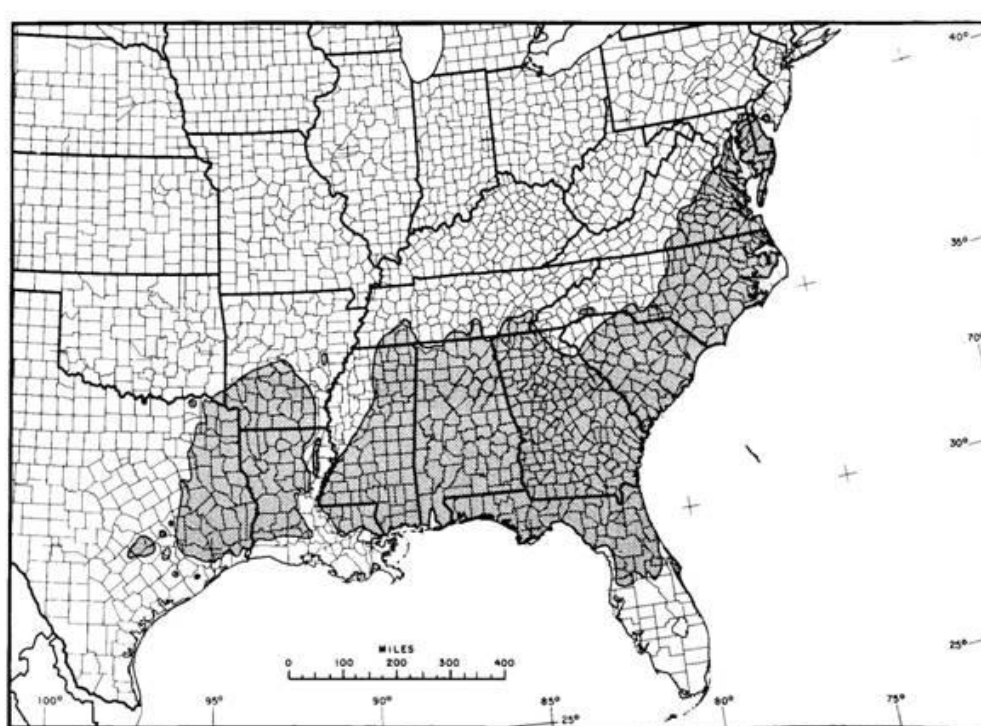


Figure 1.—Natural range for loblolly pine, *Pinus taeda*.

P-021583

3.1.3 Clima

O clima da maioria das formações naturais do *Pinus taeda* L. é úmido, com temperaturas variando de quentes a amenas, verões longos e quentes e invernos intermediários. A precipitação média anual varia de 1020 a 1520 mm. O período livre de geadas varia de cinco meses na região norte a dez meses na região costeira, no sudeste. A temperatura média anual varia de 13° a 24° C. A temperatura média do mês mais quente (julho) é de 27° C e freqüentemente excede 38° C. A temperatura média do mês mais frio (janeiro) é de 4° a 16° C, podendo cair a -23° C no norte e a oeste de sua área de ocorrência. Ocasionalmente ocorrem muitos dias de chuva com mais de 13 mm ao dia e temperaturas altas no inverno. O principal fator que limita a ocorrência da espécie ao norte é provavelmente as baixas temperaturas no inverno, associadas com danos pela neve, gelo e ainda danos pelo frio durante o período de florescimento da espécie. A falta de uma adequada precipitação no período de crescimento é provavelmente o fator que limita a ocorrência natural da espécie na região oeste, nos estados de Oklahoma e Texas (Backer e Langdon, 1990).

3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A NUTRIÇÃO DE *Pinus taeda* L.

3.2.1 Fatores de solo e restrições à produtividade do *Pinus taeda* L.

Segundo Pritchett e Zwinford (1961), o *Pinus taeda* L. é considerado uma espécie de baixa exigência nutricional pelo rápido crescimento e ausência de sintomas visuais de deficiências, principalmente quando se avalia as primeiras rotações. Estes conceitos amplamente difundidos, levaram a idéia de que as plantações de Pinus não apresentariam resultados significativos quando submetidos a práticas de adubação mineral. Apesar, vários autores estudaram fatores de solo, suas interfaces com o estado nutricional e a produtividade do Pinus, e demonstraram haver uma relação entre estas variáveis.

Vários autores postulam que a disponibilidade de nutrientes ofertada pelo solo deve ser analisada pela quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas e neste contexto, as folhas do Pinus são os componentes que têm sido utilizados

largamente para efetuar este tipo de análise e correlação. Alguns trabalhos nesta linha de pesquisa apresentam teores médios, máximos e mínimos, faixas de bom suprimento, níveis críticos para os determinados elementos, relações entre nutrientes para *Pinus taeda* L. como também para *Pinus elliottii* (Reissmann & Wisniewski, 1990; Laso Garicoits, 1990; Menegol, 1991). Em 1991, Menegol buscando encontrar relações entre níveis de nutrientes e alguma variável explicativa para desenvolvimento do Pinus apontou para baixos níveis de Mg e Zn e correlacionou estes com baixo crescimento em altura do Pinus na região de Telêmaco Borba. Os níveis foliares dos elementos N, Mg, Cu, K e Zn foram considerados como limitantes ao crescimento desta espécie sendo correlacionados com a altura dominante aos 15 anos de idade.

Vários estudos demonstraram relações entre os solos, aspectos nutricionais dos plantios de Pinus com a produtividade. Para *Pinus taeda* L., deve-se mencionar os levantamentos relatados por Reissmann et al. (1990), efetuados na região de Ponta Grossa e Telêmaco Borba. O *Pinus taeda* L. parecia ser mais sensível às características do solo e mostrou ser mais exigente em nutrientes. Apesar das limitações já conhecidas em relação as interpretações dos níveis foliares, os autores relatam tendências consistentes de aumento dos teores foliares dos nutrientes com a melhoria da qualidade do sítio. Os autores dão ênfase às concentrações baixas de K, Mg e Zn nos sítios menos produtivos. Estudos em casa de vegetação, com a utilização de substrato com baixo suprimento de K, Ca, Mg, Zn e Cu, mostraram reduções significativas na altura das mudas, os oito meses, quando foi omitido Mg, N e P. Esperava-se obter resultados significativos para K, entretanto, interpretou-se que apenas o bom suprimento de água foi suficiente para assegurar boa disponibilidade do nutriente, pelo menos na fase inicial de plântula. Deve-se relatar que as deficiências de N e P não foram detectadas pela análise foliar das amostras coletadas a campo (Naldony, 1991). De acordo com Reissmann e Wisniewski, 1999, a ciclagem biológica e a retranslocação de nutrientes são responsáveis pelo aparente bom estado nutricional apresentado pela análise foliar, dando uma idéia errônea de sua real condição nutricional.

A análise foliar pode ser empregada para demonstrar as deficiências nutricionais, entretanto alguns elementos podem ser mascarados por efeitos de diluição e concentração e desta maneira levam a interpretações errôneas. Desta

maneira, a utilização conjunta de vários métodos de diagnóstico pode representar uma melhor maneira de prever os elementos que necessitam ser corrigidos ou adicionados. Outro método utilizado segundo Reissmann e Wisniewski (1999), e que deve ser considerado é a relação entre os nutrientes. Estes autores apresentam as relações entre os teores de N/K e P/Zn nas acículas de *Pinus taeda* L. e sua relação com a produtividade da espécie.

Outro aspecto importante e sobre o qual pouco tem-se desenvolvido refere-se sobre a amostragem de solos para fins de estudo com espécies florestais, embora segundo Hildebrando (1991) reconheça-se a inadequação para fins florestais de procedimentos de amostragens para fins agrícolas. Quando trata-se de análise de solos e sua metodologia analítica, os vários extratores de nutrientes utilizados nas análises químicas do solo precisam ser melhor avaliados. Segundo Reissmann et al. (1987), existem indícios de que o ácido cítrico possa ser uma alternativa melhor representada para esta finalidade, devido a correlação significativa entre os teores de Ca, Mg e K obtidos nas análises de solo com este extrator e os teores foliares.

Resultados recentes de pesquisa de processos têm aumentado o entendimento de limitações fundamentais na produtividade de solo, indicando uma produtividade potencial possível de ser atingida num determinado sítio florestal para uma determinada condição edafo-climática (McMurtrie et al., 1990; Projeto SETRES - USFS; Morris, 1988; NCSU, 1991). Estes resultados têm propiciado um melhor entendimento da importância de impor melhorias em produtividade específicas àquele determinado sítio florestal (Allen et al., 1990). Por exemplo, décadas de pesquisas na área de nutrição florestal na região Sudeste dos EUA, têm identificado determinadas classe de solos, onde a adição de nutrientes têm mostrado ganhos significativos em produtividade. Esta linha de pesquisa tem identificado nutrientes limitantes, dosagens, época e método de aplicação e correlacionado estes resultados com taxa de crescimento (NCSFNC, 1990).

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE QUALIDADE DO SOLO E ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Concomitantemente a esta linha de pesquisa, muito tem-se feito nas áreas de utilização de subprodutos da indústria e sua aplicação na área florestal, sem a total compreensão dos impactos destas atividades na capacidade produtiva dos solos. A rápida degradação do solo sob exploração agrícola no mundo, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, despertou nas últimas décadas, a preocupação com a qualidade do solo e a sustentabilidade da exploração (Sanchez, 1976; Lal&Pirce, 1991). Desde então, vários conceitos de qualidade do solo foram propostos; o melhor deles, porém, define a qualidade do solo como sendo a capacidade em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra (Doran & Parkin, 1994).

Neste contexto, a função específica da microflora do solo (tamanho, função e diversidade destes microorganismos) e o conceito mais amplo de qualidade de solo não tem sido investigado como meio para um melhor entendimento da produtividade dos sítios florestais. Nambiar (1996), cita que para se ter avaliações mais explicativas e confiáveis da sustentabilidade da produtividade florestal, é preciso que as propriedades do solo e do próprio sistema solo fossem totalmente conhecidos. Nambiar ainda conclui que todo este sistema não é conhecido e que esta falta de informação impacta a forma como os sítios florestais são manejados e como consequência deste fato a produtividade florestal.

A produtividade florestal é função da disponibilidade de água e nutrientes, e estes são dirigidos pelas interações climáticas e condições edafológicas do sítio florestal. Como as condições climáticas são fixadas para uma dada situação edafológica, os estudos previamente citados mostram que a produtividade pode ser incrementada através da disponibilização de água e nutrientes. É importante considerar que o impacto destes fatores ainda é influenciado pelos fatores biológicos do solo.

A qualidade do solo pode influenciar o uso da terra, sustentabilidade e produtividade. Investigações em qualidade do solo são necessárias para fornecer maiores informações no processo decisório. Os microorganismos do solo contribuem

para a manutenção da qualidade do solo por controlarem a decomposição da matéria animal e vegetal, ciclo biogeoquímico incluindo a fixação de nitrogênio, a formação da estrutura do solo e o papel que desempenham quando da aplicação de fertilizantes, produtos químicos e subprodutos. Segundo Turco et al., 1994), os solos florestais utilizados em seus estudos apresentam 2,5 vezes mais biomassa microbiana do que um solo adjacente com atividade agrícola. A atividade da dehydrogenase (um indicador da habilidade microbiana do solo) foi 5 vezes maior no solo florestal. Os microorganismos do solo são potencialmente os indicadores biológicos mais sensíveis até agora conhecidos e portanto devem ser considerados na classificação da produtividade florestal. É entretanto, surpreendente que existe pouco conhecimento sobre os processos biológicos de sistemas florestais manejados de forma intensiva, pois, é de conhecimento geral que estes processos controlam os efeitos dos tratamentos aplicados com o objetivo de aumentar a produtividade dos sítios florestais.

As propriedades biológicas e bioquímicas do solo, tais quais: a atividade enzimática, a taxa de respiração, a diversidade e a biomassa microbiana, são indicadores sensíveis que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola, sendo ferramentas para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas (Turco et al., 1994; Santana & Bahia Filho, 1998; Doran & Parkin, 1996)

A microbiologia do solo é a principal responsável pela decomposição de resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo, exercendo influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais (Jenkinson & Ladd, 1981). Entretanto, determinações de biomassa não fornecem indicações sobre os níveis de atividade das populações microbianas do solo, sendo importante também avaliar parâmetros que estimem a atividade microbiana, tais como: o C prontamente mineralizável e a atividade enzimática, para verificar o estado metabólico das comunidades de microorganismos do solo (Oliveira, 2000). A análise microbiológica tem sido negligenciada principalmente porque existem muitas dificuldades associadas com os processos microbiológicos. Como resultado, a estrutura microbiana do solo é geralmente tratada de forma genérica. Um solo considerado de alta qualidade é tido como sendo de altíssima atividade microbiológica e contendo uma alta

biodiversidade de microorganismos. Entretanto, metodologias mais precisas não têm sido investigadas para avaliar estes sistemas florestais e desenvolver, conseqüentemente, indicadores da qualidade do solo.

De acordo com os estudos feitos por Skujins (1978), em 1899, (Woods) já sugeria que enzimas poderiam estar presentes e ativas nos solos. As primeiras medições de enzimas em solos foram efetuadas em 1905 e 1910 para a atividade da catalase e peroxidases. Desde então, a atividade de várias enzimas tem sido detectadas nos solos. Obviamente, o número de enzimas é considerado maior do que aquelas enzimas avaliadas porque existe uma grande biodiversidade no solo (Ladd, 1985). Além disso, a atividade avaliada pelas análises existentes não pode ser atribuída a atividade ou ação de uma determinada enzima.

Existem na literatura diferentes valores atribuídos a atividade enzimática. Os intervalos para os valores são amplos, possivelmente como resultado de diferentes metodologias empregadas e diferentes tipos de solos. A tabela 1, apresenta intervalos de valores encontrados para as enzimas B-glucosidase, Dehydrogenase e Fosfatase de acordo com vários autores.

TABELA 1. RESULTADOS PARA A ATIVIDADE ENZIMÁTICA DAS ENZIMAS B-GLUCOSIDASE, FOSFATASE E DEHYDROGENASE EM VÁRIOS TIPOS DE SOLOS.

Enzima	Valores	Fontes
β -glucosidase	0,009-405 μmol p-nitrofenol $\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$	Schinner et al., 1990; von Mersi et al., 1992; Kandeler et al.,1996; Stemmer et al., 1998.
Dehydrogenase	0,002-1,073 μmol TPF $\text{g}^{-1} 24 \text{h}^{-1}$	Kandeler et al.,1996; Ajwa et al., 1999; Curci et al. 1997; Eizavi et al., 1990; Garcia et al.,1993; Kuperman et al., 1997; Haynes et al., 1999.
Fosfatase	0,05-86,33 μmol p-nitrofenol $\text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$	Ajwa et al., 1999; Staddon et al., 1998; Haynes et al.,1999; Deng et al., 1997; Beyer et al., 1990; Chander et al., 1997.

Hoffmann (1959) e Kiss et al.(1961), relatam a atividade de muitas enzimas no solo, mas que ainda não foram desenvolvidas metodologia confiáveis e específicas para as respectivas enzimas.

As análises de enzimas devem ser simples e rápidas, mas prioritariamente, as análises devem ser sensíveis e precisas (Nannipieri et al., 1999; Tabatai et al., 1994). Segundo os autores acima citados para que isto ocorra existe a necessidade de se desenvolver um extrator eficiente, uma determinação precisa do substrato ou os produtos provenientes da incubação. De acordo com (Malcom, 1983), devem ainda ser determinados as melhores concentrações de substratos, pH e temperatura ótimas para a determinação das atividades enzimáticas. Burns (1978) diz que o tempo de incubação também é um fator crítico na determinação da atividade enzimática, devendo este ser o menor possível, pois problemas devido ao crescimento da população microbiana, catálise intracelular e síntese de novas enzimas podem ocorrer em incubações mais longas.

Na interpretação da atividade enzimática é importante que se entenda que os valores encontrados são resultados potenciais, pois, as condições de incubação são determinadas visando uma rápida taxa de catálise do substrato. As condições da determinação são muito diferentes daquelas que ocorrem no solo, onde a umidade e temperatura variam significativamente (Nannipieri, 1990; Burns, 1978).

Vários autores relatam que o maior problema na interpretação da atividade enzimática relaciona-se com a dificuldade de se diferenciar todos os componentes que estão de fato contribuindo para a atividade enzimática total. A atividade de uma enzima em particular depende da localização que está enzima ocupa, pois diferentes enzimas localizam-se em diferentes compartimentos no solo

De acordo com Nannipierri et al., (2002), a atividade enzimática pode ser medida e utilizada como um índice de diversidade funcional da microbiologia do solo, se esta atividade reflete mudanças na atividade microbiológica. Como a diversidade funcional microbiológica inclui vários processos metabólicos, teoricamente um grande número de enzimas deve ser medido. Como a leitura desta grande biodiversidade é considerado um processo difícil de ser medido, um método mais apropriado é a medição da atividade enzimática daquelas que controlam ou estão relacionadas a ciclos metabólicos considerados chaves.

Rice et al., (1999) relata que a atividade da β -glucosidase é considerada um indicador para avaliar os efeitos de fertilização e queimadas em solos.

Tabatabai, (1994) e Paul & Clark, (1996) relatam que a β -glucosidase atua na etapa final do processo de decomposição da celulose e esta enzima é responsável pela hidrólise dos resíduos de celobiose formando o açúcar simples B-D-glucose.

Segundo, Staddon (1998), a fosfatase pode ser utilizada como um índice para acessar o impacto do fogo em solos. Estas afirmações são provenientes do fato de que a medição da atividade enzimática foi significativamente correlacionada com outros parâmetro microbiológicos como respiração do solo e biomassa microbiana (Skujins, 1978; Ladd, 1985; Nannipierri, 1994). Nos anos 50 e 60, as enzimas invertase, protease, asparaginase, urease, fosfatase e catalase já eram consideradas como sendo indicadores da fertilidade do solo (Skujins, 1978). Entretanto, de acordo com Skujins (1978), tais afirmações produziram dados conflituosos, não somente pelo fato das metodologias empregadas serem questionáveis, mas também porque é conceitualmente errado usar uma única atividade enzimática para avaliar a produtividade de uma determinada cultura, atividade microbiológica e fertilidade de solo.

Nannipierri (1994), explica os problemas envolvidos quando se usa uma única enzima para explicar o efeito de determinadas práticas silviculturais no solo, tais quais: (i) A atividade enzimática serve como catalisador de reações específicas e sendo assim são dependentes e específicas do substrato utilizado. A síntese de uma enzima em particular pode ser reprimida por um composto específico, enquanto que a atividade microbiológica geral do solo ou a produtividade de uma determinada cultura não é afetada. Chunderova e Zubers (1969), demonstraram que após 4 anos de consecutivos cultivos agrícolas, os altos níveis de P no solo foram responsáveis pela redução da atividade da fosfatase. Desta forma, Hollander (1971) considera que a fosfatase é uma enzima repressiva, demonstrada pela sua redução na atividade quando transferida de um ambiente deficiente em P para um meio onde os conteúdos de fosfatos são considerados adequados. (ii) As determinações da biomassa microbiana têm sido utilizadas como índices da atividade microbiológica no solo. Entretanto, a quantidade da biomassa e a sua atividade são propriedades diferentes, mas geralmente são confundidas em estudo de solos e seus atributos

(Nannipieri et al. , 1990). Apesar da biomassa microbiana poder ser correlacionada com processos microbiológicos, como a taxa de respiração ou com uma específica atividade enzimática sob condições ambientais particulares, isto não significa que esta correlação seja válida para todos os tipos de solos e condições ambientais. (iii) Segundo Grego et al. (1990), a atividade enzimática de uma única enzima do solo depende de enzimas situadas em diferentes compartimentos do solo incluindo enzimas imobilizadas nos colóides do solo. A atividade destas enzimas imobilizadas não são tão sensíveis aos fatores do meio ambiente como as enzimas que estão diretamente associadas aos fatores do meio. Como exemplo Nannipieri et al., citam que as enzimas localizadas nos complexos húmicos são mais resistentes a degradação termal e proteólises quando comparadas com as enzimas livres no solo.

O conceito pelo qual utilizar-se-á a atividade enzimática do solo como indicador de qualidade e produtividade é: (i) a atividade enzimática é relacionada com importantes parâmetros como conteúdo de matéria orgânica do solo, propriedades físicas, atividade e biomassa microbiana; (ii) a atividade enzimática sofre alterações mais cedo, de 1 a 2 anos, quando comparadas com outras propriedades (exemplo: carbono orgânico do solo), desta forma fornecendo uma indicação da qualidade do solo proveniente de alterações de manejo; (iii) pode ser considerado como um índice biológico do solo fornecendo informações sobre o histórico de manejo da área; e (iv) envolve procedimentos que são relativamente simples quando comparados com outras importantes propriedades da qualidade do solo e conseqüentemente podem ser utilizadas rotineiramente em análises de solos ou incluídas em rotinas laboratoriais.

As atividades enzimáticas da dehydrogenase, β -glucosidase e fosfatase foram consideradas importantes para serem incluídas neste estudo, objetivando correlacionar sua respectiva atividade com a adição do cloreto de potássio e da adição de cálcio através da utilização do subproduto lama de cal, oriundo da fábrica de celulose Rigesa, Celulose, Papel e Embalagens Ltda. A medição da dehydrogenase tem especial significância, pois esta enzima é parte integrante dos microorganismos e desempenha função na oxidação da matéria orgânica. Segundo Bandick et al. (1994), a β -glucosidase tem sido correlacionada com mudanças no manejo do solo, e os resultados são aparentes dentro de um período de 2 anos. A análise da atividade da fosfatase foi incluída neste estudo, pois, é importante no

ciclo do fósforo e a fosfatase ácida tem sido amplamente estudada e pode prover um índice potencial para um determinado solo em mineralizar o fósforo orgânico, como também a atividade da fosfatase é fortemente influenciada pelo pH do solo (Dick et al. 1996). A variável respiração microbiana também será avaliada. Deve ser inicialmente definida como a produção de CO₂ ou consumo de O₂ como resultado do metabolismo de microorganismos como bactérias, fungos, algas e protozoários. Este processo de respiração reflete atividade biológica e como atividade biológica é considerada um componente de qualidade de solo (Doran, et al., 1994).

3.4 SUBPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE NA ATIVIDADE FLORESTAL, ORIGEM E CARACTERÍSTICAS

Durante as últimas décadas a pesquisa florestal tem desenvolvido práticas silviculturais que significativamente aumentam a produtividade do sítio florestal. Práticas silviculturais tradicionais que impactam a disponibilidade de água e nutrientes ao sistema como drenagem, técnicas de preparo de solo, manejo de resíduos da colheita florestal, nutrição, aplicação de herbicidas, têm sido extensivamente estudados e recomendados como práticas isoladas e também recomendados como uma combinação destas práticas silviculturais. Recentemente, uma nova variável tem sido adicionada como prática silvicultural e que está sendo freqüentemente utilizada nas empresas florestais, é a aplicação de resíduos da indústria de papel e celulose.

Segundo Flores et al. (1998), as indústrias de papel e celulose são responsáveis pela geração de grande quantidade de resíduos sólidos, efluentes hídricos e emissões gasosas que são lançadas no meio ambiente.

Bellote et al., (1998) definem como resíduo das indústrias de papel e celulose as sobras que ocorrem no processamento mecânico, físico ou químico e que não são incorporadas ao produto final. No caso da celulose, a casca, a lama de cal, o lodo biológico, o resíduo celulósico e a cinza de caldeira resultante da queima de biomassa e que são produzidos ao longo do processo de produção, são genericamente classificados como resíduos.

De acordo com Moro (1994), as indústrias que utilizam o processo de branqueamento na produção de celulose e papel produzem geralmente cinza de

biomassa florestal, resíduo celulósico e a lama de cal com volumes significativos e com grande potencial de utilização como fertilizante na atividade florestal. Segundo este autor, o resíduo celulósico apresenta pH bastante elevado e favorecendo a retenção de água no solo, características favoráveis em ambientes ácidos e de déficit hídrico. Bellote et al. (1998), adiciona ainda que os resíduos celulósicos apresentam altos teores de matéria orgânica total e compostável, altos teores de resíduo mineral, nitrogênio total, cálcio e relação C/N em torno de 25/1.

Com relação ao resíduo de celulose, este apresenta componentes químicos a uma alta relação C/N, não sendo possível a utilização imediata. Quando está na forma inicial, ou não decomposta, o resíduo poderá causar efeitos negativos na floresta, pois induzirá a competição pelo elemento nitrogênio entre as plantas e os microorganismos decompositores do solo (Moro, 1994). Entretanto, para que os resíduos sejam apropriadamente utilizados, Moro (1994) e Bellote et al. (1998) relatam que é necessário manter os mesmos estocados em condições apropriadas por um período de 2 a 3 anos, até sua completa decomposição.

Bergamin et al. (1994), citam que as empresas florestais que utilizam o processo Kraft para a extração de celulose, produzem dregs, grits, lama de cal e lodo orgânico como resíduos sólidos e que estes possuem alto potencial para uso agrícola.

Nolasco et al. (2000), citam que os resíduos de origem industrial das fábricas de papel e celulose variam em composição química e quantidade segundo o processo utilizado para a extração da celulose e produção de papel.

Segundo Harrison et al. (2003), relatam que em geral, há dois tipos de resíduos da indústria de celulose e papel. O lodo primário que é formado por fibras de resíduos de madeira que possui alto nível de carbono e baixo nível de nutrientes, agindo como um consumidor de nitrogênio e o lodo secundário que é rico em biomassa microbiana que libera nutrientes para o solo durante sua decomposição.

3.5 IMPLICAÇÕES DAS ADIÇÕES DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE EM PLANTIOS FLORESTAIS

A baixa fertilidade natural do solos é uma característica freqüentemente encontrada em áreas de plantios florestais. Pode-se associar a isto, o fato, de que a

maioria dos plantios de Pinus no Sul do Brasil não são fertilizados operacionalmente e que estes plantios encontram-se atualmente na sua terceira rotação. Em função deste fato, pode-se dizer que é necessário melhorar a fertilidade destes solos, aumentando a disponibilização de nutrientes prontamente disponíveis aos plantios florestais.

Com o propósito de melhorar a fertilidade e o nível de matéria orgânica no solo, Bellote et al. (1998), sugere que a correção destes solos é necessária, através do aumento na disponibilidade de nutrientes minerais e capacidade de retenção de água e cátions.

Heiman (1981), Barros et al. (1990) e Barros et al. (2000), relatam que muitas florestas possuem limitações em seu crescimento em função à deficiências nutricionais e que estas limitações poderiam ser supridas através da aplicação de resíduos orgânicos. Segundo Guerrini et al. (1994) e Bellote et al. (1994), os resíduos oriundos da indústria de celulose e papel estão sendo utilizados no condicionamento e nutrição, melhorando desta forma as características necessárias para o bom desenvolvimento dos plantios florestais.

Neste contexto, a citação de Harrison et al. (2003) é importante, pois enfatizam que os solos florestais têm boas propriedades para receber resíduos e que seria a presença de serrapilheira que apresenta uma grande quantidade de carbono orgânico que pode imobilizar o nitrogênio disponível, solos com uma grande taxa de infiltração e um sistema de raízes perenes. Este autor adiciona que as partículas finas do resíduo e o material orgânico melhoram a capacidade do solo em reter umidade e nutrientes.

Fabres et al. (1994), relatam que os resíduos orgânicos apresentam alta concentrações de nutrientes como cálcio, nitrogênio e fósforo e elevado teor de matéria orgânica, que por sua vez melhoraram a estrutura do solo e aumentaram a capacidade de retenção de nutrientes e água, elevando conseqüentemente o potencial produtivo dos sítios florestais.

De acordo com Bellote et al. (1994), Ferreira et al. (1995), são proporcionados muitos benefícios ao solo com a aplicação dos resíduos provenientes da indústria de celulose e papel. Como exemplo, a elevação do pH que traz como conseqüência o aumento na disponibilidade de nutrientes como fósforo e alguns micronutrientes. O aumento da capacidade de troca catiônica, a

incorporação de nutrientes minerais às árvores, a melhoria das propriedades físicas como a capacidade de retenção de água e a densidade do solo também são conseqüências da adição do resíduo.

Guerrini et al. (1994), observaram a elevação do pH, cálcio e na saturação de bases do solo com a adição de resíduo celulósico. O aumento nos teores de cálcio foi devido à alta concentração deste elemento no resíduo e também da quantidade de resíduo aplicado.

Aspecto relevante em plantios florestais é a existência da serrapilheira que imobiliza vários nutrientes. Entretanto, Bellote et al. (1994), avaliando o efeito da aplicação do resíduo industrial na serrapilheira, concluíram que a decomposição da serrapilheira nos tratamentos que receberam cinza e resíduo celulósico foi três vezes mais rápida que o tratamento incluindo apenas o adubo mineral, desta forma, contribuindo para o aumento da disponibilidade de nutrientes no ecossistema florestal. O aumento da produtividade proporcionado pela adição desses componentes pode ser explicado, em parte, por estes resultados.

Vários são os estudos que relatam o aumento de produtividade florestal em relação a aplicação de resíduo, entretanto, Guerrini e Moro (1994), relatam que para manter os ganhos provenientes da aplicação, há a necessidade de uma segunda aplicação, pois, os ganhos provenientes de somente uma aplicação mostraram diferença significativa quando comparados com a testemunha até o segundo ano de idade do plantio. Estes autores concluíram que o fornecimento de nutrientes pelos resíduos orgânicos é similar ou superior ao fornecido pela adubação química, especialmente no caso do cálcio.

Apesar de todos os benefícios provenientes da aplicação de resíduos, Bellote et al. (1994), diz haver a necessidade de acompanhamento dos efeitos causados no perfil do solo e no lenço freático, quando grandes quantidades de resíduos são aplicadas. O teor de sódio, tende a aumentar excessivamente em parcelas que receberam resíduos continuamente.

Existem poucos estudos que avaliam os efeitos da aplicação de resíduos sobre as propriedades biológicas do solo. Guerrini et al. (1994), trabalhando em casa de vegetação encontraram grandes aumentos na biomassa microbiana do solo após a aplicação de cinza e resíduo celulósico, resultados também relatados por Guerrini e Moro (1994).

De acordo com Harrison et (2003), os maiores benefícios da aplicação de resíduos orgânicos em ecossistemas florestais são a melhoria do solo e o aumento da produção de madeira. Bergamin et al. (1994), citam que em solos pobres, alguns tratamentos têm proporcionado ganhos na produção de madeira superiores a 150%.

Trabalhando com *Eucalyptus grandis*, Guerrini et al. (1994), relatam que o uso de resíduo celulósico decomposto com cinza de madeira promoveu ganhos na produção volumétrica do eucalipto aos 2 anos de idade, que variaram de 3 a 87 % em relação adubação química.

Em 2003, Andrade et al. Trabalhando com *Eucalyptus dunnii*, e testando o efeito de doses crescentes de resíduo celulósico, de 10 a 80 t ha⁻¹, obteve resultados significativos para volume cilíndrico de madeira aos 6 anos de idade.

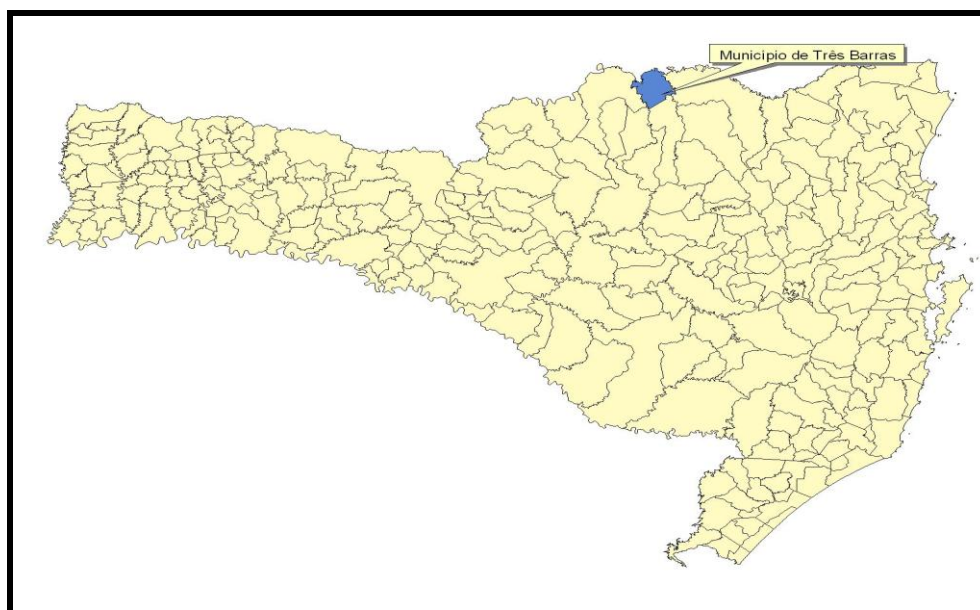
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EXPERIMENTAL

4.1.1 Descrição Geral

O experimento foi estabelecido em uma área pertencente à empresa Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda., produtora de celulose, papel e embalagens, situada no município de Três Barras, no Planalto Norte Catarinense, possuindo áreas de reflorestamento com espécies dos gêneros Pinus e Eucalyptus, distribuídas no Sul do estado do Paraná e Norte do estado de Santa Catarina a 26°06'47" de latitude Sul e 50°18'28" a oeste do meridiano de Greenwich. A figura 1 ilustra a localização geográfica da região onde o experimento foi estabelecido.

FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA EXPERIMENTAL NO MUNICÍPIO DE TRÊS BARRAS, ESTADO DE SANTA CATARINA.



4.1.1.1 Geologia

O mapa geológico do Estado de Santa Catarina (1986) mostra que o embasamento da área em estudo envolve sedimentos paleozóicos do Grupo Tubarão, constituída basicamente de depósitos glaciais continental, glácio-marinhos,

fluviais e lacustres, compreendendo principalmente arenitos de granulação variada, imaturos, podendo passar a arcóseos. Na seção média, estão presentes também siltitos e folhelhos esverdeados com níveis carbonáticos argilosos silicificados em superfície e subordinadamente arenitos muito finos. Na seção inferior, estão presentes depósitos flúvio-deltáico, compreendendo arenitos imaturos arcóseos e subarcóseos, esbranquiçados, finos a médios, localmente grosseiros, argilosos micáceos e secundariamente arenitos muito finos, siltitos e argilitos, folhelhos carbonosos, leito de carvão e conglomerado.

4.1.1.2 Clima

O clima da região, segundo a Carta Climática do Estado (GAPLAN, 1996), classifica-se como Mesotérmico Úmido (Cfb), onde a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22 graus centígrados e a do mês mais frio inferior a 18 graus centígrados. A precipitação tem distribuição equilibrada com 8 a 10% da precipitação anual ocorrendo em todos os meses. Verifica-se que para a região, há excedente hídrico coincidente com os meses de verão e não ocorre deficiência hídrica, havendo porém riscos de geadas principalmente nos meses de junho e julho.

4.1.2 Unidade de Manejo Florestal

O experimento foi estabelecido em uma área previamente definida em função do projeto de Classificação de Sítios que define áreas consideradas como Unidades de Manejo Florestal e que foram caracterizadas por tipo de solo, posição no gradiente topográfico, drenagem do solo e, conseqüentemente, adequação da melhor espécie florestal e das melhores práticas de manejo florestal para as respectivas espécies e diferentes genótipos dentro da mesma espécie.

As unidades de manejo são as estruturas básicas de todo o Sistema de Classificação de Sítios. Neste sistema, fatores como geologia, topografia, características químicas e físicas, produtividade e vegetação são integrados como fatores chave na determinação de cada unidade de manejo. Uma unidade individual de manejo representa uma área relativamente homogênea e significativamente diferente de outra por um dos fatores mencionados acima. As considerações

silviculturais ao manejo e as tabelas interpretativas são resultados da integração da experiência profissional e resultados de pesquisa. As recomendações efetuadas refletem a melhor tecnologia empregada e resultados provenientes da experimentação científica, objetivando sua aplicação diferenciada e específica para cada unidade. A Unidade de Manejo Florestal, definida para a instalação do experimento de nutrição e análise da atividade enzimática foi a Unidade de Manejo Florestal denominada 1Q2, na Região de Nº 5 denominada Bugre e localizada no município de Três Barras.

O experimento de nutrição que é base para as análises efetuadas da atividade enzimática e respiração microbiana foi estabelecido nesta unidade por esta apresentar características significativas e representativas de todas as áreas da empresa. Entre todas as unidades de manejo classificadas nas áreas da empresa Rigesa, a unidade 1Q2 foi escolhida como a área onde o experimento de nutrição deveria ser instalado, pois análises foliares do plantio de Pinus, que existia previamente neste sítio, mostrou teores de cálcio e potássio abaixo dos níveis críticos, indicando, assim, uma maior probabilidade de resposta desta espécie à adição destes nutrientes (NCSFNC, 1990). Uma análise de solo foi efetuada na área e os resultados mostraram baixos níveis dos elementos cálcio e potássio. Os fatores acima mencionados como baixo teor de cálcio nas acículas e os baixos teores de cálcio e potássio no solo da Unidade de Manejo 1Q2 foram os fatores determinantes para o estabelecimento do experimento na respectiva área. Além dos fatores expostos, a Unidade de Manejo 1Q2 mostrou ter uma representatividade significativa dentro de todas as áreas da empresa e desta forma, os resultados encontrados no estudo também apresentariam significatividade quando da extrapolação dos mesmos para as outras áreas da empresa.

4.1.3 Solos

O solo classificado na unidade 1Q2 é descrito na classe de solos compreendido como solos com horizonte “B latossólico” não hidromórficos, muito profundos, com seqüência básica de horizontes A, BA e Bw, com profundidade superiores a 200 cm, com transições difusas e graduais entre os horizontes. O gradiente textural é baixo, com valores menores que 1,4 para a divisão da

concentração de argila no B sobre concentração no horizonte A. São solos porosos, com alto grau de floclulação das argilas, bem drenados e ocupam preferencialmente relevos planos ou com declives pouco acentuados.

Como característica química geral, apresentam baixa capacidade de troca de cátions ($T < 13 \text{ cmol/L Kg}$ de argila após a correção para o carbono), em decorrência da fração coloidal ser constituída principalmente por argilo-minerais do grupo das caulinitas, sesquióxidos de ferro e alumínio, quartzo e outros minerais resistentes ao intemperismo.

O solo na área de estudo, a Região de Nº 5, Bugre, é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro com seqüência básica de horizontes A1, A2 e Bw, de textura muito argilosa. Para os Latossolos Vermelho-Escuro, o horizonte superficial tem espessura variando entre 60 a 66 cm de profundidade, de coloração bruno avermelhado escuro no matiz 5YR. A estrutura é do tipo granular, de tamanho pequeno, com grau de desenvolvimento moderado ou forte, podendo estar associada a blocos e em algumas situações maciça coesa, reflexo do uso intensivo de máquinas. A textura é argilosa a muito argilosa com teor de argila variando entre 54 e 70%.

No aspecto químico os horizontes A1 e A2 são de reação ácida com pH em água entre 4,2 e 5,3. O teor de matéria orgânica é alto (2,9 a 4,8%). Os conteúdos de fósforo são relativamente altos e situam-se entre 5 e 9 ppm, considerando as exigências das espécies florestais em uso. Os valores de potássio apresentam variabilidade muito alta na região, no entanto, são extremamente baixos no perfil do estudo ($P_{25} < 0,02 \text{ cmol/L Kg}$); os teores de cálcio seguem a mesma tendência apresentada pelo teores de K, ou seja, apresentam variabilidade alta na região de estudo, porém, valores baixos na Unidade de Manejo do experimento, apresentando-se inferiores a $0,04 \text{ cmol/L Kg}$ nos perfil 25.

Em profundidade, os horizontes Bw são de estruturação fraca do tipo blocosa que se desfaz em granular fina e com argila total entre 60 e 72%. São ácidos com pH em água abaixo de 5,0 e bastante lixiviados com teores de potássio inferior a $0,05 \text{ cmol/L Kg}$, cálcio menor ou igual a $0,03 \text{ cmol/L Kg}$, com saturação de bases atingindo o máximo de 3% e a de alumínio superior a 90%.

Foi caracterizada uma unidade de mapeamento, onde o seu posicionamento na paisagem, envolvendo relevo plano em cotas baixas em relação a altimetria da

área, a textura e o caráter ácrico, ou seja, a capacidade de troca aniônica (perfil 25) foram os fatores condicionantes da separação e designada como LVd1.1 Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa, A proeminente, oxidico, mesoférrico.

Ocupa relevo aplanado em final de encosta, transicionando para solos menos evoluídos e de drenagem imperfeita (Aluviais e Gleis), onde a declividade é inferior a 4%.

4.2 MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS

4.2.1 Equipamentos utilizados

Na determinação das análises químicas do solo avaliado neste experimento foram utilizados um espectrofotômetro Marca Fentun modelo 600, um equipamento de absorção atômica marca Perkin Elmer modelo 3300 e um analisador de respiração microbiana IRGA (Infra Red Gas Analyzer).

4.2.2 Material genético utilizado

A família 9 foi utilizada no estudo. Esta família teve origem na seleção massal realizada no final dos anos 70 em plantios comerciais de *Pinus taeda* L. Ela foi selecionada levando-se em conta critérios de superioridade em produção volumétrica de madeira, retidão do fuste, ramos finos e boa desrama natural, em plantio comercial na região de Três Barras - SC. A família 9 e outras 38 famílias foram selecionadas com o objetivo de estabelecer o Pomar Clonal de Sementes de Duas Barras de 1ª geração. Atualmente esta família continua no Pomar de Duas Barras após passar por teste de progênie, onde foi comprovada sua superioridade genética. Em plantios comerciais mono-progênes, a família 9 apresenta produtividade média de 43 m³/ha/ano, muito superior à média nacional que está em torno de 30 m³/ha/ano (Duda L., 2007).

4.2.3. Descrição dos tratamentos avaliados

O estudo para a avaliação da atividade enzimática e determinação de indicadores da qualidade do solo foi estabelecido em função de um estudo de nutrição onde avaliou-se o desenvolvimento do *Pinus taeda* L. em função da adição do elemento cálcio através da aplicação da lama de cal e do elemento potássio através da aplicação de cloreto de potássio.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições e parcelas de 24 árvores mensuradas e com área útil de 150 m² e área útil de 500 m². Uma bordadura dupla foi utilizada em cada tratamento. O experimento foi estabelecido no período de 15 de fevereiro de 2000 a 21 de fevereiro de 2000 com a adição da lama de cal e do cloreto de potássio. A lama de cal e o cloreto de potássio foram aplicados com a ajuda de um implemento de aplicação de fertilizantes a lanço para áreas experimentais. A tabela 2 descreve os tratamentos aplicados no experimento.

TABELA 2. DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS APLICADOS NO ESTUDO DE NUTRIÇÃO.

Tratamentos	Descrição dos tratamentos	
T 1	0 Kg de Lama de cal ha ⁻¹	0 Kg de K ha ⁻¹
T 2	0 Kg de Lama de cal ha ⁻¹	40 Kg de K ha ⁻¹
T 3	0 Kg de Lama de cal ha ⁻¹	80 Kg de K ha ⁻¹
T 4	4 ton de Lama de cal ha ⁻¹	0 Kg de K ha ⁻¹
T 5	4 ton de Lama de cal ha ⁻¹	40 Kg de K ha ⁻¹
T 6	4 ton de Lama de cal ha ⁻¹	80 Kg de K ha ⁻¹
T 7	8 ton de Lama de cal ha ⁻¹	0 Kg de K ha ⁻¹
T 8	8 ton de Lama de cal ha ⁻¹	40 Kg de K ha ⁻¹
T 9	8 ton de Lama de cal ha ⁻¹	80 Kg de K ha ⁻¹

4.2.3.1 Lama de cal

A lama de cal aplicada ao estudo, como fonte de cálcio, possui uma textura bastante fina e homogênea, e caracteriza-se como um calcário calcítico de alto valor de neutralização, grande reatividade e reconhecido potencial corretivo de acidez, superior a maioria dos calcários comerciais (Rigesa, 2000). Devido a uma certa desuniformidade do material, sua granulometria pode se mostrar mais grosseira, o que interfere na análise granulométrica que define a eficiência relativa (ER). A redução deste índice acaba afetando o PRNT, reduzindo seu valor final (TEIXEIRA, 2002). Possui ainda teores significativos de sódio, em razão do contato com o licor de cozimento, em média cerca de 1,5 a 2%. Embora não se constitua em elemento tóxico, o sódio possui características conhecidas como agente dispersante de argilas podendo, em grande quantidade, afetar a estrutura do solo (TEIXEIRA, 2002). De acordo com (GUERRINI, 1997), a lama de cal pode ser utilizada como corretivo de acidez do solo e como suplemento de nutrientes para as plantas. A granulometria deste material afeta a velocidade da neutralização da acidez do solo, assim como a eficiência de neutralização. A mistura dos dois resíduos com granulometria abaixo de 0,25mm resulta numa eficiência de correção de 91% ($\text{CaCO}_3=100\%$) em 9 dias de incorporação no solo (GUERRINI, 1997). A composição básica e características físico-químicas da lama de cal foram analisadas e estão descritas na tabela 3.

TABELA 3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA LAMA DE CAL.

Determinação	Valores ¹	Valores ²	Valores ³
Umidade a 105°C	26	27	32
pH	12	6,6	10,3
Análise Granulométrica			
Fração > 2mm (%)	15,7	5,24	2,68
Fração 2,0 – 0,84 mm	14,0	9,37	11,12
Fração 0,84 – 0,30 mm	8,2	8,01	16,53
Fração < 0,30 mm	62,1	77,38	69,67
Eficiência Relativa (%)	69,8	84	82
Valor de Neutralização (%)	89,1	99	98
PRNT (%)	62,2	83	80
CaO Total (%)	49,7	54	54
MgO Total (%)	0,8	1,3	0,91
P ₂ O ₅ Total (%)	0,39	0,37	0,50
K ₂ O Total (%)	0,38	0,14	0,18
Sódio Total (%)	2,0	1,5	1,7
Manganês Total (mg/ kg)			0,15
Cobre Total (mg/ kg)		16	18
Zinco Total (mg/ kg)		58	54
Chumbo Total (mg/ kg)		3	<2
Cádmio Total (mg/ kg)		0,4	0,3
Cromo Total (mg/ kg)		4	8
Arsênio Total (mg/ kg)			4
Selênio Total (mg/ kg)		<4	<4
Mercúrio Total (mg/ kg)		0,01	0,04
Alumínio Total (mg/ kg)		0,18	0,27
Densidade	0,9		

(1) Teixeira, 2002. (2) Rigesa, set/2006. (3) Rigesa, março/2007.

4.2.4 Determinação Analítica das Amostras

As amostras de solos e acículas foram analisadas no Laboratório de Solos e Tecidos Vegetais da Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda., laboratório este, credenciado a Rede Oficial de Laboratório de Solos (ROLAS). Para a análise de fósforo e potássio foram utilizados o extrator duplo ácido (Mehlich -1), sendo que o fósforo foi determinado por espectrofotometria UV-1, utilizando-se o método do complexo fósforo-molibdídico e o potássio por espectrofotometria de absorção atômica. Cálcio, magnésio e alumínio foram extraídos com cloreto de potássio 1 M e cálcio e magnésio forma determinados por espectrofotometria de absorção atômica, sendo que o alumínio foi determinado por titulometria (ROLAS, 1995).

Para determinação da textura foi utilizado o método do densímetro que baseia-se na adição de um dispersante químico e conseqüente sedimentação das partículas (Embrapa, 1979).

Para a análise de matéria orgânica foi empregado o método do ataque sulfocrômico com determinação colorimétrica empregando o espectrofotometro UV-1 (ROLAS, 1995).

A determinação das relações moleculares foi determinada através de ataque sulfúrico a quente e com determinação por espectrofotometria de absorção atômica (Embrapa,1979).

A determinação dos macronutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, foi efetuada utilizando-se uma única digestão por H_2O_2 e H_2SO_4 com uma mistura de digestão. Para nitrogênio, após a digestão sulfúrica efetua-se a determinação através do método Kjeldahl. O fósforo foi determinado através de colorimetria e para os demais macronutrientes, utilizou-se espectrofotometria de absorção atômica (Tedesco, 1982).

4.2.5 Amostragem de solos

4.2.5.1 Descrição Morfológica do Perfil do Solo da Área do Estudo

A área física onde o estudo foi estabelecido teve o perfil de solo descrito e a descrição morfológica efetuada. O solo foi descrito como Latossolo Vermelho-

Distrófico típico, textura muito argilosa, A proeminente, caulinítico-oxídico, mesoférrico.

A litologia da área é representada por arenitos finos, siltitos, folhelhos da formação geológica pertencente ao grupo Tubarão do período carbonífero superior. As propriedades físicas do perfil são descritas na tabela 4.

TABELA 4. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DO PERFIL DO SOLO

Horizonte	Profundidade	Descrição
Ap	0-25 cm	bruno avermelhado escuro (5YR 3/2); argila; maciço coeso que se rompe em laminar e blocosa grande; firme, plástico e pegajoso; transição plana e gradual.
A2	25-60 cm	bruno avermelhado escuro (5 YR 3/3); argila; moderada pequena granular e blocos; muito friável, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual.
Bw1	60-107 cm	bruno avermelhado (5YR 4/4); muito argiloso; moderada blocos médios e grandes que se rompe em granular pequena; muito friável, muito plástico e muito pegajoso, transição ondulada e difusa.
Bw2	107-150 cm	vermelho escuro (2.5YR 3/6); muito argiloso; moderada média e grande blocos que se desfaz em granular pequena; muito friável, muito plástico e muito pegajoso.

4.2.5.2 Propriedades Químicas do Perfil do Solo

Para caracterizar o perfil de solos na área de estudo, amostras de solos foram coletadas com trado a 20 cm de profundidade no horizonte A. A coleta das amostras de solos foi efetuada nas 4 estações do ano, iniciando em 5 de Maio de 2005 e a partir deste momento, a cada estação, amostras de solo foram coletadas até o Outono de 2006. Cinco sub amostras foram coletadas do horizonte A de cada parcela. As 5 sub amostras formaram uma amostra composta para cada parcela amostrada devido a homogeneidade da área do experimento. Os atributos químicos

do solo, como fósforo, cálcio, magnésio, e potássio foram determinados utilizando-se o extrator Melich 1, que consiste basicamente em procedimentos de extração com uma mistura de ácidos sulfúrico e clorídrico. Cátions trocáveis foram analisados através de absorção atômica e o fósforo foi determinado através de análise colorimétrica.

A análise química para caracterização da área e classe de solo foi efetuada e os resultados são descritos na tabela 5.

TABELA 5. RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO DO ESTUDO

Horizonte	Símbolo		A1	A2	Bw1	Bw2
	Prof. (cm)		0-25	25-60	60-107	>107
Granulometria	% Areia	Grossa	3,13	4,77	4,20	3,72
		Fina	17,00	10,75	9,68	13,13
		Total	20,13	15,52	13,88	16,85
	% Silte		13,87	16,48	17,12	13,15
	% Argila Dispersante		66,00	68,00	69,00	70,00
% Argila em Água		0,00	0,00	10,00	2,00	
Grau de Flocculação			100,00	100,00	85,51	97,14
g/cm ³	Densidade Aparente		1,01		0,85	
	Densidade Real		2,45		2,71	
Porosidade (%)			58,63		68,48	
pH (1:2,5)	H ₂ O		4,25	4,20	4,22	4,86
	KCl		3,78	3,84	3,98	4,36
Matéria Orgânica (%)			3,74	2,93	2,25	1,05
P ppm			6,17	6,42	13,43	13,97
Complexo (Cmol _c / Kg)	Ca ⁺⁺		0,02	0,03	0,02	0,03
	Mg ⁺⁺		0,04	0,02	0,00	0,03
	K ⁺		0,02	0,01	0,01	0,01
	S		0,08	0,07	0,04	0,07
	Al ⁺⁺⁺		4,25	2,83	1,62	0,00
	H ⁺ + Al ⁺⁺⁺		12,98	9,90	5,70	5,98
	T		13,06	9,97	5,74	6,04
Saturação de Bases - V %			0,62	0,66	0,70	1,08
Saturação Al %			98,14	97,71	97,58	0,00
Ataque Sulfúrico (%)	SiO ₂				19,50	
	Al ₂ O ₃				27,50	
	Fe ₂ O ₃				9,94	
	TiO ₂				0,00	
Relações	Ki				1,21	
Moleculares	Kr				0,98	

4.2.5.3 Determinação da atividade enzimática

A amostragem de solo para a análise da atividade enzimática da dehidrogenase, fosfatase e β -glucosidase foi efetuada em todos os tratamentos do estudo e recebeu tratamento especial devido a natureza dinâmica deste componente biológico do solo (Dick et al., 1996). Como a época do ano é um fator preponderante nestas análises, devido as mudanças climáticas significativas, a amostragem foi efetuada para capturar as variações do respectivo ano e em anos consecutivos. Desta forma, a amostragem foi efetuada durante as quatro estações do ano, e dentro da respectiva estação, procurou-se amostrar em um determinado período que apresentou condições estáveis de umidade do solo e temperatura ambiente. Como a amostragem e análise da atividade enzimática iniciou no Outono do ano de 2000 e foi finalizada no Outono de 2006, as amostras para estas análises foram coletadas em todas as estações, porém procurou-se amostrar o solo, quando possível, sempre na mesma época dentro da mesma estação, evitando-se assim as variações dentro de uma mesma estação.

A análise da atividade microbiológica pela determinação da dehidrogenase é importante, pois, esta é parte integrante dos microorganismos que estão ligados nos processos de oxidação da matéria orgânica. Estudos têm demonstrado que estas enzimas correlacionam-se com a biomassa microbiana e outras medidas da atividade biológica. Devido a dehidrogenase ser sensível aos efeitos do manejo de solo, é melhor usada como indicador da população microbiana viável. Para a determinação da dehidrogenase foi utilizado o método que baseia-se na leitura do trifetilformazan, um produto final da análise da respectiva atividade enzimática.

A β -glucosidase, outra enzima determinada neste estudo, é amplamente distribuídas na natureza e é importante no ciclo de C. Esta enzima é também detectada em solos e a β -glucosidase tem sido detectada em fungos e plantas. Os produtos da hidrólise da β -glucosidase são importantes fontes de energia para microorganismos de solo. Têm sido demonstrado que este ensaio é sensível em demonstrar efeitos do manejo de solo em diferentes tipos de solos em períodos de até dois anos. O método é baseado na determinação colorimétrica de p-nitrofenol liberado pela β -glucosidase quando o solo é incubado com solução tampão (pH 6,0)

p-nitrofenol-B-D-glucosidase. O p-nitrofenol liberado é extraído por filtragem e determinado colorimetricamente.

As fosfatases são importantes no ciclo do fósforo porque proporcionam o respectivo nutriente para a nutrição das plantas pela liberação de íons fosfato. A atividade das fosfatases é importante, pois, fazem parte do ciclo de fósforo e as fosfatases ácidas provêm um índice potencial no solo para a mineralização do fósforo orgânico. Os procedimentos para a determinação da atividade das fosfatases são baseados num princípio similar a β -glucosidase em que a hidrólise de fosfato p-nitrofenil libera p-nitrofenol, que é extraído quantitativamente do solo e medido colorimetricamente.

Para a determinação da atividade enzimática, as amostras de solo foram analisadas imediatamente após a coleta e quando isto não foi possível, as amostras foram armazenadas a 4°C (Dick et al., 1996).

4.2.5.4 Determinação da respiração microbiana

Para a determinação da atividade microbiana do solo foi utilizado o método da indução da respiração por adição de um substrato, onde as amostras de solo tiveram a adição de glicose, incubadas a 22°C e aeradas com ar ambiente continuamente. O CO₂ produzido foi estimado utilizando-se um analisador de respiração microbiana IRGA (Infra Red Gás Analyzer).

4.2.6 Mensuração das unidades experimentais

Diâmetro a altura do peito (DAP) foi definido como uma altura fixa de (1,37m) e altura total foram mensurados anualmente. Para estimar o volume total do fuste com casca, foi empregado o modelo matemático de Schumacher & Hall (1933), conforme a seguir:

$$Y = \beta_0 DAP^{\beta_1} H^{\beta_2}$$

em que:

Y = volume total do fuste (com casca);

DAP = diâmetro da árvore à altura do peito (1.37 m);

H = altura total da árvore (m);

β_0 , β_1 e β_2 = parâmetros estimados.

4.2.7 Amostragem de tecidos foliares

As acículas foram coletadas em todas as unidades amostrais durante o inverno de 2002 a 2005. Foram coletadas amostras foliares de cinco árvores por parcela amostral, sendo então coletados vinte fascículos de cada árvore na porção do terço médio da copa (NCSFNC, 1990). As sub-amostras coletadas, foram secas em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 70°C até atingirem peso constante. As amostras foram pesadas e moídas em moinho para material foliar (Wiley Mill). O moinho foi sistematicamente limpo com ar comprimido para evitar contaminação.

4.2.8 Análise estatística

Os dados das análises químicas e biológicas do solo e das variáveis que expressam o crescimento, como também os teores nutricionais do *Pinus taeda* L. encontrados nas acículas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificar as diferenças estatísticas. Verificada a diferença significativa, foi empregado o teste de Duncan ao nível de 95% de probabilidade para a comparação de médias entre as variáveis analisadas.

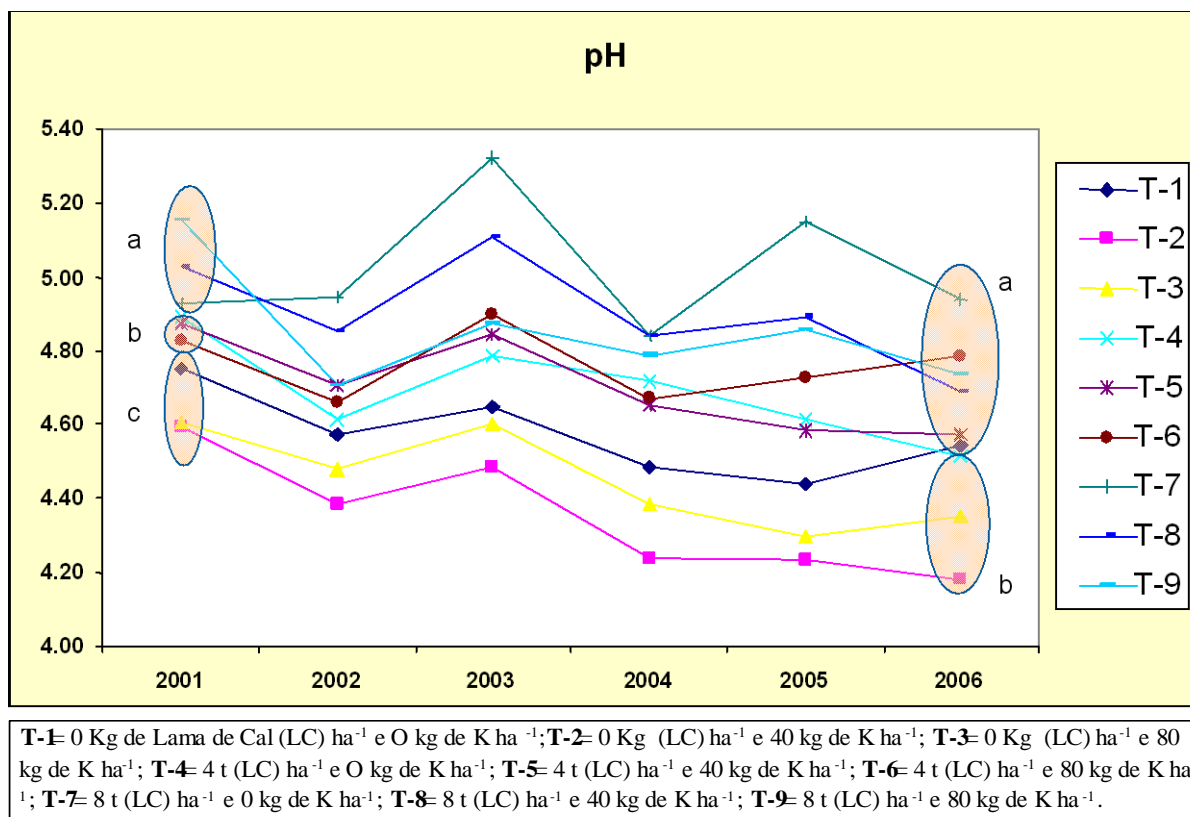
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EFEITOS DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE AS PROPRIEDADES DO SOLO

5.1.1 Características químicas do solo

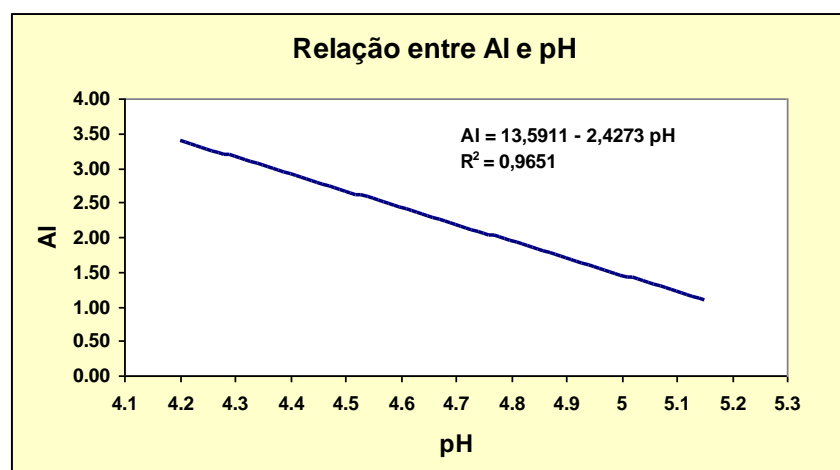
De acordo com os resultados apresentados na figura 3, o pH (H₂O), variou de 4,6 a 5,1 em 2001 para 4,2 a 5,2 em 2005 apresentando uma diferença significativa para os tratamentos que não receberam lama de cal quando comparados com os tratamentos que receberam a lama de cal nas doses de 4 e 8 t de lama de cal ha⁻¹) obtida pelo teste de comparação de médias de Duncan ao nível de 95% de probabilidade (Anexo 1.1; 1.2; 1.3; 1.4 e 1.5). Em 2006, observa-se um decréscimo entre os tratamentos que receberam a lama de cal nas dosagens 4 t ha⁻¹ e 8 t ha⁻¹, não existindo mais a respectiva diferença verificada anteriormente, porém ainda verifica-se uma diferença entre os tratamentos que receberam a lama de cal e aqueles que não receberam. Exemplificando: no ano de 2001, para aplicação de 0, 4 e 8 t de lama de cal ha⁻¹, observou-se valores de pH de 4,6; 4,9; 5,0 respectivamente. Este mesmo comportamento para o pH foi verificado até o ano de 2005 quando pode-se observar os valores de 4,3; 4,6 e 5,0 para aplicações de 0, 4 e 8 t de lama de cal ha⁻¹, respectivamente. Segundo Rigatto (2002), estes valores de pH estão dentro dos limites aceitáveis para o crescimento do *Pinus taeda* L., não influenciando de forma negativa o crescimento da espécie. Porém, segundo Pilbean e Kirby (1992), citados por Rodrigues (2005), em solos extremamente ácidos predominam o nitrogênio na forma N-NH₄⁺, que por sua vez prejudicaria a absorção de Ca e K. Nessa condição de acidez, seria comum a elevação dos níveis de Al e Mn e a redução dos níveis de K, Ca e Mg, fazendo com que o P se torna-se menos disponível.

FIGURA 3. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O pH DO SOLO.



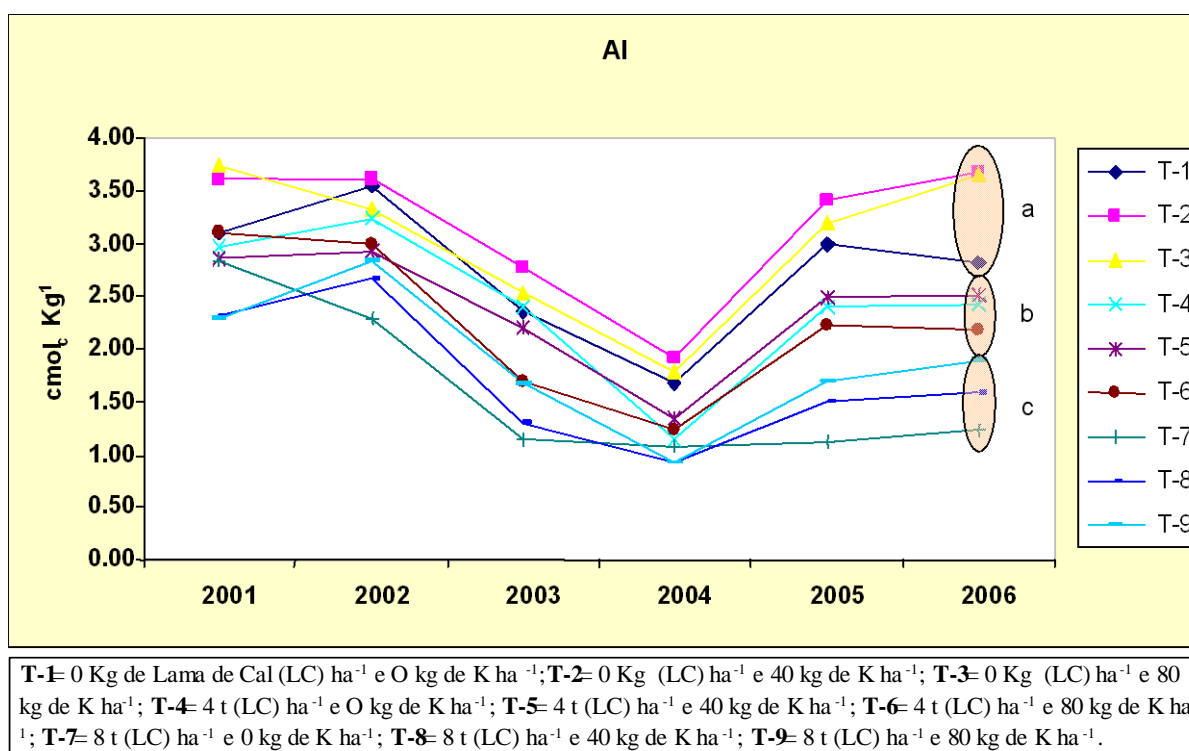
A figura 4 demonstra a relação entre o Al e o pH do solo, evidenciando que o pH aumenta nos tratamentos onde foi aplicado a lama de cal e conseqüentemente, os teores de Al vão diminuindo, o que confirma a relação inversa entre o pH e essa variável .

FIGURA 4. RELAÇÃO ENTRE O ALUMÍNIO E O pH DO SOLO.



A figura 5, ilustra os resultados para a variável Al em função da aplicação da lama de cal. Através da análise de variância pode-se constatar que a aplicação da lama de cal afetou significativamente os teores de Al no solo em todos os anos amostrados, ou seja, de 2001 até 2006 (Anexo 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.5 e 2.6). Pode-se observar pela figura 5 que a maior queda nos teores de Al verificou-se no ano de 2004, onde os teores encontram-se entre 1 a 2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. A partir daí observa-se novamente uma elevação, porém, as diferenças estatísticas permanecem entre aqueles tratamentos que não receberam a lama de cal, e os tratamentos que receberam a lama de cal nas doses de 4 t ha^{-1} e 8 t ha^{-1} . A última análise efetuada no ano de 2006 mostra os seguintes valores médios para o Al em função dos tratamentos aplicados: $3,38 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para os tratamentos onde não foi aplicado a lama de cal; $2,36 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para os tratamentos onde foram aplicados 4 t ha^{-1} de lama de cal e $1,57 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ onde 8 t ha^{-1} de lama de cal forma aplicadas ao estudo. Os valores de Al podem ser considerados altos, quando comparados com valores encontrados por Rodrigues (2005), porém segundo Gonçalves (1995), o *Pinus taeda* é pouco sensível à acidez do solo e tolera altos níveis de Al e Mn.

FIGURA 5. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O ALUMÍNIO NO SOLO.



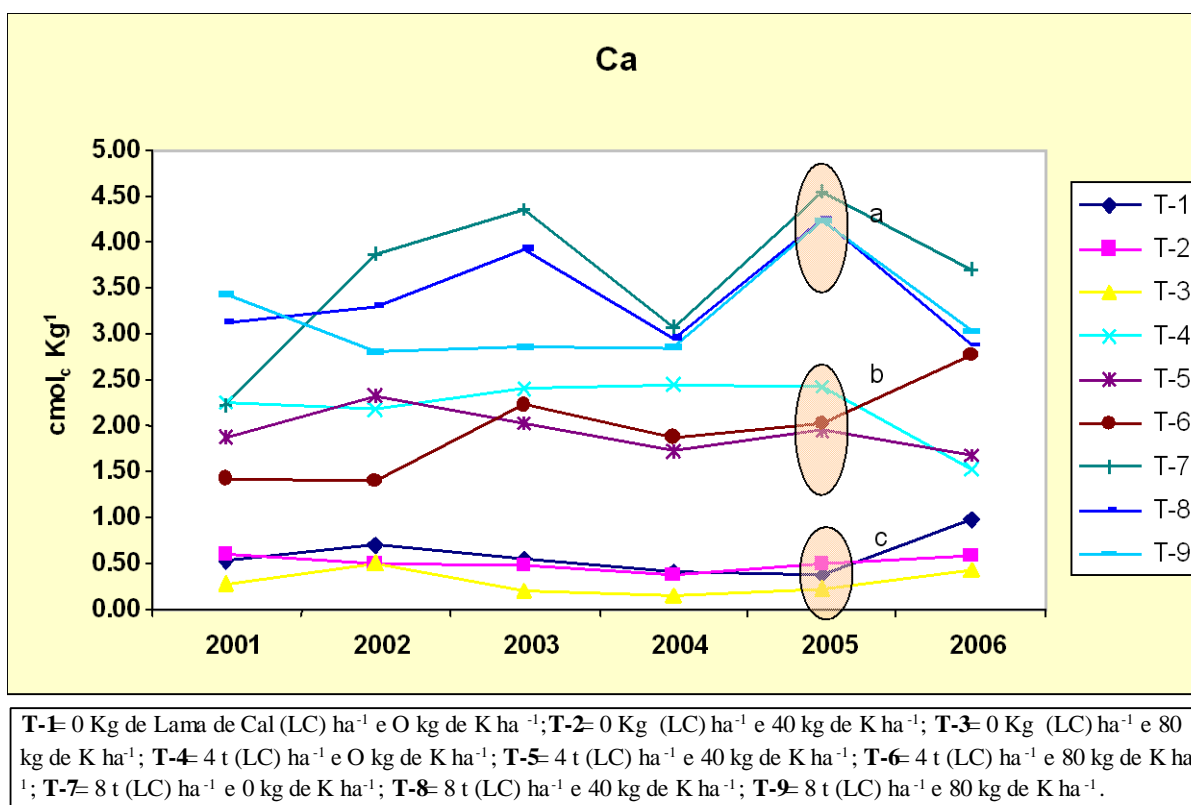
Quanto aos níveis de Ca trocável, a aplicação da lama de cal influenciou significativamente seu efeito no solo e esta diferença foi verificada durante todos os anos amostrados (Anexo 3.1; 3.2; 3.3; 3.4; 3.5 e 3.6). Os dados referentes ao comportamento deste elemento, são apresentados na figura 6. Também pode-se observar que os níveis de Ca no solo, quando analisados no mesmo ano demonstraram aumento significativo até a dosagem de 8 t ha^{-1} . Evidencia-se através da figura 6 o efeito da aplicação da lama de cal e seu efeito nos teores de Ca das parcelas onde este tratamento foi aplicado. No ano de 2001, os teores médios de Ca foram elevados de 0,47 para 1,86 e 2,93 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ quando compara-se os tratamentos onde este elemento não foi aplicado com os tratamentos onde este elemento foi aplicado nas doses de 4 t ha^{-1} e 8 t ha^{-1} respectivamente. Em 2006, os teores médios de Ca encontrados no estudo eram 1,98 e 3,20 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para os tratamentos onde este elemento foi aplicado nas doses de 4 t ha^{-1} e 8 t ha^{-1} respectivamente. A diferença estatística obtida pelo teste de comparação de médias de Duncan ao nível de 95% de probabilidade permanece durante todos os anos amostrados do estudo (Anexo 3.1; 3.2; 3.3; 3.4; 3.5 e 3.6). Os resultados encontrados por Rodrigues (2005), quando investigou o efeito de resíduo celulósico nos atributos do solo e biomassa de *Pinus taeda* L., também demonstram níveis de Ca similares aos encontrados neste estudo. Para os tratamentos onde foram adicionados 100 t ha^{-1} de resíduo de celulose, os teores de Ca encontravam-se ao redor de $4,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$. Os maiores valores de resíduo foram correlacionados positivamente com os maiores valores de biomassa determinados.

O efeito positivo da aplicação de Ca através de resíduos da indústria de celulose e papel é citado por vários autores entre eles Guerrini e Moro (1994), que relatam o aumento da produtividade florestal como função da adição de resíduos industriais. Estes autores ainda concluem que o fornecimento, especialmente de Ca através de resíduos é superior ao fornecido pela adubação química.

A partir do ano de 2005 detecta-se uma leve queda nos teores de Ca para aqueles tratamentos que receberam a lama de cal. De acordo com Brady & Nyle (1983), quando houver perdas de Ca e de Mg trocáveis, mediante possíveis processos de lixiviação, a acidez do solo aumentará gradualmente. Os resultados deste estudo estão desta forma em consonância com os conceitos de Brady e Nyle, pois, quando analisa-se os dados de Ca de 2006 conjuntamente com os resultados

de pH deste estudo, pode-se notar uma relação perfeitamente definida entre o aumento da acidez do solo com níveis decrescentes de Ca. Conforme a classificação proposta pela Comissão de Fertilidade do Solo para os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (1997), os níveis de Ca para os tratamentos testemunha são considerados baixos ($< 2,0 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$) e os níveis de Ca para os tratamentos que receberam a lama de cal são considerados médios.

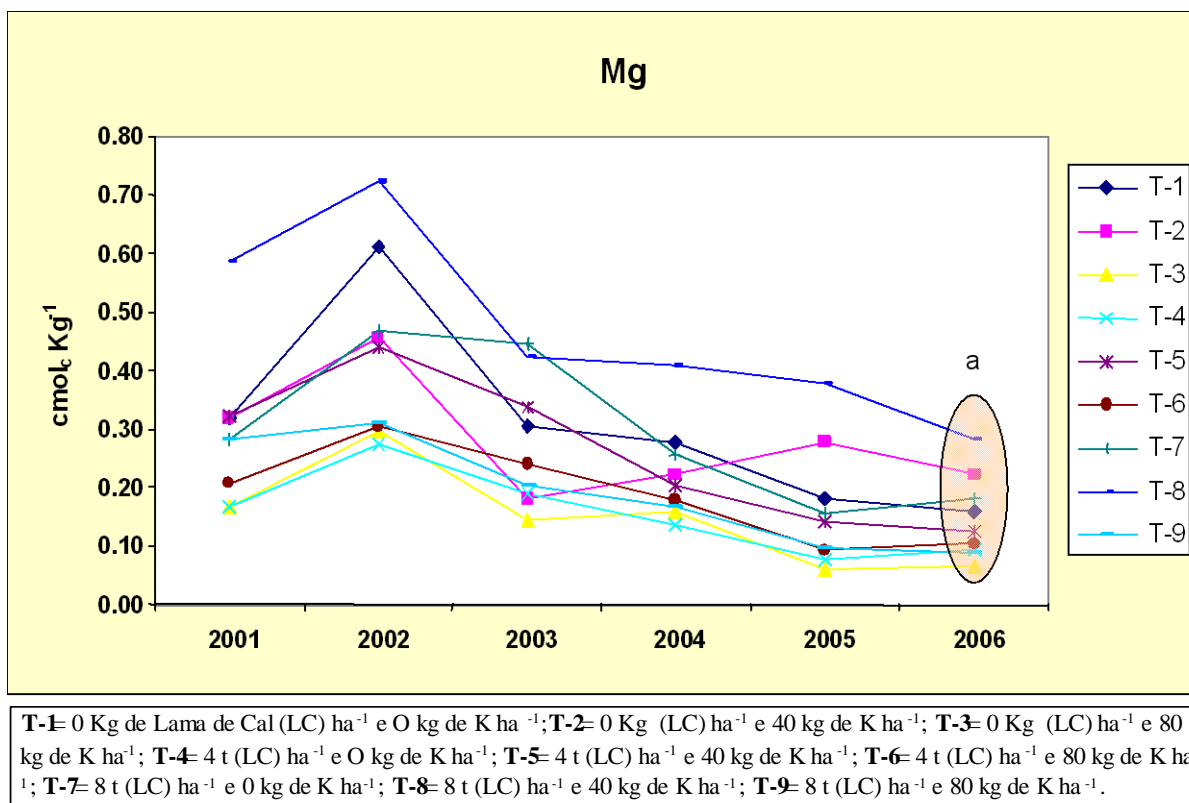
FIGURA 6. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O CÁLCIO NO SOLO.



Vários estudos realizados com *Pinus* relatam a importância de níveis adequados de Ca e Mg na produtividade do *Pinus taeda* L. Os resultados apresentados na figura 7, demonstram o comportamento do Mg no estudo. Não houve diferença significativa para os teores de Mg no solo, entretanto o gráfico mostra uma tendência de queda deste elemento ao longo dos anos (Anexo 4.1; 4.2; 4.3; 4.4; 4.5 e 4.6). Estudos realizados por Laso Garicoits (1990), Menegol (1991) constataram que há limitações de crescimento relacionados aos níveis de alguns nutrientes do solo, estando entre eles, K, Ca +Mg e Zn. Pelo comportamento do Mg,

pode-se inferir que possivelmente este elemento será limitante a produtividade do Pinus.

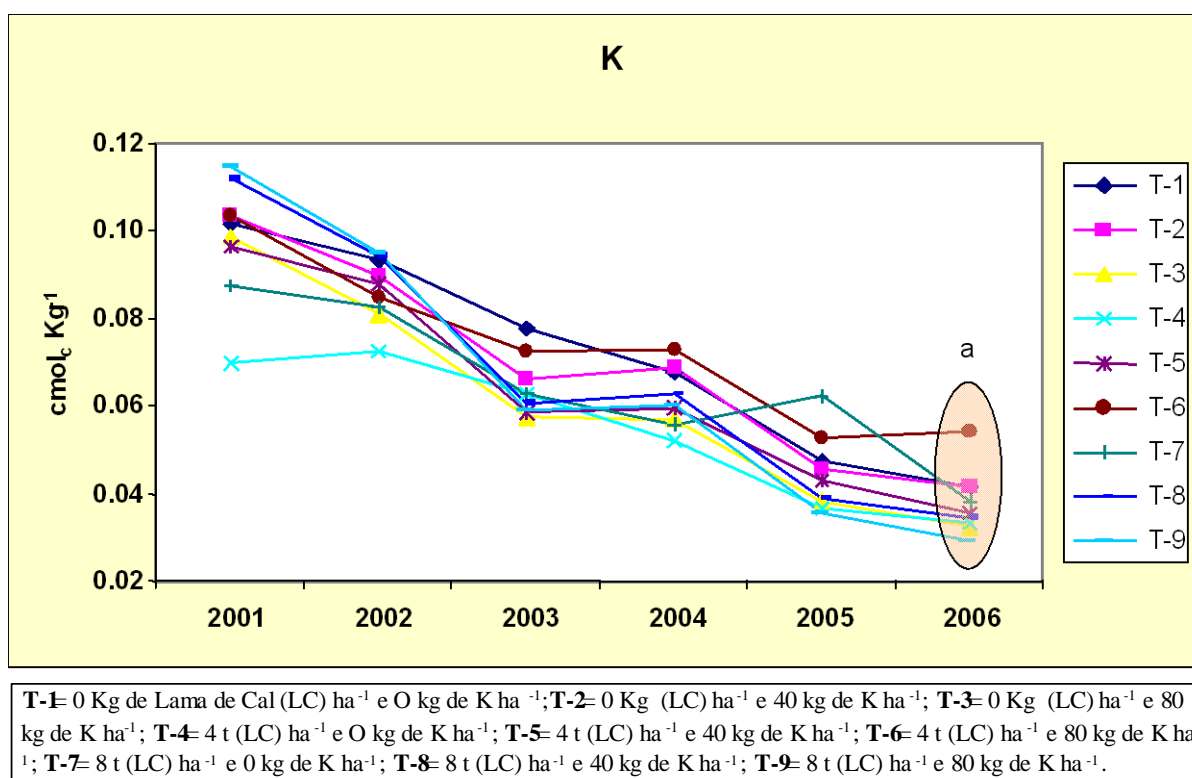
FIGURA 7. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O MAGNÉSIO NO SOLO



A figura 8, apresenta os resultados para o conteúdo de K no solo após aplicação de cloreto de potássio nas doses de 0, 40 e 80 Kg de K ha⁻¹. Não houve diferença significativa para os teores de K no solo em função das quantidades aplicadas ao longo dos anos amostrados (Anexo 5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 5.5 e 5.6). Como o cloreto de potássio foi aplicado somente na fase de estabelecimento do plantio, pode-se constatar que parte dos elementos adicionados ao solo já tenham se perdido. A figura 8 também mostra que os teores de K no solo mostram uma queda ao longo dos anos, demonstrando que as dosagens aplicadas não foram suficientemente altas para serem correlacionadas as altas taxas de crescimento do Pinus. Desta forma, pode-se constatar que não houve resposta significativa da aplicação do K sobre o crescimento do Pinus como também não foi verificado diferença significativa nos teores de K nas acículas do Pinus. Pode-se sugerir que a

redução do K no solo, poderia estar associada a remoção deste elemento pelas árvores da parcela, efeito não comprovado neste estudo, pois o estudo será conduzido até a idade de rotação, necessitando-se que as unidades amostrais permaneçam intactas.

FIGURA 8. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O POTÁSSIO DO SOLO.



Para enfatizar o efeito significativo da remoção é importante citar dados de Valeri (1988), que relata exportações de K na ordem de 41 % da quantidade deste elemento presente na biomassa do povoamento, incluindo também a manta orgânica. Moro (2005), relata ainda que o elemento K, encontrado na casca é exportado através da colheita em quantidades que, dependendo das condições naturais destas bases no solo podem comprometer a produtividade já na segunda rotação da cultura do gênero *Pinus*. Este autor ainda relata que a remoção do K em árvores de 8 anos de idade encontra-se ao redor de 1,80 mg/g na casca de *Pinus taeda* L. Deve-se mencionar a relevância do elemento K para o desenvolvimento do *Pinus*, citado por Reissmann (1981), onde este observou que a baixa oferta de P, K, Mg e Zn estava afetando fortemente o crescimento do

Pinus taeda L. Segundo Reissmann e Wisniewski (2000), existe perda de K por lixiviação em solos com capacidade de troca de cátions baixa. Este fator, juntamente com o supra citado poderia explicar o comportamento do elemento K.

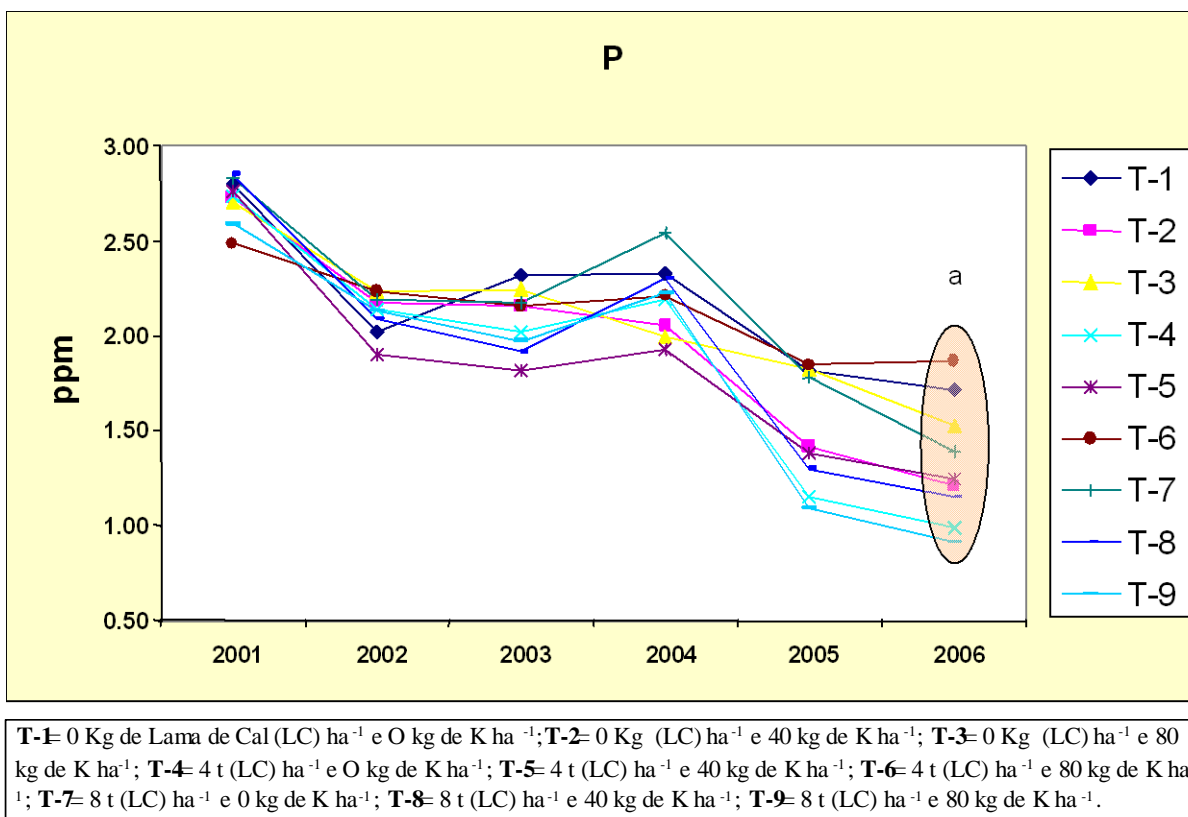
Fernandez et al. (2000), ao estudar o efeito da aplicação de doses crescentes de N, P e K no estabelecimento do *Pinus taeda* L. na Argentina, constatou que aos 34 meses de idade, houve diferenças significativas no DAP, altura total e volume, com relação às dosagens de N e P, porém, este autor também não encontrou resultado significativo quanto a resposta ao K.

Com relação ao P, não houve diferença significativa para os teores de P encontrados no solo nas respectivas unidades experimentais (Anexo 6.1; 6.2; 6.3; 6.4; 6.5 e 6.6). Entretanto, de acordo com a figura 9, pode-se verificar uma tendência de queda ao longo dos anos amostrados. Analogamente ao comportamento do K, a queda de P pode ser explicada pela remoção deste elemento pela cultura do Pinus. Para exemplificar a remoção, é importante citar Moro (2005), onde este relata que somente na casca de *Pinus taeda* L. com 8 anos de idade, a concentração média de P encontra-se em 0,30 mg/g. Este autor ainda conclui que quando analisa-se peso por peso, a casca concentra cerca de duas vezes mais nutrientes que o lenho.

De acordo com Pritchett (1987), o P é um dos nutrientes minerais geralmente deficiente em solos com plantios florestais, devido a origem deste elemento e a imobilização do P a íons de Fe e Al. Estes íons, por sua vez, apresentam alta estabilidade e baixa solubilidade em solos com pH ácido, determinando a baixa disponibilidade do elemento P em vários solos.

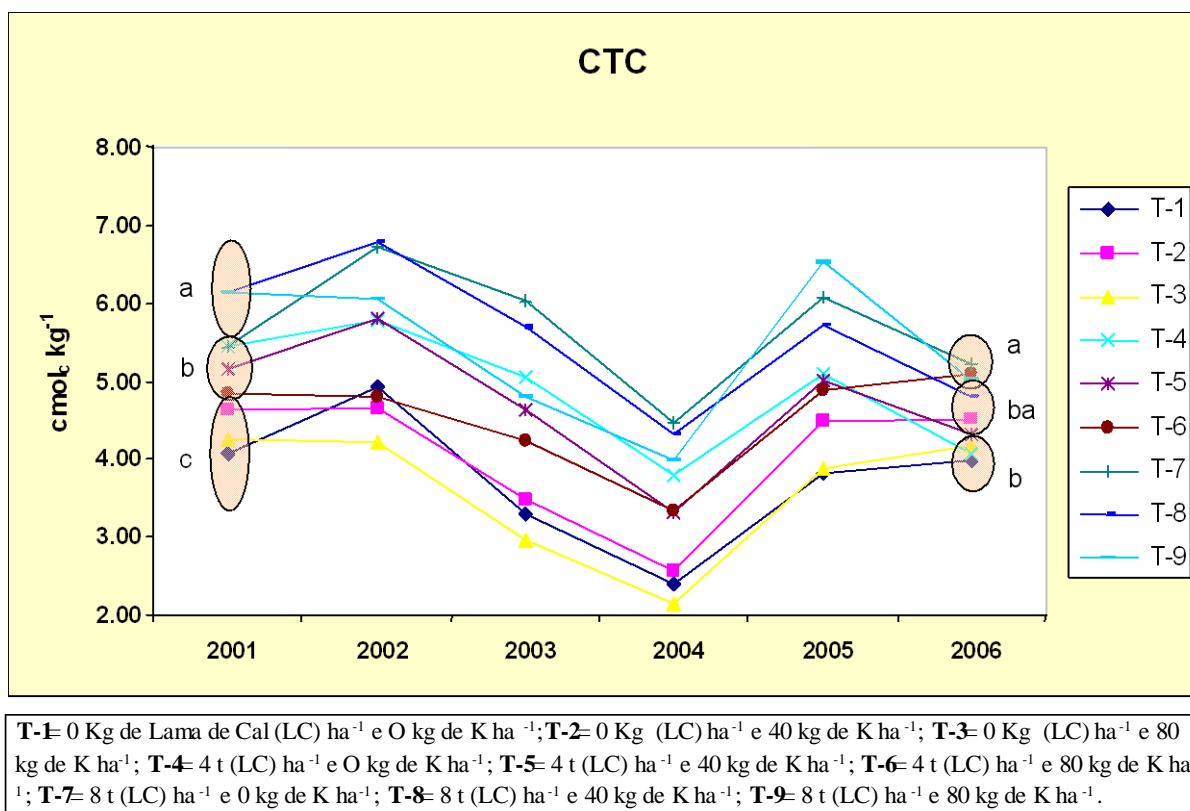
Pode-se concluir que para o P, o aumento do pH nos tratamentos que receberam a lama de cal, não foi suficiente para que houvesse maior liberação do elemento para a solução do solo. Embora não tenha sido captado o efeito do P neste estudo, Goor (1965), diz existir uma alta correlação entre a produtividade de *Pinus elliotti* e a soma de bases trocáveis, em especial a quantidade de Ca +Mg e o teor de P. Os valores de P encontrados neste estudo são considerados baixos e estudos de Rigato (2002), estudando a influência dos atributos do solo sobre a produtividade de *Pinus taeda* L. confirmam estes resultados.

FIGURA 9. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O FÓSFORO DO SOLO



A figura 10, apresenta os valores encontrados para capacidade de troca de cátions (CTC), para o solo do estudo, avaliada no período compreendido entre os anos de 2001 e 2006. Verifica-se que a adição de Ca alterou significativamente os valores para a CTC do solo para as unidades experimentais que receberam o tratamento lama de cal, entretanto, não houve efeito significativo da adição de K e a interação de Ca e K na CTC do solo. A CTC do solo aumentou significativamente em função das dosagens de lama de cal aplicadas ao solo no período estudado (Anexo 7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 7.5 e 7.6). Segundo Bellote et al. (1994) e Ferreira et al. (1995), o aumento da CTC é um dos benefícios proporcionados ao solo decorrentes da aplicação de resíduos da indústria de papel e celulose.

FIGURA 10. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS DO SOLO.



Apesar da adição de Ca ter elevado os valores da CTC, os valores encontrados neste estudo são considerados baixos (2,36 a 6,51 $\text{cmol}_c \text{Kg}^{-1}$) quando comparados a valores encontrados por Rigato (2002), localizados entre 5,70 e 13,56 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ em seu estudo sobre a influência dos atributos do solo sobre a produtividade e a qualidade da madeira de *Pinus taeda* L.

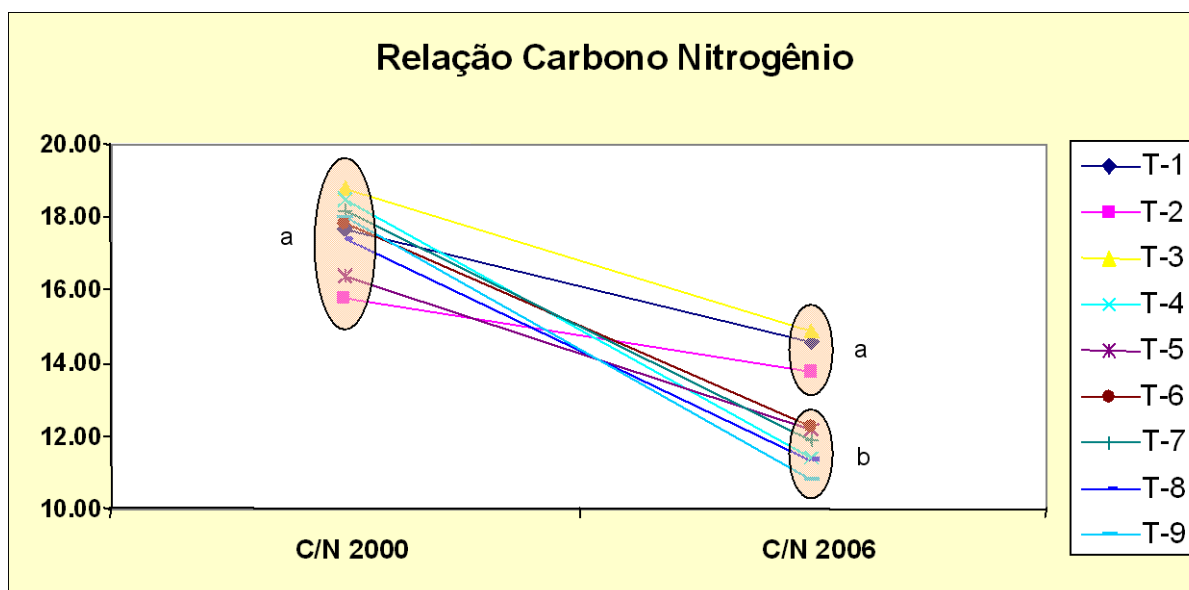
Rodrigues et al. (2005), estudando o efeito da aplicação de resíduo celulósico nos atributos do solo demonstrou o aumento da CTC pela aplicação de altas dosagens do resíduos da indústrias de papel e celulose. Guerrini e Moro (1994), estudando os efeitos da aplicação de resíduo celulósico e cinza em plantios de *Eucalyptus grandis*, também demonstraram aumentos significativos na fertilidade do solo, representada por aumentos nos teores de P, Ca, Mg, CTC e saturação de bases.

Os valores encontrados para a relação C/N são apresentados na figura 11, para o solo do estudo, avaliados para os anos de 2000 e 2006. A análise dos dados mostra haver uma diferença significativa para a relação C/N no ano 2006 em função

dos tratamentos, ou seja, os tratamentos que receberam a aplicação da lama de cal nas dosagens de 4 e 8 t ha⁻¹ apresentaram uma maior mineralização da matéria orgânica do solo, elevando conseqüentemente os teores de nitrogênio e desta forma influenciando significativamente na queda da relação C/N. Não houve diferença significativa entre as dosagens do resíduo aplicado (Anexo 8.1 e 8.2). A análise ainda mostra que o elemento Ca foi mais relacionado com a redução da relação C/N do que o elemento K no ano de 2006.

A dinâmica deste estudo é explicada por Bellote et al. (1998), Behan et al. (1978) e Seasted (1984). Bellote et al. (1998), explicam que a atividade biológica do solo é favorecida pela aplicação de resíduos, acelerando a decomposição da serrapilheira e a ciclagem de nutrientes. Behan et al. (1978) e Seasted (1984), também afirma que a presença da mesofauna no solo pode aumentar em até seis vezes a velocidade de decomposição dos resíduos vegetais, agilizando o processo de mineralização dos nutrientes. Desta forma, a aplicação de lama de cal pode ter beneficiado a proliferação e ação dos organismos do solo, acelerando a decomposição do material orgânico presente e liberando nutrientes para o crescimento das árvores.

FIGURA 11. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A RELAÇÃO C/N DO SOLO.

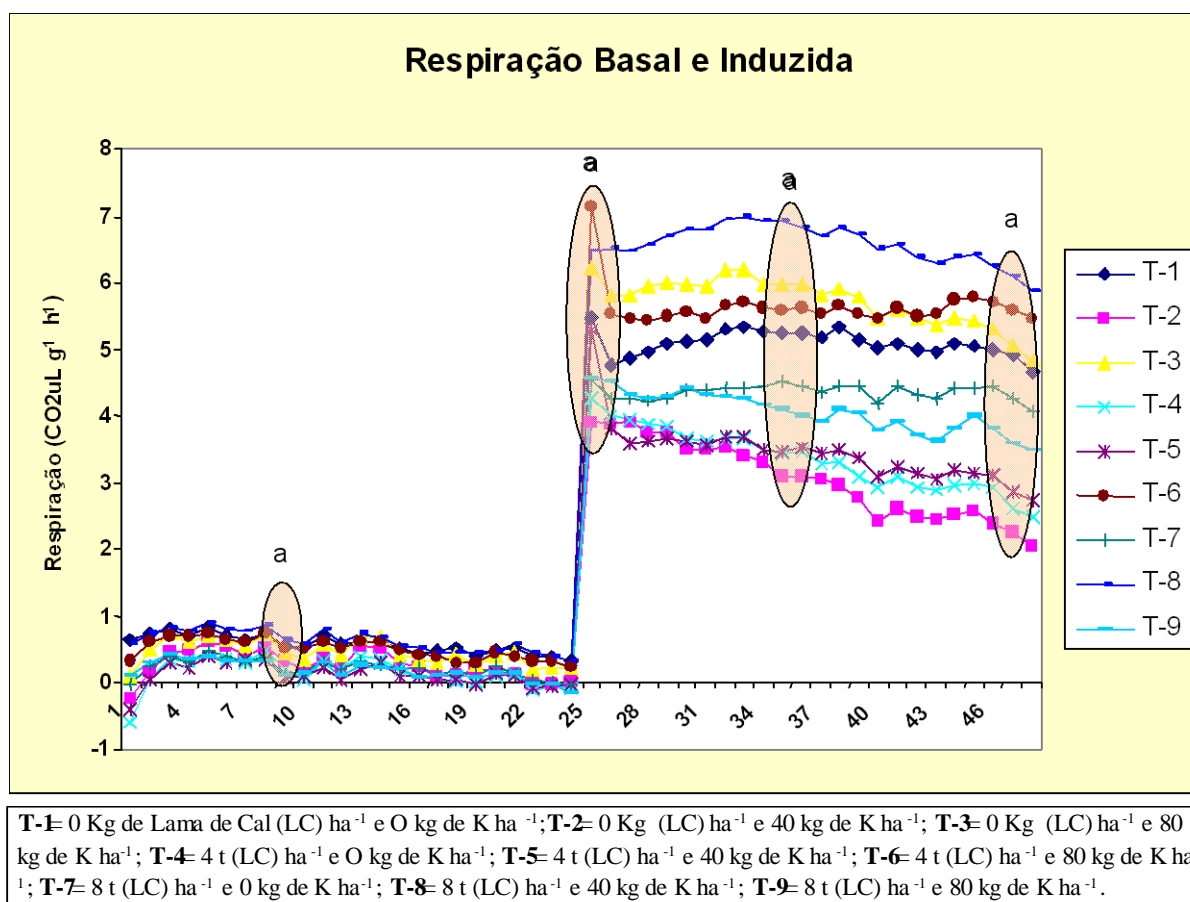


T-1= 0 Kg de Lama de Cal (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-2= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-3= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-4= 4 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-5= 4 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-6= 4 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-7= 8 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-8= 8 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-9= 8 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹.

5.1.2 Características biológicas do solo

O solo suporta uma grande quantidade e diversidade de atividades biológicas, conseqüentemente, esta atividade biológica é considerada como um indicador importante da qualidade do solo. Os microorganismos possuem papel importante na ecologia do solo através da decomposição de material vegetal e animal, reciclando desta forma, nutrientes essenciais às espécies vegetais. Em função destas características, uma população microbiana efetiva é considerada um atributo que é freqüentemente citado como componente chave de um solo com boa qualidade. Com este objetivo foi avaliada neste estudo a respiração microbiana de amostras de solo coletadas nas unidades experimentais. A figura 12, mostra os valores encontrados e a variação no padrão de liberação de CO₂, antes e após a adição de glicose para todos os tratamentos do estudo.

FIGURA 12. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A RESPIRAÇÃO DO SOLO



O comportamento dos resultados está em conformidade com a metodologia proposta, pois seguem a premissa de que após a adição de glicose a população microbiana da amostra do solo reagiu com a glicose adicionada, resultando num rápido aumento na respiração, causado pela reprodução dos microorganismos.

A análise dos dados mostrou não haver diferença significativa para a respiração induzida em função dos tratamentos aplicados, entretanto, pode-se observar claramente que alguns dos tratamentos que receberam a aplicação da lama de cal nas dosagens de 4 e 8 t ha⁻¹, (T-6 e T-8 respectivamente), apresentaram um aumento da respiração induzida, quando comparados com o tratamento que não recebeu a lama de cal (T-2) (Anexo 9.1; 9.2; 9.3 e 9.4).

Segundo Förtser (2003), a análise de respiração induzida pela adição de glicose apresenta alta correlação com resultados de biomassa microbiana determinadas pelo método de fumigação e incubação de Jenkinson & Powlson (1976). A biomassa microbiana por sua vez, é muito dinâmica em solos e sua variação é função da variação nas condições meteorológicas, adição de material orgânico ao solo e estação do ano (McGill et al., 1986; Bristow & Jarvis, 1991; Garica & Rice, 1994).

Apesar de poucos estudos relatarem o efeito da aplicação de resíduos industriais sobre as propriedades biológicas do solo, Guerrini et al. (1994), descreve aumentos significativos na biomassa microbiana do solo após a aplicação de cinza e resíduo celulósico. Resultados semelhantes também foram relatados por Guerrini e Moro (1994).

Devido a sua natureza dinâmica, a quantidade de biomassa microbiana avaliada em um único momento não deve ser utilizada como indicador de mudanças na matéria orgânica do solo. Entretanto, a biomassa microbiana sendo avaliada ao longo do tempo, pode oferecer informações sobre as mudanças em quantidade e nutrientes da biomassa. Rice et al. (1996), postula que quando correlaciona-se a biomassa microbiana com outros parâmetros do solo existem maiores chances de compreensão da dinâmica dos processos que ocorrem no solo. Segundo (Dorna, 1987; Myrold, 1987; Smith & Paul, 1990), a biomassa microbiana está relacionada com a mineralização do N, entretanto existe uma maior correlação entre biomassa microbiana e matéria orgânica.

A atividade da fosfatase foi analisada no período compreendido entre 2001 a 2005 e verificada seu comportamento nas 4 estações do ano. A figura 13 mostra os resultados para a atividade da fosfatase em função da aplicação dos tratamentos. A análise mostrou não haver diferença significativa para a atividade da fosfatase em função dos tratamentos aplicados, muito embora, pode-se observar uma redução na atividade da fosfatase aos longo dos anos avaliados, e este efeito foi mais pronunciado nas estações do outono, inverno e verão (Anexo 10.1; 10.2; 10.3; 10.4; 10.5 e 10.6).

Embora a atividade da fosfatase tenha mostrado uma queda nas estações do outono, inverno e verão, este fator necessariamente não significa que a atividade microbiológica do solo está sendo afetada negativamente pela adição do resíduo industrial, pois é fato que a produtividade do sítio foi afetada positivamente e este fator foi observado pelo aumento do volume total do *Pinus taeda* L, nas unidades onde o resíduo foi aplicado. Segundo Nannipierri (1994), a atividade enzimática serve como catalizador de reações específicas e sendo assim, são dependentes e específicas ao substrato utilizado. Desta forma, o decréscimo da atividade de uma enzima em particular pode ser reprimida por um composto específico, porém a atividade microbiológica deste solo não está sendo afetada pela queda de uma enzima em específico.

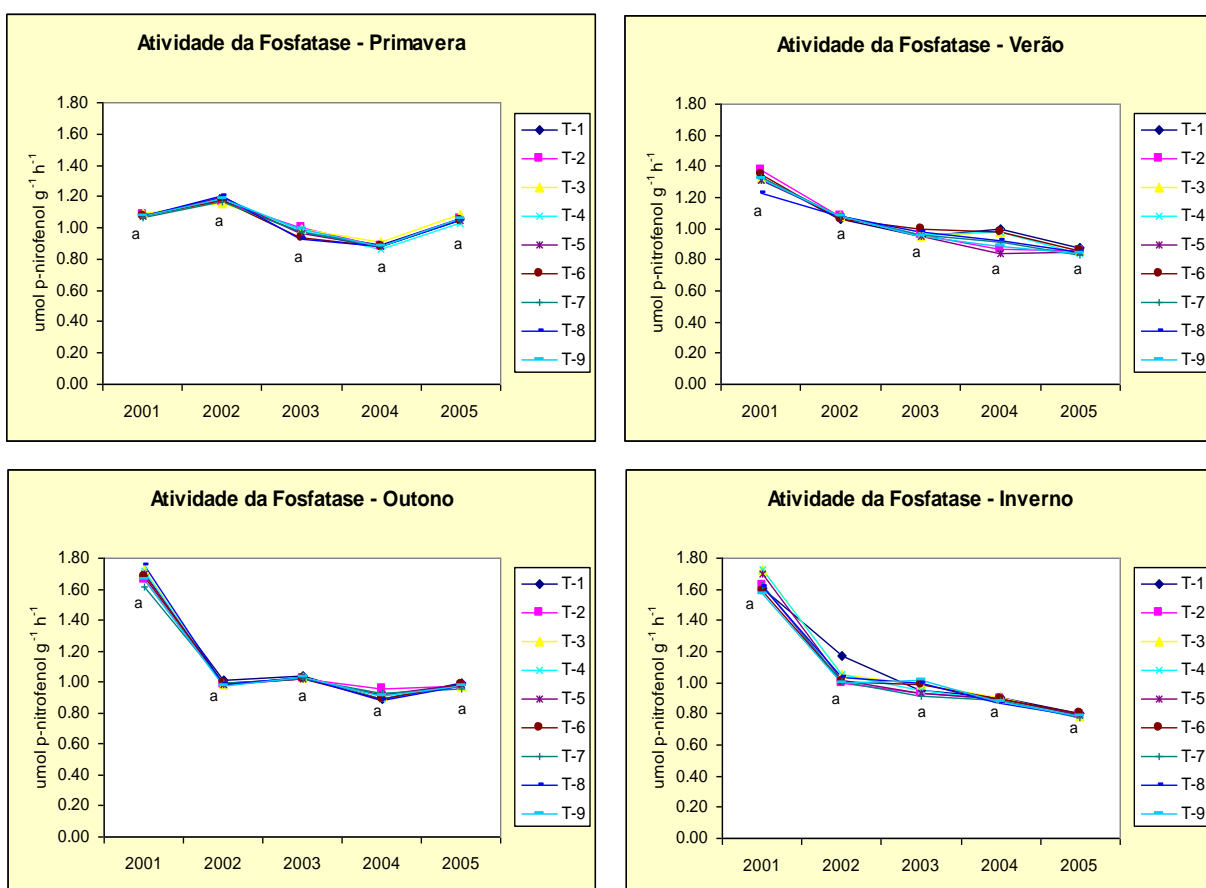
Segundo Grego et al. (1990) e Nannipierri (1994), não deve-se utilizar o resultado encontrado para uma única enzima para explicar o efeito de determinadas práticas silviculturais, pois a atividade enzimática de uma única enzima depende de enzimas situadas em diferentes compartimentos do solo, incluindo aí, enzimas imobilizadas nos colóides do solo que poderiam estar interferindo no resultado daquela enzima.

A análise da fosfatase foi incluída como variável a ser mensurada neste estudo, pois a fosfatase é importante no ciclo do fósforo e pode prover um índice potencial para um determinado solo em mineralizar o fósforo orgânico. Como mostra a figura 9, os teores de fósforo do solo não foram influenciados pelas quantidades de resíduo aplicados às unidades experimentais e ainda mostram uma queda ao longo dos anos, desta forma pode-se inferir que a atividade da fosfatase não pode influenciar o processo de mineralização do fósforo orgânico. Como a atividade da fosfatase é fortemente influenciada pelo pH do solo (Dick et al., 1996) pode-se

concluir que as alterações no pH causadas pela adição do resíduo não foram capazes de influenciar a atividade da fosfatase e conseqüentemente os valores de fósforo encontrados no solo deste estudo. Entretanto, segundo Matsuoka et al. (2003), comparando a atividade enzimática em solos com vegetação perene e solos com culturas anuais demonstra a importância desta enzima na mineralização do fósforo orgânico nas áreas sob vegetação nativa, onde a matéria orgânica é a principal fonte de nutrientes para o crescimento das plantas.

Os resultados encontrados para a atividade da fosfatase neste estudo, encontram-se dentro dos intervalos citados na literatura e estão particularmente de acordo com Beyer et al. (1990), Deng et al. (1997), e Ajwa et al. (1999).

FIGURA 13. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA FOSFATASE.



T-1= 0 Kg de Lama de Cal (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; **T-2**= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; **T-3**= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; **T-4**= 4 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; **T-5**= 4 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; **T-6**= 4 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; **T-7**= 8 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; **T-8**= 8 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; **T-9**= 8 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹.

A atividade da dehidrogenase foi analisada no período compreendido entre 2001 a 2005 e o seu comportamento avaliado durante as 4 estações do ano. A figura 14 mostra os resultados para a atividade da dehidrogenase em função da aplicação dos tratamentos. A análise mostrou não haver diferença significativa para a atividade da dehidrogenase em função dos tratamentos aplicados, muito embora, pode-se observar um aumento na atividade da dehidrogenase aos longo dos anos avaliados para a estação do outono (Anexo 11.1; 11.2; 11.3; 11.4; 11.5 e 11.6). Durante as outras estações, pode-se notar um aumento na atividade desta enzima a partir do ano de 2004.

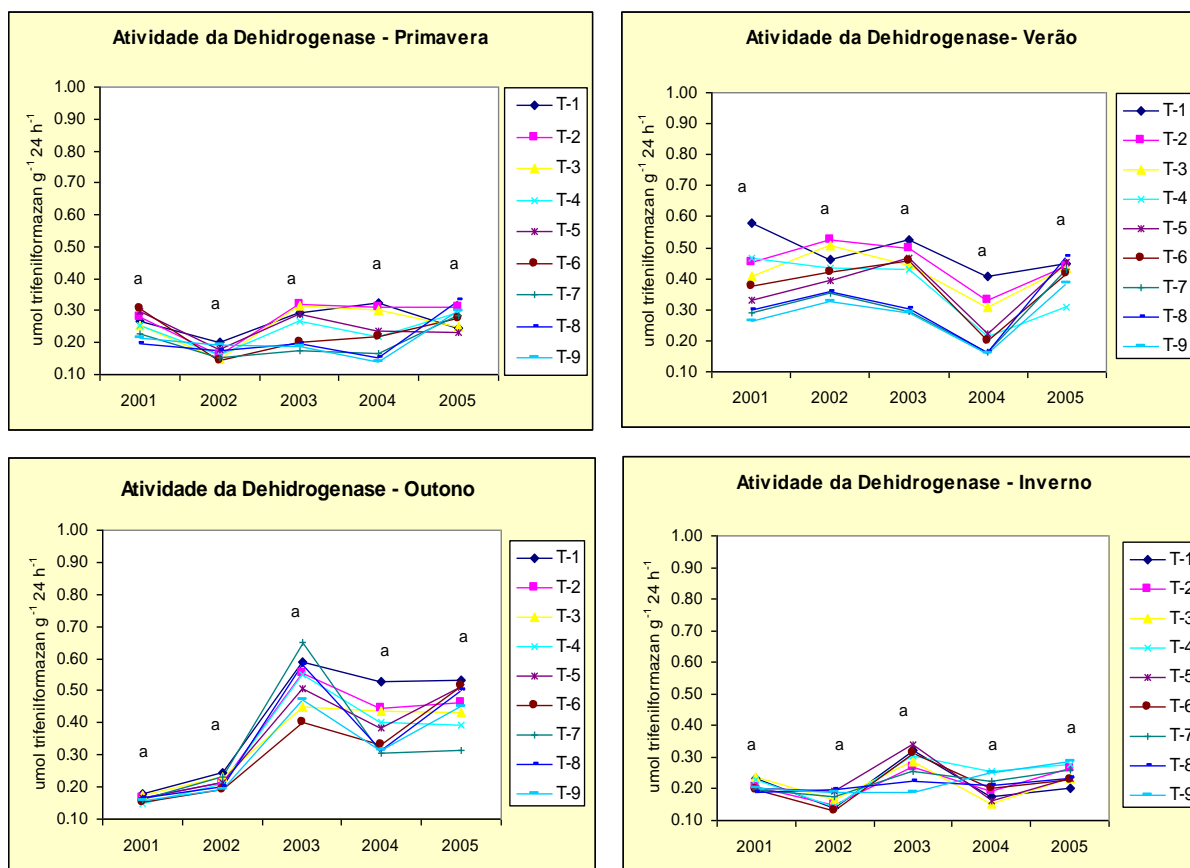
A medição da dehidrogenase tem especial importância neste estudo, pois esta enzima além de fazer parte integrante dos microorganismos, desempenha função na oxidação da matéria orgânica (Dick et al. 1996). Analisando-se o comportamento da dehidrogenase com o decréscimo da relação C/N no mesmo período, pode-se inferir que a maior atividade da dehidrogenase está associada a redução da relação C/N.

Estudos executados por Stevenson, 1959; Skujins, 1973 e Ladd & Paul, 1973, relatam que a atividade da dehidrogenase possui alta correlação com a biomassa microbiana. Segundo Förtser (2003), a análise de respiração induzida pela adição de glicose apresenta alta correlação com resultados de biomassa microbiana. De acordo com Okazaki et al. (1983) e Pedrazzini et al. (1984), a atividade da dehidrogenase é considerada importante na quantificação da respiração microbiana nos mais variados ecossistemas. Tate (2002), relata que a quantidade de trifetilformazan, utilizada na leitura da dehidrogenase é proporcional a respiração microbiana e em alguns casos a biomassa microbiana. Por ser empregada para estimar a respiração do solo sob várias situações os procedimentos para a determinação da atividade da dehidrogenase são constantemente revisados para aumentar a sua precisão e efetividade (Friedel et al. 1994; Trevors, 1984; von Mersi et al. 1991).

Baseando-se nos resultados de Förtser (2003), Stevenson (1959), Skujins (1973), Ladd & Paul (1973), Okazaki et al. (1983) e Pedrazzini et al. (1984), pode-se afirmar que para aqueles tratamentos que receberam 4 e 8 t ha⁻¹, (T-6 e T-8 respectivamente), houve um aumento na atividade da dehidrogenase demonstrado pela redução na relação C/N.

Os resultados encontrados para a atividade da dehidrogenase neste estudo, encontram-se dentro dos intervalos citados na literatura e estão particularmente de acordo com Beyer et al. (1990), Deng et al. (1997), e Ajwa et al. (1999).

FIGURA 14. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA DEHIDROGENASE.

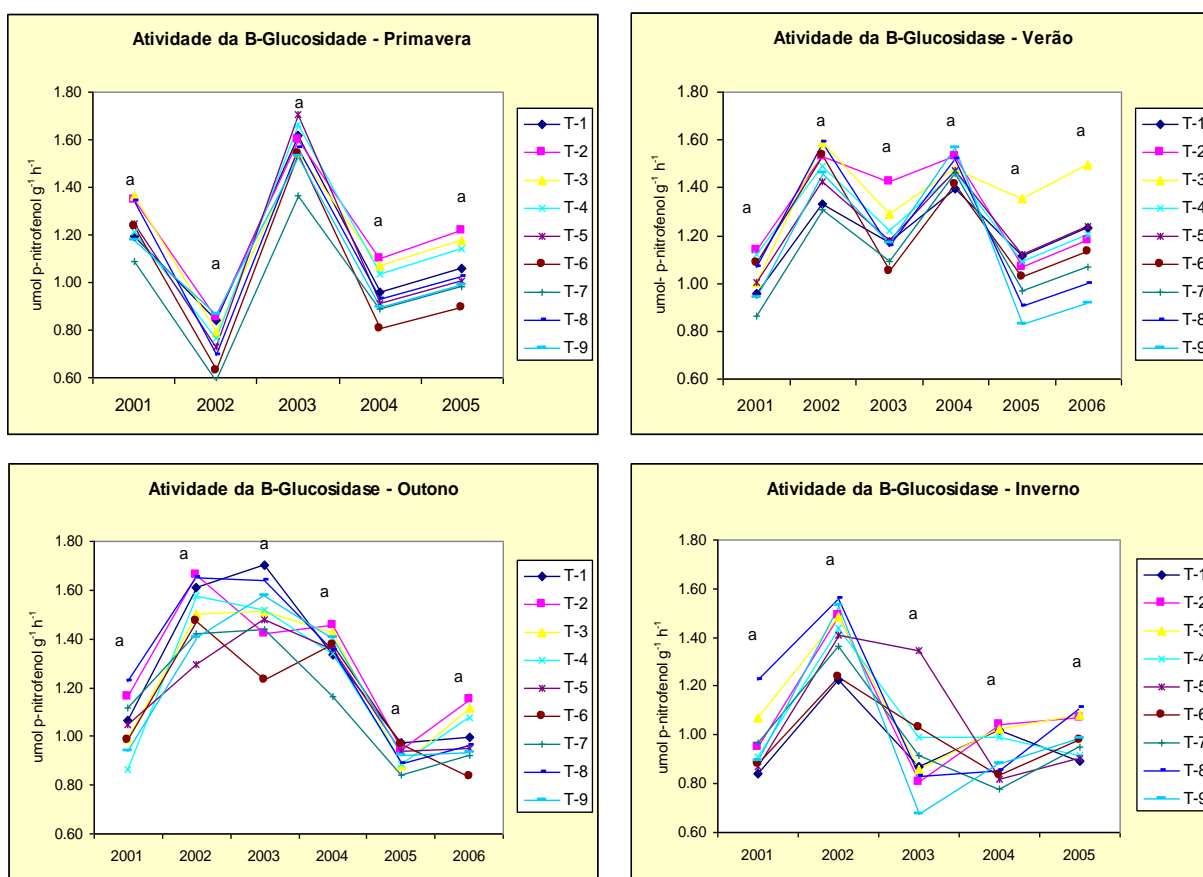


T-1= 0 Kg de Lama de Cal (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-2= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-3= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-4= 4 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-5= 4 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-6= 4 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-7= 8 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-8= 8 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-9= 8 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹.

A atividade da β -glucosidase foi analisada no período compreendido entre 2001 a 2005 e o seu comportamento avaliado durante as 4 estações do ano. A figura 15 mostra os resultados para a atividade da β -glucosidase em função da aplicação dos tratamentos. A análise mostrou não haver diferença significativa para a atividade da β -glucosidase em função dos tratamentos aplicados, muito embora, pode-se observar um aumento na atividade da β -glucosidase aos longo dos anos avaliados para a estação do outono (Anexo 12.1; 12.2; 12.3; 12.4; 12.5 e 12.6).

Os resultados apresentados na figura 15, mostram um aumento da atividade da β -glucosidase nos anos de 2001 e 2002, nas estações do outono, inverno e verão, período mais próximo da aplicação do resíduo industrial. Rice et al., (1999) relata que a atividade da β -glucosidase é considerada um indicador para avaliar os efeitos de fertilização e queimadas em solos. Segundo Tabatabai (1988), a atividade da β -glucosidase também encontra-se associada ao ciclo do carbono, atuando na etapa final do processo de decomposição da celulose.

FIGURA 15. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE A ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA β -glucosidase.

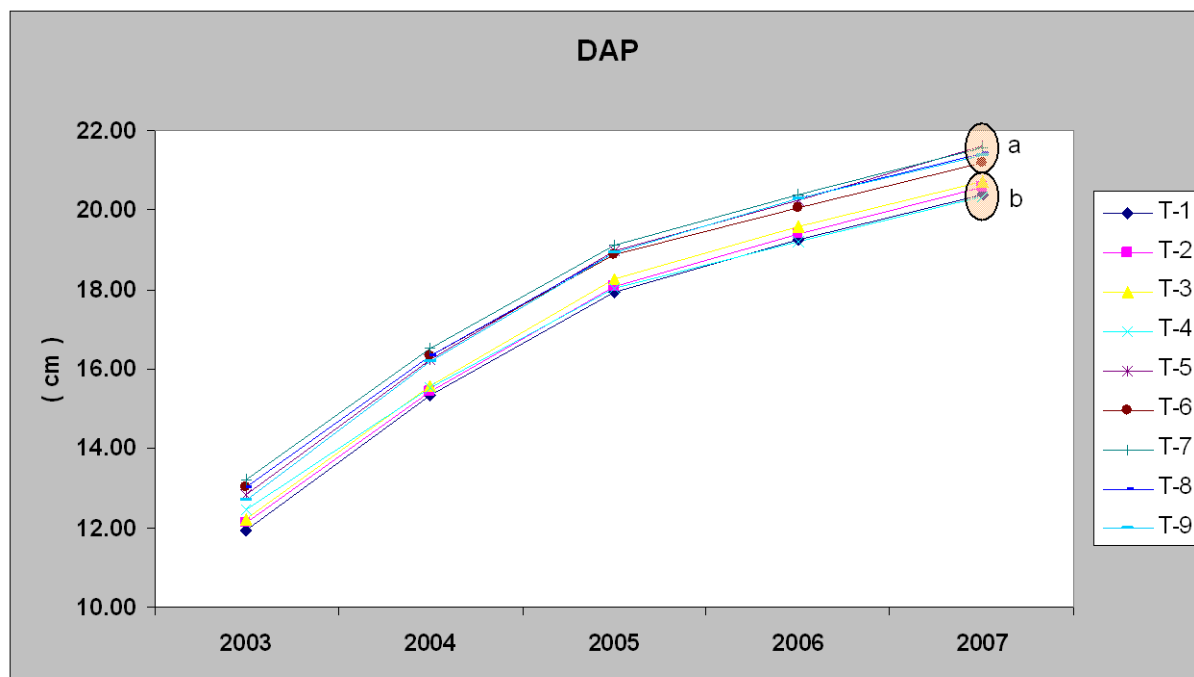


T-1= 0 Kg de Lama de Cal (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; **T-2**= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; **T-3**= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; **T-4**= 4 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; **T-5**= 4 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; **T-6**= 4 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; **T-7**= 8 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; **T-8**= 8 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; **T-9**= 8 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹.

5.2 EFEITOS DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE O CRESCIMENTO DO *Pinus taeda* L.

A variável diâmetro a altura do peito (DAP) foi mensurada anualmente e os resultados são apresentados a partir dos 4 anos. De acordo com a figura 16, que apresenta a evolução dos resultados para a variável (DAP), os tratamentos que receberam 4 e 8 t ha⁻¹ do resíduo lama de cal são estatisticamente superiores aos tratamentos que não receberam a aplicação de lama de cal obtidos pelo teste de comparação de médias de Duncan ao nível de 95% de probabilidade. O resultado da última medição efetuada quando o plantio apresentava 8 anos de idade mostra uma diferença de 5% para o tratamento que recebeu 8 t ha⁻¹ de lama de cal, quando comparado com a testemunha. Não observou-se resultado significativo para a variável (DAP) em função da aplicação do elemento potássio e também não foi observado um efeito significativo da interação entre cálcio e potássio na variável (DAP) (Anexo 13.1; 13.2; 13.3; 13.4; 13.5; 13.6 e 13.7).

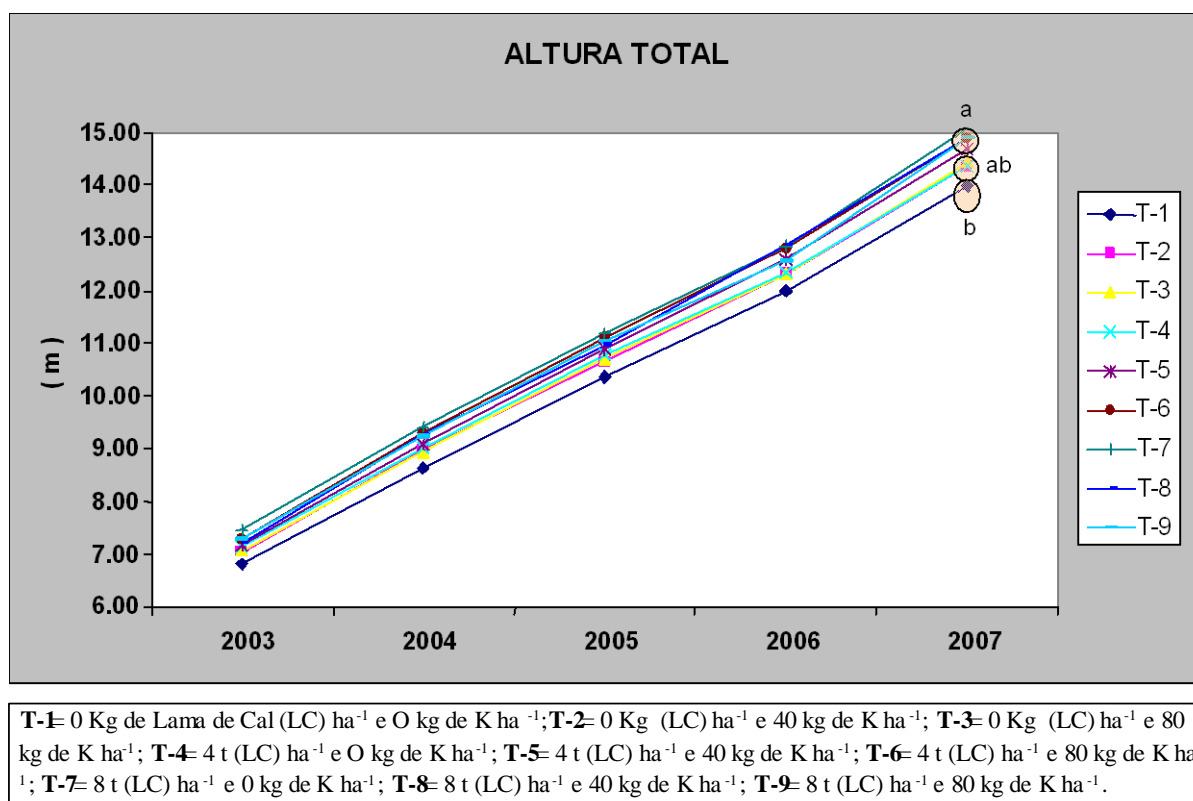
FIGURA 16. EVOLUÇÃO DA VARIÁVEL DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (DAP) MENSURADA NO ESTUDO DE FERTILIZAÇÃO DE *Pinus taeda* L.



T-1= 0 Kg de Lama de Cal (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-2= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-3= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-4= 4 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-5= 4 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-6= 4 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-7= 8 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-8= 8 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-9= 8 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹.

A variável altura total foi mensurada anualmente, e a figura 17 apresenta os resultados a partir dos 4 anos. De acordo com a figura 17, que apresenta a evolução dos resultados para a altura total, o tratamento que recebeu 8 t ha⁻¹ do resíduo lama de cal é estatisticamente superior ao tratamento testemunha, ou seja, aquele que não recebeu a aplicação de lama de cal (Anexo 14.1; 14.2; 14.3; 14.4; 14.5; 14.6 e 14.7). O resultado da última medição efetuada aos 8 anos mostra uma diferença de 5% para o tratamento que recebeu 8 t ha⁻¹ de lama de cal, resultado 5% maior que o resultado apresentado pela testemunha. Não houve efeito estatisticamente significativo no crescimento em altura pela aplicação do elemento potássio, como também não foi observado um efeito significativo da interação entre cálcio e potássio para esta mesma variável.

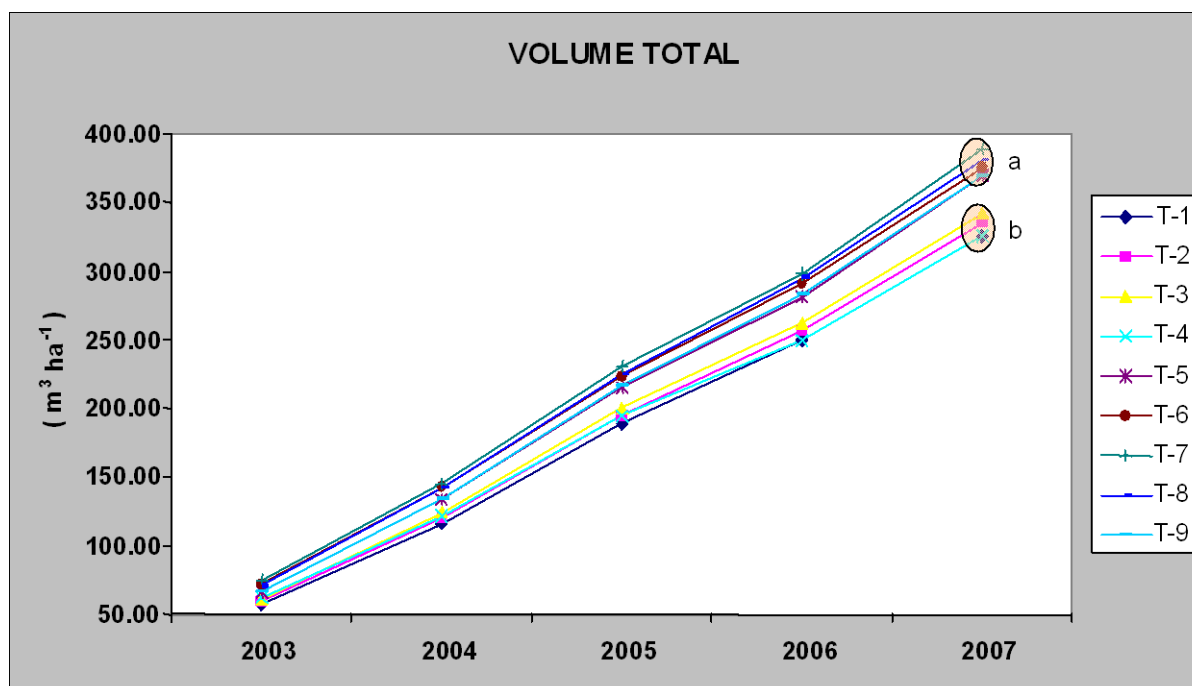
FIGURA 17. EVOLUÇÃO DA VARIÁVEL ALTURA TOTAL MENSURADA NO ESTUDO DE FERTILIZAÇÃO DE *Pinus taeda* L.



A variável volume total por hectare foi calculada em função das variáveis altura total e diâmetro a altura do peito. Esta variável foi calculada a partir dos 4 anos

e os resultados estão apresentados na figura 18. De acordo com a figura 18, que apresenta a evolução dos resultados para a volume total por hectare, os tratamentos que receberam 4 e 8 t ha⁻¹ do resíduo lama de cal são estatisticamente superiores aos tratamentos que não receberam a aplicação de lama de cal obtidos pelo teste de comparação de médias de Duncan ao nível de 95% de probabilidade (Anexo 15.1; 15.2; 15.3; 15.4; 15.5; 15.6 e 15.7). Quando avalia-se o resultado da última medição efetuada aos 8 anos, o estudo mostra uma diferença de 14% para o tratamento que recebeu 8 t ha⁻¹ de lama de cal, quando comparado com a testemunha. Também observa-se que não houve efeito estatisticamente significativo na análise do volume total por hectare pela aplicação do elemento potássio, como também não foi observado um efeito significativo da interação entre cálcio e potássio para esta mesma variável.

FIGURA 18. EVOLUÇÃO DA VARIÁVEL VOLUME TOTAL NO ESTUDO DE FERTILIZAÇÃO DE *Pinus taeda* L.



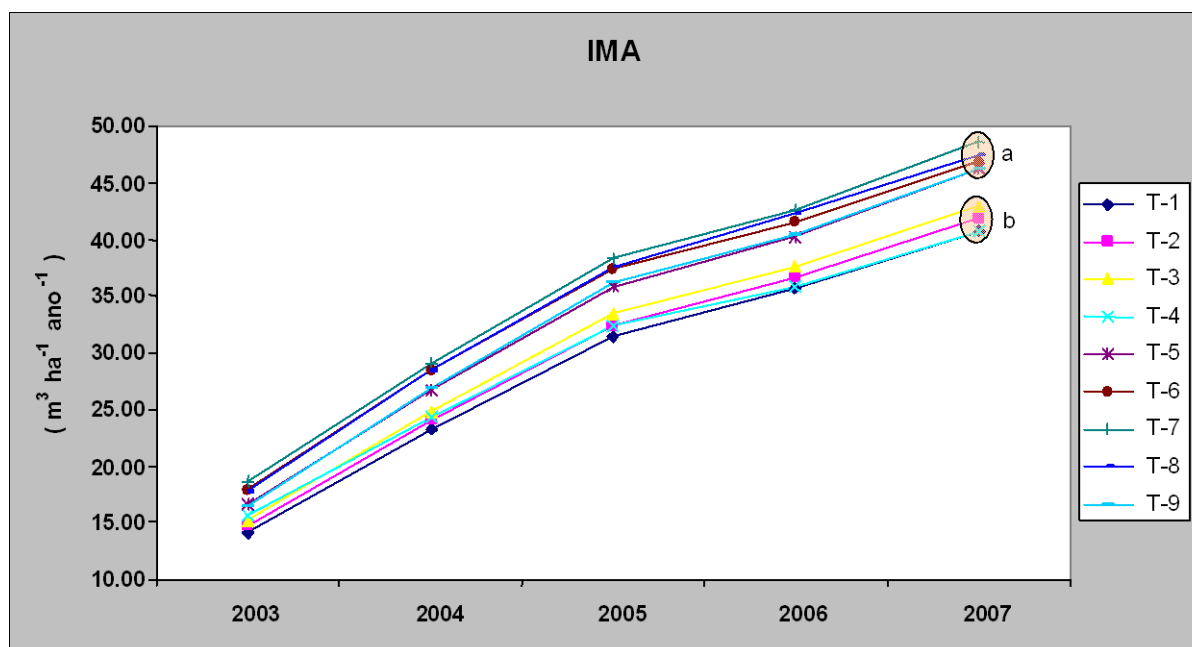
T-1= 0 Kg de Lama de Cal (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-2= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-3= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-4= 4 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-5= 4 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-6= 4 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-7= 8 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-8= 8 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-9= 8 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹.

De acordo com Bellote & DedeceK (2002), investigando a resposta do *Pinus taeda* L a adições crescentes de resíduo celulósico da indústria de celulose no

estado do Paraná, avaliando o crescimento, estado nutricional, produção de biomassa nos diferentes compartimentos das árvores, acúmulo e exportação de nutrientes, verificou que houve uma resposta significativa a adição de 80 t ha⁻¹. Como resultado, o estudo avaliado até a idade de 7 anos mostrou maior altura total e DAP, maior concentração de K, Ca e Mg nas acículas e uma aumento na produção de biomassa nos diferentes compartimentos e ganhos de até 147% na produção de volume de lenho. A partir dos resultados obtidos concluiu-se que a aplicação de resíduo celulósico apresentou efeitos positivos sobre o crescimento e a nutrição do *Pinus taeda* L.

A análise de incremento médio anual (IMA) representada na figura 19, por hectare mostra uma diferença de 14% de incremento quando compara-se o tratamento onde foram aplicadas 8 t ha⁻¹ de lama de cal, que apresenta um (IMA) de 47,47 m³ ha⁻¹ ano com um (IMA) de 41,8 m³ ha⁻¹ ano para o tratamento testemunha.

FIGURA 19. EVOLUÇÃO DA INCREMENTO MÉDIO POR ANO NO ESTUDO DE FERTILIZAÇÃO DE *Pinus taeda* L.



T-1= 0 Kg de Lama de Cal (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-2= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-3= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-4= 4 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-5= 4 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-6= 4 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-7= 8 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-8= 8 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-9= 8 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹.

5.3 EFEITOS DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS NO TEOR DE NUTRIENTES DAS ACÍCULAS DE *Pinus taeda* L.

A diagnose do estado nutricional permite, dentro de alguns limites que se avalie a capacidade de desenvolvimento das árvores. Vários elementos e suas concentrações nos tecidos foliares têm sido correlacionados com a produtividade florestal. Referindo-se a diagnose nutricional do Pinus, Reissmann (2002), cita que a análise química foliar é muito utilizada, considerando que o teor do nutriente contido nas acículas é um reflexo de sua disponibilidade no solo. Bellote e Silva (2000), também concordam que aumentos nas concentrações de nutrientes nas folhas se relacionam com as maiores produtividades e vice-versa.

Por outro lado, TAMM (1964), afirma que os teores de nutrientes das folhas nem sempre refletem o estado nutricional das plantas, pois o teor de nutrientes no tecido vegetal é resultante da combinação de vários fatores, como a disponibilidade de nutrientes no solo, a absorção pela planta, a redistribuição e o crescimento. Em razão disto, se o crescimento aumenta mais que a absorção, o resultado será teores mais baixos, que é conhecido como efeito de diluição. Portanto, na interpretação dos resultados da análise foliar, é importante fazer associações com o crescimento da planta, disponibilidade de nutrientes no solo e índices de pluviosidade e de temperatura.

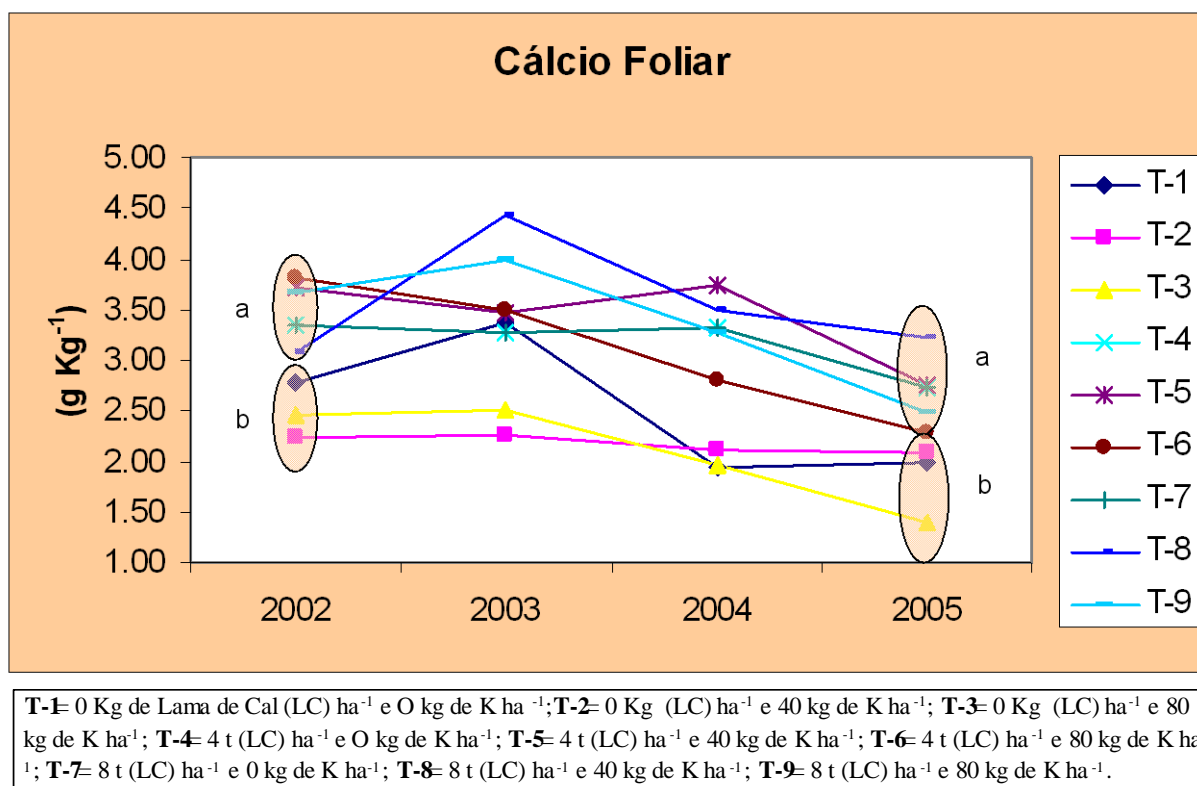
Teores mínimos, médios e máximos de nutrientes e níveis críticos, são apresentados em trabalhos com pinus (Zöttl, 1973; Garicoits, 1990; Menegol, 1991; Gonçalves, 1995; Resissmann & Wisniewski, 2000; Vogel, 2003). A tabela 6 apresenta as concentrações foliares considerada adequada para os macronutrientes.

TABELA 6. CONCENTRAÇÕES ADEQUADAS DE NUTRIENTES EM ACÍCULAS DE PINUS.

Nutriente	Concentrações adequadas nas acículas (g kg ⁻¹)			
N	18-23	11-16	18,5	14,6
P	1,3-1,4	0,8-1,4	1,9	1,6
K	7,0-11	6-10	6	8,7
Ca	0,8-3,0	3-5	1,4	2,6
Mg	0,8-1,5	1,3-2	0,6	0,8
Fonte:	Zöttl (1973)	Gonçalves (1995)	Reissmann & Wisniewski (2000)	Vogel (2003)

Desta forma, o efeito da aplicação da lama de cal foi utilizado para avaliar o status nutricional do experimento com base nos tratamentos aplicados. De acordo com os resultados mostrados na figura 20, os teores de Ca nas acículas foram significativamente superiores para os tratamentos que receberam a lama de cal, nas dosagens 4 e 8 t ha⁻¹ quando comparados aos teores de Ca apresentados pela testemunha, mostrando desta forma que a aplicação de Ca através da lama de cal elevou os teores foliares deste elemento (Anexo 16.1; 16.2; 16.3 e 16.4). Resultados similares foram encontrados por Rodrigues et al., (2005) quando estudou a aplicação de resíduo celulósico na produtividade de *Pinus taeda* L. A aplicação de 80 t ha⁻¹ mostrou ser a melhor dosagem para Ca, capaz de elevar a produção de biomassa e também elevando os teores deste elemento nos tecidos amostrados. Estudos realizados por Bellote et al. (1994) também constataram que a aplicação de resíduo da produção de celulose e papel, em plantios de *Eucalyptus grandis* elevou os teores foliares de Ca e outros elementos.

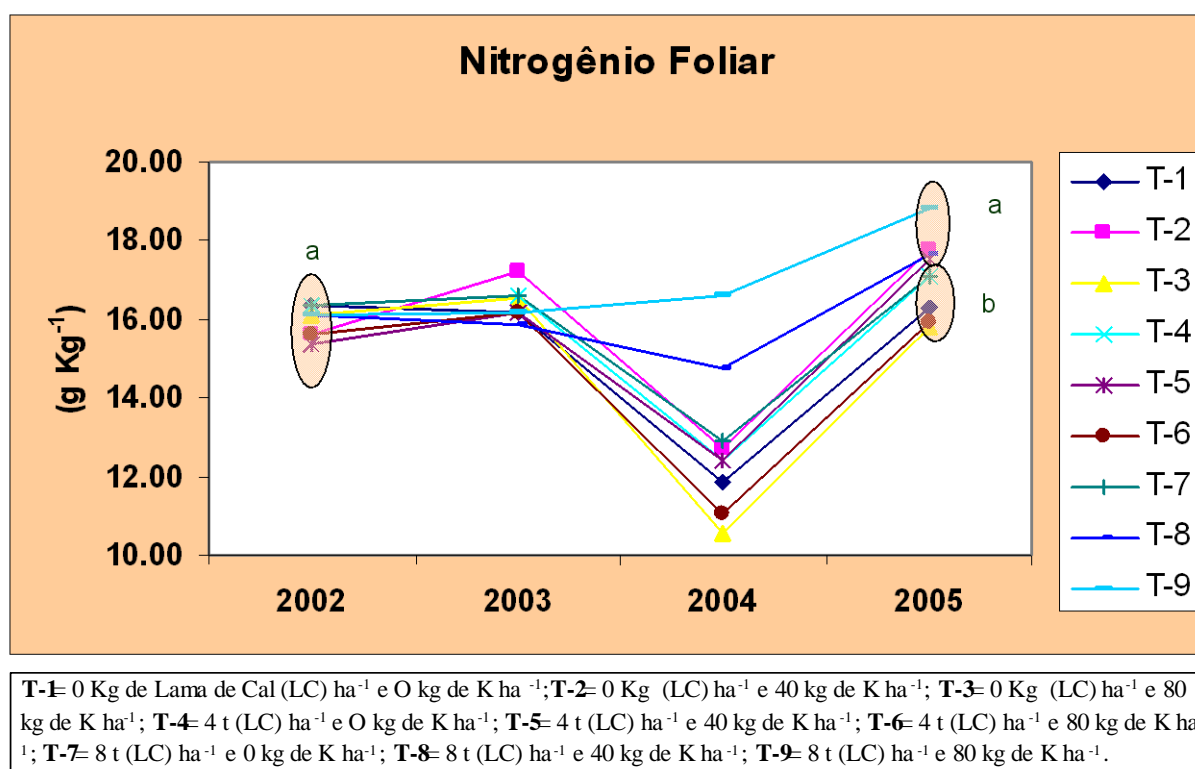
FIGURA 20. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE OS TEORES DE Ca FOLIAR.



De acordo com os resultados mostrados na figura 21, os teores de N das acículas, para os tratamentos que receberam a lama de cal, nas dosagens 4 e 8 t ha⁻¹ foram significativamente superiores aos teores de N apresentados pela testemunha nos anos de 2004 e 2005, porém não houve diferença significativa para os anos de 2002 e 2003 (Anexo 17.1; 17.2; 17.3; 17.4). A queda nos teores de N amostrados em 2004 foram provavelmente devido ao efeito de diluição, uma vez que o crescimento do Pinus nesta idade é acelerado. O efeito positivo da aplicação da lama de cal no teor de N nas acículas do Pinus, está em consonância com os resultados de Rodrigues (2005), avaliando o efeito da aplicação de resíduos da indústria de celulose na nutrição do *Pinus taeda* L., apesar de Rodrigues ter utilizado um procedimento de amostragem diferente, pois a autora amostrou as acículas na primavera, no mês de outubro. De acordo com a tabela 6, pode-se considerar que os resultados de N para este estudo estão dentro dos limites referenciados, uma vez que os tratamentos que responderam significativamente à adição de Ca

representados pelas variáveis diâmetro à altura do peito, altura total e volume total apresentaram níveis de N ao redor de 1,8%.

FIGURA 21. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE OS TEORES DE N FOLIAR.



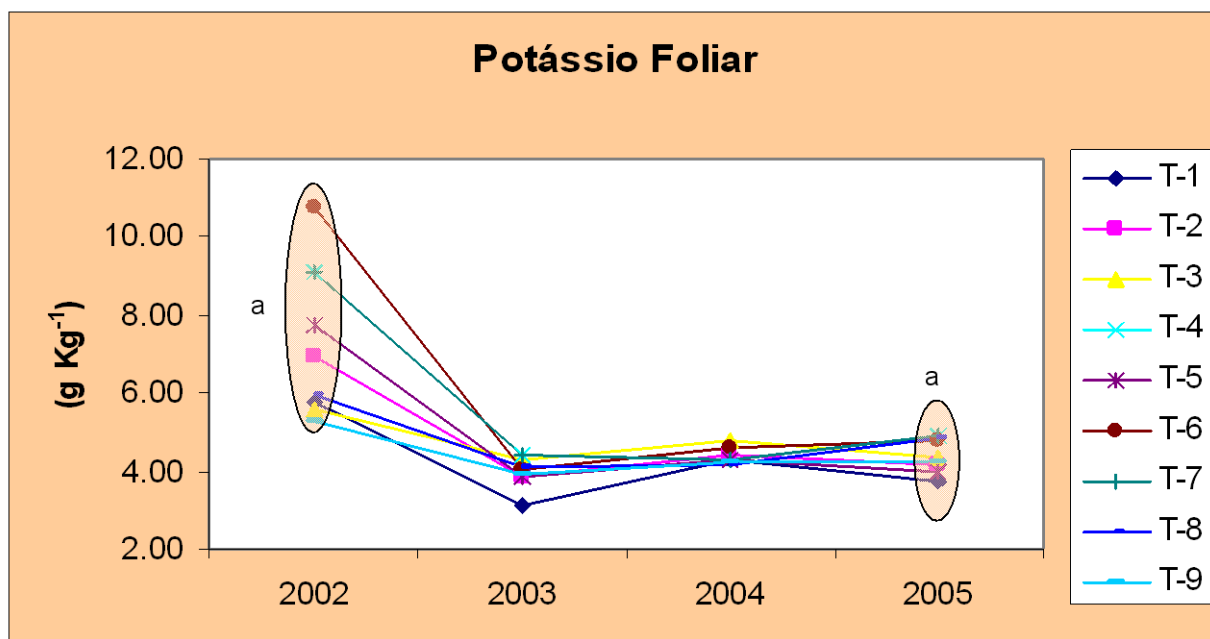
Outros fatores podem justificar os baixos teores de N foliar como a época de amostragem e a posição das acículas na copa. Neste estudo, a amostragem das acículas foi efetuada no inverno. De acordo com Gonçalves (1995), a época ideal de amostragem é no inverno, onde ocorre uma maior estabilidade dos teores de nutrientes nas árvores. Vários estudos realizados com Pinus demonstraram níveis máximos de nutrientes quando as amostras foram coletadas no inverno (Mead, 1984; Payn e Clough, 1987). Quando amostras são coletadas e analisadas nas estações mais quentes, ocorre uma redistribuição dos nutrientes mais móveis, N, P e K das acículas mais desenvolvidas para as partes mais novas da árvore que estão em crescimento. Sands e Mulligan (1990), explicam que os baixos teores de N, P e K são encontrados durante as estações de maior crescimento da árvore, ocorrendo assim um efeito de diluição dos nutrientes. De outra maneira, Miller (1981), não encontrou diferenças significativas nas concentrações de nutrientes de amostras de

Pinus taeda L. que foram coletadas nas quatro estações do ano. De acordo com Wells e Metz (1963), existem outros fatores considerados como fonte de variação nos teores foliares como a posição na copa e a diferença na idade das acículas. A coleta de amostras foliares de mesmo estágio fisiológico no topo da copa, onde há uma maior homogeneidade luminosa seria o método mais recomendado.

Apesar dos diferentes resultados nos teores foliares, em função das variações nos procedimentos de amostragem, Vetorazzo (1994), postula que quando existem problemas na realização de uma amostragem mais específica para cada nutriente amostrado, a amostragem deve ser efetuada no inverno, coletando-se acículas jovens na posição superior da copa, procedimento este, recomendado para a análise de K e P. Para a análise de Ca e Mg, o recomendado é a amostragem no terço médio da copa na estação do verão.

A figura 22 demonstra os valores encontrados para o K foliar amostrado no intervalo de 2002 a 2005. Os baixos teores de K nas acículas refletem a baixa oferta deste nutriente no solo do estudo. Não houve diferença significativa para o elemento K nos anos avaliados, porém pode-se notar claramente que existe uma queda considerável nos teores de K a partir de 2002 (Anexo 18.1; 18.2; 18.3; 18.4. De acordo com a tabela 6, os níveis encontrados para K são considerados abaixo das concentrações adequadas para o respectivo elemento. Fernández et al. (2000), trabalhando com doses crescentes de N, P e K na implantação de *Pinus taeda* L. no norte de Corrientes, na Argentina, encontrou resultados significativos no DAP, altura total e volume avaliado aos 34 meses, com relação às doses de N e P, não havendo resposta ao K. Este resultado também sugere que as doses não foram suficientes para impactar significativamente o crescimento do Pinus. Para evitar perdas iniciais de nutrientes, Gonçalves (1995) recomenda que 20 a 40% das doses de N e K₂O e 100% da dose de P₂O₅, sejam aplicadas por ocasião do plantio, para espécies de Pinus.

FIGURA 22. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE OS TEORES DE K FOLIAR.

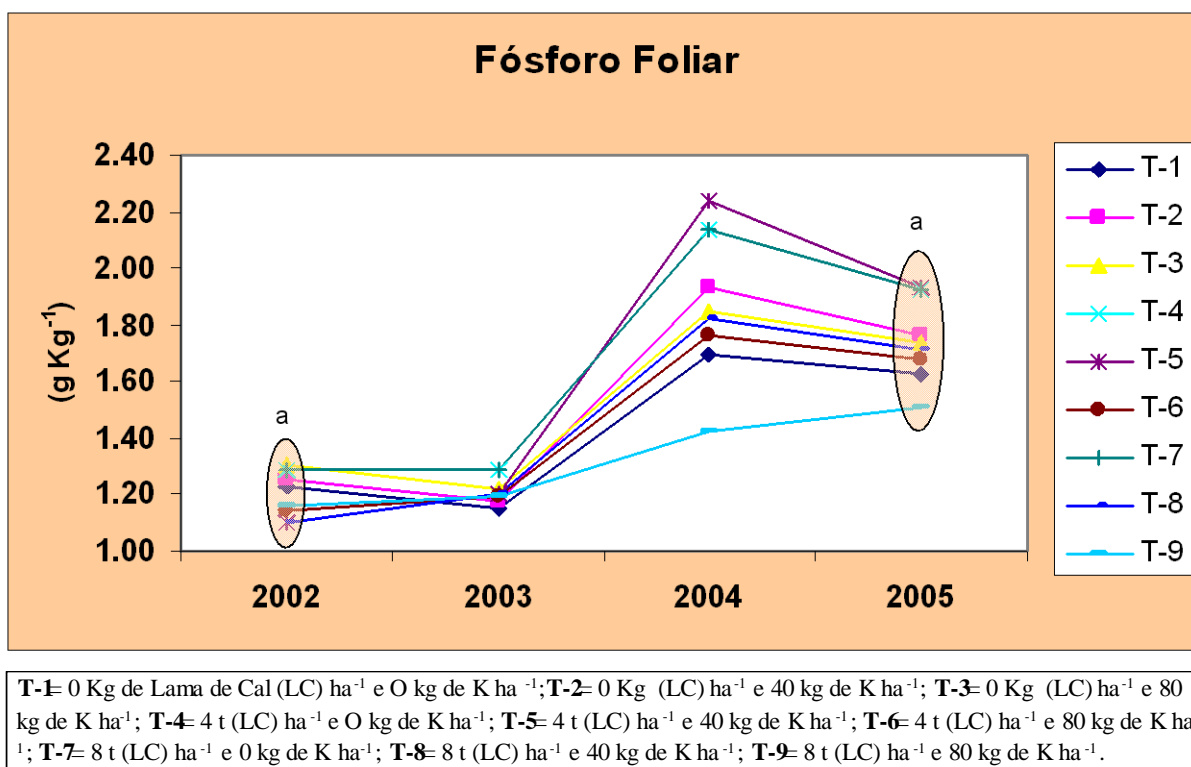


T-1= 0 Kg de Lama de Cal (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-2= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-3= 0 Kg (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-4= 4 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-5= 4 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-6= 4 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹; T-7= 8 t (LC) ha⁻¹ e 0 kg de K ha⁻¹; T-8= 8 t (LC) ha⁻¹ e 40 kg de K ha⁻¹; T-9= 8 t (LC) ha⁻¹ e 80 kg de K ha⁻¹.

Como o cloreto de potássio foi aplicado somente na fase de estabelecimento do plantio, é possível que parte dos elementos adicionados ao solo já tenham se perdido, não tenham sido suficientemente altos para sustentar as altas taxas de crescimento do Pinus, e também a concentração destes elementos nas acículas já tenham sido parcialmente diluídas. Também pode ter ocorrido uma redistribuição dos nutrientes da parte mediana da copa, onde foi o local da amostragem deste estudo, para o topo, o que pode ter acarretado uma redução nos teores.

A figura 23 mostra os resultados encontrados para o teor de P nas acículas. Não foi encontrada diferença significativa para o elemento P em todos os anos avaliados, porém pode-se verificar também que os resultados de P mostraram uma tendência de aumento nos teores do elemento no intervalo de 2004 a 2005 (Anexo 19.1; 19.2; 19.3 e 19.4)

FIGURA 23. EFEITO DA APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SOBRE OS TEORES DE P FOLIAR.



O alto coeficiente de variação encontrado nos anos de 2004 e 2005 pode ter causado a não significância para os dados daqueles anos. Entretanto, quando compara-se estes dados com os dados da tabela 6, verifica-se que os mesmos podem ser considerados como tendo concentrações adequadas ao crescimento do *Pinus taeda* L., principalmente aqueles encontrados para os anos de 2004 e 2005.

É importante observar que a queda na relação C/N no intervalo de 2002 a 2006 coincide com o período de maior disponibilidade de P nos tratamentos que receberam a lama de cal, pois analisando-se os teores de P nas acículas do Pinus pode-se verificar o aumento significativo do mesmo nas acículas, durante os anos de 2004 e 2005. Infere-se destes resultados que a adição de Ca através da aplicação de lama de cal, acarretou uma maior mineralização da matéria orgânica, redução na relação C/N e conseqüentemente uma maior disponibilidade de P para o crescimento do Pinus e este foi detectado pela análise dos teores deste elemento nas acículas.

O comportamento do P foliar também pode ser explicado pelo fechamento do dossel que geralmente acontece quando o plantio atinge a idade 4. Após este

momento, os processos de ciclagem e reciclagem de nutrientes iniciam e o plantio começa a beneficiar-se dos nutrientes existentes na serrapilheira. Segundo Ferreira (1995), Reissmann e Wisniewski (1999), na serrapilheira depositada na superfície do solo são acumuladas quantidades significativas de nutrientes, que retornam ao solo e são absorvidos novamente pelas árvores após a decomposição da serrapilheira. A quantidade disponibilizada destes nutrientes depende da velocidade de decomposição da serrapilheira que por sua vez depende, dentre outros fatores, da decomposição da serrapilheira, temperatura, precipitação pluviométrica e da qualidade do sítio. Ferreira et al.(1995) e Bellote et al (1995), relatam ainda que tratamentos silviculturais que levam a aceleração da decomposição da serrapilheira tem reflexos positivos na produtividade de povoamentos florestais, principalmente em solos de baixa fertilidade. Os autores citam que, embora desconheça-se dados referentes a *Pinus elliotii* e a *Pinus taeda* L., aumentos na produtividade em povoamentos de eucalipto, após a aplicação de cinza e resíduos industriais de celulose e papel foram relacionados a aceleração da decomposição da serrapilheira e um aumento na oferta de nutrientes e da capacidade de retenção de água do solo. Para ter-se uma idéia da importância da serrapilheira, cita-se o trabalho de Poggiani (1985), que trabalhando com eucalipto, relatou que a serrapilheira depositada pela floresta de *Eucalyptus saligna* aos 11 anos de idade apresentava 50 Kg de N, 5 Kg de P, 11 Kg de K, 60 Kg de Ca e 15 Kg de Mg por hectare. A quantidade de P equivaleria a 5 anos de deposição atmosférica nessa mesma região. A variação na quantidade de nutrientes na serrapilheira de plantios de *Pinus elliotii* pode ser exemplificada por Resissmann & Wisniewski (1999), com base em dados de literatura para diversas idades e tipos de solo. De acordo com os autores acima citados, a quantidade de N varia de 210 a 436, de P de 7 a 20, de K entre 4 e 73, de Ca entre 16 e 140 e de Mg de 4 a 27 Kg ha⁻¹ dependendo da quantidade de serrapilheira depositada, idade e tipo de solo.

Quando compara-se ainda os resultados de P, obtidos neste estudo, com os resultados provenientes do estudos de Allen L. (1991), determinados para 23 regiões do sudoeste dos EUA para *Pinus taeda* L., verifica-se que os teores de P encontrados neste estudo estão acima dos teores considerados críticos para este elemento.

6 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados e discutidos neste trabalho permitem as seguintes conclusões:

- A aplicação do resíduo industrial caracterizado como lama de cal, proporcionou um aumento significativo na variável diâmetro à altura do peito, altura total e volume total. A última medição efetuada nas unidades amostrais aos oito anos de idade mostrou haver um ganho de 15 % para o tratamento que recebeu 8 t ha⁻¹ do resíduo industrial quando comparado com o tratamento testemunha.
- A aplicação do fertilizante cloreto de potássio não proporcionou aumento significativo na variável diâmetro à altura do peito, altura total e volume total.
- A aplicação do resíduo industrial proporcionou um efeito positivo sobre as variáveis do solo, conforme a seguir: elevação do pH; aumento dos teores de Ca; aumento da capacidade de troca catiônica, redução na relação C/N e redução dos níveis de alumínio.
- Os níveis de cloreto de potássio utilizados neste estudo não proporcionaram aumento dos níveis de potássio no solo. De acordo com a classificação de Tomé Junior (1999), os valores de K encontrados no solo deste experimento, são considerados baixos (<0,10 cmol_c kg⁻¹).
- A análise da respiração basal e induzida mostrou não haver diferença significativa em função da aplicação do resíduo industrial e do cloreto de potássio, entretanto, pode-se observar claramente que os tratamentos que receberam o resíduo nas dosagens de 4 e 8 t ha⁻¹, (T-6 e T-8 respectivamente), mostraram um aumento na respiração induzida, quando comparados com o tratamento que não recebeu o resíduo (T-2).
- A atividade da enzima fosfatase não foi significativamente afetada pela aplicação do resíduo industrial e do cloreto de potássio, embora, pode-se observar uma redução de sua atividade ao longo dos anos avaliados e este efeito foi mais pronunciado nas estações do outono, inverno e verão. Deste comportamento, pode-se concluir que a atividade da fosfatase não pode influenciar o processo de mineralização do fósforo orgânico e como a atividade da fosfatase é fortemente influenciada pelo pH do solo (Dick et al., 1996) pode-se concluir que as alterações no pH causadas pela adição do resíduo não foram capazes de influenciar a atividade

desta enzima e conseqüentemente explica os valores de fósforo encontrados no solo deste estudo.

- A atividade da enzima dehidrogenase não foi significativamente afetada pela aplicação do resíduo industrial e pelo cloreto de potássio, embora, pode-se observar um aumento na atividade da dehidrogenase aos longo dos anos avaliados no outono. Entretanto, a partir do ano de 2004, notou-se um aumento na atividade desta enzima, o que pode ter proporcionado a redução na relação C/N. Este fato corrobora a afirmação de Dick et al., 1996 de que esta enzima desempenha papel importante na oxidação da matéria orgânica. Desta forma, analisando-se o comportamento da dehidrogenase com o decréscimo da relação C/N no mesmo período, pode-se inferir que a maior atividade da dehidrogenase está associada à redução da relação C/N. De acordo com Okazaki et al. (1983) e Pedrazzini et al. (1984), a atividade da dehidrogenase é considerada importante na quantificação da respiração microbiana nos mais variados ecossistemas. Tate (2002), relata que a quantidade de trifetilformazan, utilizada na leitura da dehidrogenase é proporcional a respiração microbiana. Baseando-se nos resultados de Förtser (2003), Stevenson (1959), Skujins (1973), Ladd & Paul (1973), Okazaki et al. (1983) e Pedrazzini et al. (1984), pode-se afirmar que para aqueles tratamentos que receberam 4 e 8 t ha⁻¹, (T-6 e T-8 respectivamente), houve um aumento na atividade da dehidrogenase demonstrado pela redução na relação C/N.
- A atividade da enzima β -glucosidase não foi significativamente afetada pela aplicação do resíduo industrial e do cloreto de potássio, entretanto, foi observado um aumento desta enzima durante os anos de 2001 e 2002 para T-8. Rice et al., (1999) relata que a atividade da β -glucosidase é considerada um indicador para avaliar os efeitos de fertilização e sendo assim esta enzima refletiu, durante os anos de 2001 e 2002 à adição dos tratamentos. Segundo Tabatabai (1988), a atividade da β -glucosidase está associada ao ciclo do carbono.
- A aplicação do resíduo industrial proporcionou um efeito positivo sobre a nutrição do *Pinus taeda* L., elevando significativamente os teores de P, Ca e N nas acículas. A maior taxa de mineralização expressa pela queda da relação C/N no intervalo de 2002 a 2006 pode explicar a elevação dos teores de P e N nas acículas. Os teores de P nas acículas não representaram as variações dos teores de P no solo, porém isto pode se explicado pelo método de análise de solo não ter sido capaz de detectar

as respectivas variações. Os teores de P foliar podem ser explicados pela dinâmica de crescimento do povoamento, ou seja, após o fechamento do dossel que geralmente acontece quando o plantio atinge uma idade em torno de 4 anos. A partir deste momento tem início os processos de ciclagem e reciclagem de nutrientes e o plantio começa a beneficiar-se dos nutrientes existentes na serrapilheira. Segundo Ferreira (1995), Reissmann e Wisniewski (1999), na serrapilheira depositada na superfície do solo são acumuladas quantidades significativas de nutrientes, que retornam ao solo e são absorvidos novamente pelas árvores após a decomposição da serrapilheira. Ferreira et al.(1995) e Bellote et al (1995), relatam ainda que tratamentos silviculturais que levam a aceleração da decomposição da serrapilheira tem reflexos positivos na produtividade de povoamentos florestais, principalmente em solos de baixa fertilidade.

REFERÊNCIAS

- Allen, H.L., P.M. Dougherty, and R. G. Campbell. 1990. Manipulation of water and nutrients: Practice and opportunity in southern U.S. pine forests. *For. Ecol. Manage.* 30:437-453.
- ANDRADE, G.C.; SILVA, H.D. da; BELOTTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A. Efeitos da adubação e da aplicação de resíduo de celulose no crescimento de *Eucalyptus dunnii*. *Boletim de Pesquisa Florestal. EMBRAPA.* n. 47, p. 43-54. jul/dez. 2003.
- AT Chunderova, T Zuber. Phosphatase activity in Chernozem soils. *Pochovedenie* 11: 47-53, 1969.
- Bandick, A., M. Miller, and R.P. Dick. 1994. Soil enzyme stability as an indicator of soil quality. P. 292. In *Agronomy abstracts*. ASA, Madison, WI.
- BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GOLÇALVES, J.LM; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestal, 2000. p. 269-286.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Fertilização e correção de solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. *Relação solo-planta*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. p. 127-186.
- BEHAN, V.A; STUART, B.B.; McKERVAN, D.K. Effects of nitrogen fertilizers, as urea, on acarina and other arthropods in Quebec black spruce humus. *Pedobiologia*, Jena, v. 18, p.249-263. 1978.
- BELLOTE , A .F.J.; FERREIRA C.A. SILVA, H.D.; ANDRADE, G.C. Efecto de la aplicación de ceniza y residuo de celulosa en el suelo y en el crecimiento de *Eucalyptus grandis*. In: Simpósio IUFRO para el Cono Sur Sudamericano "Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales", Valdivia, Chile, Actas, p.317-323, 1995.
- BELLOTE, A.F.J,- FERREIRA, CA; SILVA, H.D.; ANDRADE, G.C.; MORO, L. Implicações ecológicas do uso de cinzas de caldeira e resíduo de celulose em plantios de *Eucalyptus grandis*. In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS INDUSTRIAIS
- BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GOLÇALVES, J.LM.; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestal, 2000. p. 105-134.
- BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D.; FERREIRA, CA; ANDRADE, G.C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. *Boletim de Pesquisa Florestal. EMBRAPA.* n. 37, p. 99-106. jul/dez. 1998.

BERGAMIN, F.N.; ZINI, CA; GONZAGA, J.V.; BORTOLAS, E. Resíduos de fábrica de celulose e papel: lixo ou produto? In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1, 1994, Botucatu. Anais. Botucatu: UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1994. p. 97 - 120.

BRACELPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Avaliação do setor de celulose e papel. Desempenho do setor em 2005 Disponível em: < <http://www.bracelpa.org.br/económico.asp>>

C Garcia, T Hernandez. Biological and biochemical indicators in derelict soils subject to erosion. *Soil Biol Biochem* 29:171-177, 1993.

CALDEIRA, M.V.W.; NETO, R.M.R.; SCHUMACHER, M.V.; WATZLAVICK, L.F. Exportação de nutrientes em função do tipo de exploração em um povoamento de *Acácia mearnsii* de Wild. *Floresta e ambiente*. Santa Maria, v. 9, n. 1, p 97-104. 2002.

Carvalho, A. P. de; Menegol, O.; Oliveira, E.B.de; Machado, S. A. ; Potter, R.O.; Fasolo, P.J.; Ferreira, C.A.; Bartozesck, A. Efeitos de características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*. *Boi. Pesq. Flor.* , Colombo, n" 39, p.51-66,jul./dez 1999.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO -RS/SC. 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. 1997, 224 p.

Dick, R.P., D.R. Thomas, and J. J. Halvorson. 1996. Standardized methods, sampling, and pretreatment. P 107-121. *Methods for assessing soil quality*. SSSA Apec. Publi.49 SSSA, Madison, WI.

Doran, J.W, & Parkin.T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; CELEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART.B.A., EDS. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, 3-21, 1994. SSSA Spec. Publ. 35. SSSA, Madison, WI.

E Kandeler, C Kampichler, O Horak. Influence of heavy metals on the functional diversity of soil microbial communities. *Biol Fertil Soils* 23:299-306, 1996.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro. 2006, 306 .

F Eizavi, MA Tabatabai. Factors affecting glucosidase and galactosidase activities in soils. *Soil Biol Biochem* 22:891-897, 1990.

F Schinner, W von Mersi. Xylanase, CM-cellulase and invertase activity in soil: An improved method. *Soil Biol Biochem* 22:511-515, 1990.

FABRES, A.S.; COUTO, C.; CONCEIÇÃO, D.A. Uso de resíduo industrial de celulose em florestas. In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1, 1994, Botucatu. Anais. Botucatu: UNESP - Faculdade de Ciências Agrônomicas, 1994. p. 121 - 140.

FERNÁNDEZ, R.; RODRÍGUEZ ASPILLAGA, F.; LUPI, A.; LOPEZ, E.; PEZZUTTI, R.; CRECHI, E.; PAHR, N.; NATIUCK, M.; CORTEZ, P. Respuesta Del *Pinus taeda* y la *Araucaria angustifolia* a la adición de N, P y K en la implantación. In: SILVOARGENTINA I, Governador Virasoro, Comentes, 2000. 1 CD-Rom.

FERREIRA, CA; SILVA, H.D.da; BELLOTE, A.F.J.; ANDRADE, G.C. Efecto de la aplicacion de ceniza y resíduo de celulosa em la decomposicion y liberacion de nutrientes de la horajasca em plantaciones de *Eucalyptus grandis*. Bosque, Valdivia, v.16, n.1.p.101-104, 1995.

FLORES, D.M.M.; FRIZZO, S.M.B.; FOELKEL, C.E.B. Tratamentos alternativos do efluente de uma indústria de celulose branqueada e papel. Rev. Ciência Florestal. Santa Maria, v. 8. n. 1. p. 93-107, nov. 1998.

FR Pedrazzini, KL McKee. Effect of flooding on activities of soil dehydrogenases and alcohol dehydrogenase in rice (*Oryza sativa* L.) roots. Soil Sci Plant Nutr 30: 359-366, 1984.

G Hoffmann. Investigations on the effect of enzymes in soil. Z Pflanzenernaehrung Bodenkd 85:193-201, 1959.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. Documentos Florestais, Piracicaba, v.15, p.1-23, 1995.

GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: GOOR, C. P. Van. Reflorestamento com coníferas no Brasil: aspectos ecológicos dos plantios na Região Sul, particularmente com *pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*. (S.I): Ministério da Agricultura, D.R.N.R., Divisão Silvicultural, Seção de Pesquisa Florestais, 1965. Não paginado (Boletim 9).

GUERRINI, I.A.; VILLAS BOAS, R.L. BULL, L.T. Influência do resíduo celulósico e cinza provenientes de fábrica de celulose e papel sobre algumas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo em condições de vaso. Rev. Científica. São Paulo, v. 22, n. 1, 1994.

HA Ajwa, CJ Deil, CW Rice. Changes in enzyme activities and microbial biomass of tallgrass prairie soil as related to burning and nitrogen fertilization. Soil Biol Biochem 31:769-777, 1999.

HARRISON, R.B.; GUERRINI, I.A.; HENRY, C.L; COLE, D-W Reciclagem de resíduos industriais e urbanos em áreas de reflorestamento. Circular técnica. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestal (IPEF), n. 198, p. 1-20. jul. 2003

HEIMAN, P.E. Minerais, chemical properties and fertility of forest soil. In: HILMAN P. E. *et al.*. Forest soil of the douglas-fir region. Pullman: Washington State Cooperative Extension Service, 1981 p. 121-136.

Hildebrand, E.E. Análise química do solo florestal em amostras natural-estruturadas. Métodos e Resultados. In: O Desafio das Florestas Neotropicais. Anais. Curitiba. Universidade Federal do Paraná, p 20-28. 1991.
IPEF. 2000. p. 135-166.

JENKINSON, D.S. & LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A. & LADD, J.N., eds., Soil Biol. Biochem., 5:415-471, 1981.

J Skujins. Dehydrogenase: As an indicator of biological activity in arid soils. Bull Ecol Res Comm 17:235-241, 1973.

J Skujins. History of abiotic soil enzyme research. In: RG Burns, eds. Soil Enzymes. New York: Academic Press, 1978, pp 1-49.

JK Friedel, K Molter, WR Fischer. Comparison and improvement of methods for determining soil dehydrogenase activity by using triphenyltetrazolium chloride and idonitrotetrazolium chloride. Biol Fertil Soils 18:291-296, 1994.

JN Ladd. Soil enzymes. In: D Vaughan, RE Malcom, eds. Soil Organic Matter and Biological Activity. Dordrecht, Netherlands: Martinus Nijhoff, 1985, pp 175-221.

JT Trevors. Dehydrogenase activity in soil: A comparison between the INT and TTC assay. Soil Biol Biochem 16: 673-674, 1984.

K Chander, S Goyal, MC Mundra, KK Kapoor. Organic matter, microbial biomass and enzyme activity of soils under different crop rotations in the tropics. Biol Fertil Soils 24:306-310, 1997.

KOEHLER, C. W. Variação estacional da deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Ponta Grossa-PR. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1989. 148 p. (Tese de Doutorado)

L Beyer, K Sieling, K Pingpank. The impact of a low humus level in arable soils on microbial properties, soil organic matter quality and crop yield. Biol Fertil Soils 28:156-161, 1999. / 93.

LASO GARICOITS, L.S. Estado nutricional e fatores do solo limitantes do crescimento de *Pinus taeda* L. em Telêmaco Borba. Curitiba, 1990, 128 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste, MT. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.27 no.3 Viçosa May/June 2003

M Curci, MDR Pizzigallo, C Crechio, R Mininni, P Ruggiero. Effects of conventional tillage on biochemical properties of soils. *Biol Fertil Soils* 25:1-6, 1997.

M Okazaki, E Hirata, K Tensho. TTC reduction in submerged soils. *Soil Sci Plant Nutr* 29: 489-497, 1983.

M Stemmer, MH Gerzabek, E Kandeler. Organic matter and enzyme activity in particle-size fractions of soils obtained after low-energy sonication. *Soil Biol Biochem* 30:9-17, 1998.

M von Mersi, F Schiner. An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with idonitrotetrazolium chloride. *Biol Fertil Soils* 11:216-220, 1991

McMurtrie, R.E., M.L. Benson, and S. Linder. 1990. Water/nutrient interactions affecting the productivity of stands of *Pinus radiata*. *For. Ecol. Manage.* 30:415-423.

MEAD, D. J.; PRITCHETT, W.L. Variation of N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn and Al in slash pine foliage. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 5, p. 291-301, 1974.

MELO, V.F.de. Relação entre a reserva mineral de solos e a produção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus saligna* Smith, no Rio Grande do Sul. Viçosa, 1994, 145 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras.

MENEGOL, O. Índice de sítio e relação entre altura dominante e teores nutricionais das acículas em povoamentos de *Pinus elliottii* var. *elliottii* no segundo planalto paranaense. Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 1991. 74p. (Tese de Mestrado)

MORO, L. Caracterização, distribuição e análise econômica dos resíduos industriais da Champion Papel e Celulose Ltda. In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1, 1994, Botucatu. Anais. Botucatu: UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1994. p. 155-166.

MORO, L. Exportação de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* L. baseada em volume estimado pelo sistema Sispinus. Curitiba, 2005, 114 p. Dissertação de doutorado. Universidade Federal do Paraná.

Morris, L.A. and R.F. Lowery. 1988. Influence of site preparation on soil conditions affecting stand establishment and tree growth. *South. J. Appl. For.* 12:170-178.

Nambiar, E.K.S. 1996. Sustained productivity of forests is a continuing challenge to soil science. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 60:1629-1642.

NAMBIAR, E.K.S. Sustained productivity of forests is a continuing challenge to soil science. *Soil Science Society of American Journal*. Madison, v. 60, p. 1629-1642 1996.

NOLASCO, AM; GUERRINI, I.A.; BENEDETTI, V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fonte de nutrientes e condicionadores de solos florestais In GONÇALVES, J.LM;

North Carolina State Forest Nutrition Cooperative. 1990. Four-year growth and foliar nutrient responses of 28 mid-rotation loblolly pine stands to N and P fertilization. Report No. 24. NCSU, College of Forest Resources, Raleigh, NC.

North Carolina State Forest Nutrition Cooperative. 1991. Effects of site preparation, fertilization, and weed control on the growth and nutrition of loblolly pine. Report No. 26. NCSU, College of Forest Resources, Raleigh, NC.

OLIVEIRA, J.R.A. O impacto de sistemas integrados de lavouras e pastagens na biomassa-C e na atividade biológica de um Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado. Brasília, Unversidade de Brasília, 2000. 115p. (Tese de Mestrado).

P Nannipieri, B Ceccanti, S Grego. Ecological significance of the biological activity in soil. In: J-M Bollag, G Stotzky, eds. Soil Biochemistry. Vol 6. New York: Marcel Dekker, 1990, pp 293-355.

P Nannipieri, L Landi. Soil enzymes. In: ME Summer, ed. Handbook of Soil Science. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999, pp C129-C137.

P Nannipieri. The potential use of soil enzymes as indicators of productivity sustainability and pollution. In: CE Pankhurst, BM Doube, VVSR Gupta, PR Grace, eds. Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems. Adelaide: CSIRO, 1994, pp 238-244.

PAYN, T.W.; CLOUGH, M. E. Seasonal variation of foliar concentrations in *pinus radiata* in the Southern cape. South African Florestry Journal, Pretoria, v. 143, p. 37-41, 1987.

Poggiani, F. Nutrient cycling in *Eucalyptus* and *Pinus* plantations ecosystems, silvicultural implications. IPRF, Piracicaba, 3 l, p.31-40. 1985.

PRITCHETT, W. & ZWINFORD, K. R. Response of Slash pine to colloidal phosphate fertilization. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 25: 397-400, 1961.

QUINTEROS DOLDAN, M. E. Desenvolvimento da altura dominante de *Pinus taeda* L. Como resposta ao estímulos dos fatores do meio, na região de Ponta Grossa. Curitiba, 1987. 60 f. Dissertação (Mestrado em ciências Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

RE Malcolm. Assessment of phosphatase activity in soils. Soil Biol Biochem 15:403-408, 1983.

REISSMANN, C.B, WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. 1999.

- Reissmann, C.B., Wisniewski, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. (1999).
- Reissmann, C.B.; Koehler, C.W.; Paula Souza, M.L.de. Classificação de sítio para *Araucária angustifolia*, *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* no 2º Planalto do Paraná. Subprojeto I. Nutrição. UFPR/FUNPAR/FINEP. I p. I-286, 1990.
- REISSMANN, C.B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: Reissmann, C.B.; Zottl, H.W. Problemas nutricionais em povoamentos de *Pinus taeda* em áreas de arenito da formação Rio Bonito Grupo Guatá. Revista do Setor de Ciências Agrárias. Curitiba. UFPR, 9 p.75-80, 1987.
- RG Bums. Enzyme activity in soil: Some theoretical and practical considerations. In: RG Bums, ed. Soil Enzymes. London: Academic Press, 1978, pp 295-340.
- Rice, C.W., T. Moorman, and M. Beare. 1996. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. Methods for assessing soil quality. SSSA Spec. Publ. 49. SSSA, Madison, Wi.
- RIGATTO, P.A. Influência dos atributos do solo sobre a produtividade e a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para a produção de celulose Kraft. Curitiba, 2002, 120 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- RODRIGUES C. M. Efeito da aplicação de resíduos da indústria de papel e celulose nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, na nutrição e biomassa do *Pinus taeda* L. Curitiba, 2005 109 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- RJ Haynes, PH Williams. Influence of stock camping behaviour on the soil microbiological and biochemical properties of grazed pastoral soils. Biol Fertil Soils 28:253-258, 1999.
- S Kiss, S Peterfi. Presence of carbohydrases in the peat of a Salicea community. Stud Cercet Biol Cluj 335-340,1961.
- SANDS, R.; MULLIGAN, D.R. Water and nutrient dynamics and tree growth. Forest Ecology and Management. Amsterdam, v. 156. p. 91-111. 1990.
- SANTANA, D. F. & BAHIA-FILHO, A.F.C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: World Congress of Soil Science, 16., Montpellier, França. Proceedings. Montpellier, ISS, 1998.
- SANTOS FILHO, A ROCHA, H. O. Da. Principal características dos solos que influem no crescimento de *pinus taeda*, no segundo planalto paranaense. Revista do setor de Ciências Agrárias, Curitiba, v. 9, p. 107-111, 1987.
- SAS, I.I. (1989). SAS/STAT User's guide, version 6 (4th ed.). SAS Institute Cary, NC.
- SEASTED, T.R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. Ann. Rev. Entomology. Paio Alto, v. 29, p. 25-46, 1984.

SP Deng, MA Tabatabai. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils III. Phosphatases and arylsulfatase. Biol. Fertil. Soils 24:141-146, 1997.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R .W.; SCOTT, A. & BOTTOMELEY, P.J., eds. Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties. Madison, Soil Science Society of America, 1994.p.778-835.

TAMM, C.O. Nutrient requirements of Forest stands. International Review Research. v. 1, p. 115-170. 1964.

TOMÉ JR., J. B. Manual Para Interpretação De Análise De Solo. Guaíba: Agropecuária Ltda., 1997. 247 P,

TREVISAN, E. Classificação e caracterização de horizontes orgânicos sob povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Ponta Grossa, PR. 1º Aproximação. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1992. (Dissertação de Mestrado)

TURCO, R.F.; KENNEDY, A.C & JAWSON, M.D. Microbial indicators of soil quality. In: Doran, J.W.: COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.C. & STEWART,B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environmet. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.73-90

URBANOS EM FLORESTAS, 1, 1994, Botucatu. Anais. Botucatu: UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas, 1994. p. 167 - 187.

VALERI, S. V. Exportação de biomassa e nutrientes de povoamentos de *Pinus taeda* L. desbastados em diferentes idades. Curitiba, 1988, 164 p Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná.

Van Goor, C.P. Reflorestamento com coníferas no Brasil. Aspectos ecológicos dos plantios na Região Sul, particularmente com *Pinus elliottii* e *Araucária angustifolia*. Boletim Nº 9, Ministério da Agricultura, D.R.N.R. Divisão Silvicultura, Seção de Pesquisas Florestais.1965

VETTORAZZO, S.C. Intensidade e local de amostragem para avaliação nutricional de povoamentos de *Pinus taeda* L. Piracicaba, 1994. 114 p. Tese de doutorado. ESALQ. Universidade de São Paulo.

VOGEL, H.L.M. Crescimento de *Pinus taeda* L. relacionado a doses de N, P e K, e sua diagnose nutricional pelo DRIS. Rev. Ciência Florestal. Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 182,2003.

VP Hollander. Acid phosphatase. In: PD Boyer, ed. The Enzymes. Vol. II. 3rd ed. New York: Academic Press, 1971, pp 449-498.

W von Mersi, R Kuhnert-Finkemagel, F Schinner. The influence of rock powers on microbial activity of three forest soils. Z Pflanzenernaehr Bodenkd 155:29-33, 1992.

WELLS, C.G.; METZ, L. J. Variation in nutrient content of loblolly pine needles with season, age, soil, and position on the crown. Soil Science Society of America proceedings, Madison, n. 27. p. 90-93, 1963.

WJ Staddon, LC Duchesne, JT Trevors. Acid phosphatase, alkaline phosphatase and arylsulfatase activities in soils from a jack pine (*Pinus banksiana* Lamb) ecosystem after clearcutting, prescribed burning, and scarification. Biol Fertil Soils 27:1-4, 1998.

ZÖTTL, H.M. Diagnosis of nutritional disturbances in Forest stands. In: FAO/IUFRO International Symposium on Forest Fertilization. 1973, Paris. Anais. Paris: Ministère de l'Agriculture, 1973. p. 75-95.

ANEXOS
(ANÁLISES DE VARIÂNCIA)

ANEXO 1.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA pH DO SOLO NO ANO 2001

Dependent Variable: pH2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1.17333455	0.10666678	5.17	0.0004
Error	24	0.49479236	0.02061635		
Corrected Total	35	1.66812691			

R-Square Coeff Var Root MSE pH2001 Mean
0.703384 2.959519 0.143584 4.851597

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.10420608	0.03473536	1.68	0.1968
CA	2	0.89717951	0.44858976	21.76	<.0001
K	2	0.00656493	0.00328247	0.16	0.8537
CA*K	4	0.16538403	0.04134601	2.01	0.1259

ANEXO 1.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA pH DO SOLO NO ANO 2002

Dependent Variable: pH2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1.30070035	0.11824549	3.41	0.0058
Error	24	0.83207187	0.03466966		
Corrected Total	35	2.13277222			

R-Square Coeff Var Root MSE pH2002 Mean
0.609864 3.997570 0.186198 4.657778

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.32956250	0.10985417	3.17	0.0427
CA	2	0.76510972	0.38255486	11.03	0.0004
K	2	0.05684410	0.02842205	0.82	0.4525
CA*K	4	0.14918403	0.03729601	1.08	0.3904

ANEXO 1.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA pH DO SOLO NO ANO 2003

Dependent Variable: pH2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	2.28586024	0.20780548	7.46	<.0001
Error	24	0.66859444	0.02785810		
Corrected Total	35	2.95445469			

R-Square Coeff Var Root MSE pH2003 Mean
0.773700 3.447166 0.166907 4.841875

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.14588524	0.04862841	1.75	0.1845
CA	2	1.66194687	0.83097344	29.83	<.0001
K	2	0.11126354	0.05563177	2.00	0.1577
CA*K	4	0.36676458	0.09169115	3.29	0.0276

ANEXO 1.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA pH DO SOLO NO ANO 2004

Dependent Variable: pH2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1.56206649	0.14200604	6.76	<.0001
Error	24	0.50386458	0.02099436		
Corrected Total	35	2.06593108			

R-Square Coeff Var Root MSE pH2004 Mean
0.756108 3.132803 0.144894 4.625069

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.13407135	0.04469045	2.13	0.1230
CA	2	1.28790660	0.64395330	30.67	<.0001
K	2	0.06781285	0.03390642	1.62	0.2198
CA*K	4	0.07227569	0.01806892	0.86	0.5015

ANEXO 1.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA pH DO SOLO NO ANO 2005

Dependent Variable: pH2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	2.96500712	0.26954610	5.83	0.0002
Error	24	1.10884479	0.04620187		
Corrected Total	35	4.07385191			

R-Square Coeff Var Root MSE pH2005 Mean
0.727814 4.629066 0.214946 4.643403

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.14220052	0.04740017	1.03	0.3987
CA	2	2.48488993	1.24244497	26.89	<.0001
K	2	0.16643160	0.08321580	1.80	0.1867
CA*K	4	0.17148507	0.04287127	0.93	0.4643

ANEXO 1.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA pH DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: pH2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	2.23796389	0.20345126	3.93	0.0025
Error	24	1.24372500	0.05182188		
Corrected Total	35	3.48168889			

R-Square Coeff Var Root MSE pH2006 Mean
0.642781 4.960169 0.227644 4.589444

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.54695000	0.18231667	3.52	0.0304
CA	2	1.12518472	0.56259236	10.86	0.0004
K	2	0.22275139	0.11137569	2.15	0.1385
CA*K	4	0.34307778	0.08576944	1.66	0.1932

ANEXO 2.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AL DO SOLO NO ANO 2001

Dependent Variable: Al2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	11.19411785	1.01764708	4.15	0.0017
Error	24	5.87944005	0.24497667		
Corrected Total	35	17.07355789			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Al2001 Mean	
	0.655641	16.62775	0.494951	2.976657	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	3.42846423	1.14282141	4.67	0.0105
CA	2	5.94838116	2.97419058	12.14	0.0002
K	2	0.09584861	0.04792431	0.20	0.8236
CA*K	4	1.72142385	0.43035596	1.76	0.1706

ANEXO 2.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AL DO SOLO NO ANO 2002

Dependent Variable: Al2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	8.34470892	0.75860990	5.85	0.0002
Error	24	3.11269789	0.12969575		
Corrected Total	35	11.45740681			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Al2002 Mean	
	0.728324	11.82574	0.360133	3.045331	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	2.51359952	0.83786651	6.46	0.0023
CA	2	4.79491868	2.39745934	18.49	<.0001
K	2	0.01976902	0.00988451	0.08	0.9268
CA*K	4	1.01642171	0.25410543	1.96	0.1332

ANEXO 2.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AL DO SOLO NO ANO 2003

Dependent Variable: Al2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	10.91424242	0.99220386	5.26	0.0003
Error	24	4.52371692	0.18848821		
Corrected Total	35	15.43795934			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Al2003 Mean	
	0.706974	21.61100	0.434152	2.008941	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.54728428	0.18242809	0.97	0.4241
CA	2	8.41924129	4.20962064	22.33	<.0001
K	2	0.10952088	0.05476044	0.29	0.7505
CA*K	4	1.83819597	0.45954899	2.44	0.0746

ANEXO 2.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AL DO SOLO NO ANO 2004

Dependent Variable: Al2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	4.59919978	0.41810907	6.10	0.0001
Error	24	1.64386950	0.06849456		
Corrected Total	35	6.24306928			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Al2004 Mean	
	0.736689	19.69923	0.261715	1.328552	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.23263227	0.07754409	1.13	0.3560
CA	2	4.11648920	2.05824460	30.05	<.0001
K	2	0.05973547	0.02986774	0.44	0.6516
CA*K	4	0.19034284	0.04758571	0.69	0.6030

ANEXO 2.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AL DO SOLO NO ANO 2005

Dependent Variable: Al2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	21.91106826	1.99191530	6.04	0.0001
Error	24	7.91285221	0.32970218		
Corrected Total	35	29.82392047			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Al2005 Mean	
	0.734681	24.61290	0.574197	2.332910	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	2.14367580	0.71455860	2.17	0.1182
CA	2	18.63287034	9.31643517	28.26	<.0001
K	2	0.53508124	0.26754062	0.81	0.4560
CA*K	4	0.59944088	0.14986022	0.45	0.7681

ANEXO 2.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AL DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: Al2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	25.01740529	2.27430957	5.68	0.0002
Error	24	9.60727196	0.40030300		
Corrected Total	35	34.62467725			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Al2006 Mean	
	0.722531	25.96441	0.632695	2.436778	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	2.31399280	0.77133093	1.93	0.1522
CA	2	19.74460314	9.87230157	24.66	<.0001
K	2	1.43253242	0.71626621	1.79	0.1887
CA*K	4	1.52627692	0.38156923	0.95	0.4509

ANEXO 3.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Ca DO SOLO NO ANO 2001

Dependent Variable: Ca2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	42.48027775	3.86184343	7.63	<.0001
Error	24	12.14938100	0.50622421		
Corrected Total	35	54.62965876			

R-Square 0.777605 Coeff Var 40.65975 Root MSE 0.711494 Ca2001 Mean 1.749874

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	1.25558122	0.41852707	0.83	0.4921
CA	2	36.49540096	18.24770048	36.05	<.0001
K	2	0.25725042	0.12862521	0.25	0.7777
CA*K	4	4.47204515	1.11801129	2.21	0.0984

ANEXO 3.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Ca DO SOLO NO ANO 2002

Dependent Variable: Ca2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	57.49176041	5.22652367	7.64	<.0001
Error	24	16.41377685	0.68390737		
Corrected Total	35	73.90553726			

R-Square 0.777909 Coeff Var 42.27881 Root MSE 0.826987 Ca2002 Mean 1.956032

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	7.28016644	2.42672215	3.55	0.0295
CA	2	45.85064336	22.92532168	33.52	<.0001
K	2	2.89566284	1.44783142	2.12	0.1423
CA*K	4	1.46528777	0.36632194	0.54	0.7109

ANEXO 3.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Ca DO SOLO NO ANO 2003

Dependent Variable: Ca2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	73.77673028	6.70697548	14.74	<.0001
Error	24	10.91812537	0.45492189		
Corrected Total	35	84.69485565			

R-Square 0.871089 Coeff Var 31.98702 Root MSE 0.674479 Ca2003 Mean 2.108602

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	2.96058352	0.98686117	2.17	0.1179
CA	2	65.40071824	32.70035912	71.88	<.0001
K	2	2.79985071	1.39992535	3.08	0.0646
CA*K	4	2.61557781	0.65389445	1.44	0.2522

ANEXO 3.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Ca DO SOLO NO ANO 2004

Dependent Variable: Ca2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	47.37911798	4.30719254	9.64	<.0001
Error	24	10.72708241	0.44696177		
Corrected Total	35	58.10620039			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ca2004 Mean	
	0.815388	37.94113	0.668552	1.762077	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	2.71168704	0.90389568	2.02	0.1376
CA	2	43.23052946	21.61526473	48.36	<.0001
K	2	0.86585505	0.43292752	0.97	0.3940
CA*K	4	0.57104644	0.14276161	0.32	0.8622

ANEXO 3.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Ca DO SOLO NO ANO 2005

Dependent Variable: Ca2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	101.3190094	9.2108190	10.53	<.0001
Error	24	20.9838290	0.8743262		
Corrected Total	35	122.3028384			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ca2005 Mean	
	0.828427	40.99451	0.935054	2.280925	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	5.15798486	1.71932829	1.97	0.1459
CA	2	95.19407454	47.59703727	54.44	<.0001
K	2	0.56489128	0.28244564	0.32	0.7270
CA*K	4	0.40205874	0.10051469	0.11	0.9760

ANEXO 3.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Ca DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: Ca2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	52.14887448	4.74080677	4.08	0.0019
Error	24	27.86056924	1.16085705		
Corrected Total	35	80.00944372			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ca2006 Mean	
	0.651784	55.23814	1.077431	1.950520	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	6.99749717	2.33249906	2.01	0.1395
CA	2	39.22402363	19.61201182	16.89	<.0001
K	2	1.06872059	0.53436029	0.46	0.6365
CA*K	4	4.85863309	1.21465827	1.05	0.4042

ANEXO 4.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Mg DO SOLO NO ANO 2001

Dependent Variable: Mg2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1.02834784	0.09348617	2.51	0.0291
Error	24	0.89563141	0.03731798		
Corrected Total	35	1.92397924			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mg2001 Mean	
	0.534490	65.76037	0.193179	0.293761	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Blk	3	0.52190004	0.17396668	4.66	0.0105
CA	2	0.14889675	0.07444837	1.99	0.1579
K	2	0.24245279	0.12122640	3.25	0.0564
CA*K	4	0.11509826	0.02877457	0.77	0.5547

ANEXO 4.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Mg DO SOLO NO ANO 2002

Dependent Variable: Mg2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1.92959513	0.17541774	1.69	0.1365
Error	24	2.49106435	0.10379435		
Corrected Total	35	4.42065948			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mg2002 Mean	
	0.436495	74.67874	0.322171	0.431410	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Blk	3	1.16295795	0.38765265	3.73	0.0247
CA	2	0.16361274	0.08180637	0.79	0.4661
K	2	0.33867965	0.16933982	1.63	0.2166
CA*K	4	0.26434480	0.06608620	0.64	0.6413

ANEXO 4.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Mg DO SOLO NO ANO 2003

Dependent Variable: Mg2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.73186672	0.06653334	2.52	0.0281
Error	24	0.63267180	0.02636132		
Corrected Total	35	1.36453852			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mg2003 Mean	
	0.536347	59.22751	0.162362	0.274132	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Blk	3	0.35569109	0.11856370	4.50	0.0122
CA	2	0.13610768	0.06805384	2.58	0.0965
K	2	0.10689669	0.05344835	2.03	0.1536
CA*K	4	0.13317126	0.03329281	1.26	0.3119

ANEXO 4.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Mg DO SOLO NO ANO 2004

Dependent Variable: Mg2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.40137709	0.03648883	1.21	0.3300
Error	24	0.72122474	0.03005103		
Corrected Total	35	1.12260183			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mg2004 Mean	
	0.357542	77.80097	0.173352	0.222815	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Blk	3	0.18158508	0.06052836	2.01	0.1388
CA	2	0.06410013	0.03205006	1.07	0.3600
K	2	0.07090285	0.03545142	1.18	0.3246
CA*K	4	0.08478904	0.02119726	0.71	0.5961

ANEXO 4.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Mg DO SOLO NO ANO 2005

Dependent Variable: Mg2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.75677913	0.06879810	1.42	0.2252
Error	24	1.15891063	0.04828794		
Corrected Total	35	1.91568976			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mg2005 Mean	
	0.395043	135.6936	0.219745	0.161942	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Blk	3	0.40947893	0.13649298	2.83	0.0600
CA	2	0.06933278	0.03466639	0.72	0.4980
K	2	0.20738580	0.10369290	2.15	0.1387
CA*K	4	0.07058162	0.01764540	0.37	0.8308

ANEXO 4.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Mg DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: Mg2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.44470081	0.04042735	1.52	0.1893
Error	24	0.63928984	0.02663708		
Corrected Total	35	1.08399065			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mg2006 Mean	
	0.410244	111.4366	0.163209	0.146459	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Blk	3	0.28619365	0.09539788	3.58	0.0286
CA	2	0.03390516	0.01695258	0.64	0.5379
K	2	0.09168048	0.04584024	1.72	0.2003
CA*K	4	0.03292151	0.00823038	0.31	0.8691

ANEXO 5.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA K DO SOLO NO ANO 2001

Dependent Variable: K2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00913169	0.00083015	1.06	0.4316
Error	24	0.01883465	0.00078478		
Corrected Total	35	0.02796634			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	K2001 Mean	
	0.326524	28.38937	0.028014	0.098677	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	0.00328690	0.00109563	1.40	0.2682
CA	2	0.00143633	0.00071817	0.92	0.4140
K	2	0.00275117	0.00137558	1.75	0.1947
CA*K	4	0.00165729	0.00041432	0.53	0.7163

ANEXO 5.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA K DO SOLO NO ANO 2002

Dependent Variable: K2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00326904	0.00029719	0.68	0.7452
Error	24	0.01051726	0.00043822		
Corrected Total	35	0.01378630			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	K2002 Mean	
	0.237122	24.13913	0.020934	0.086721	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	0.00153123	0.00051041	1.16	0.3437
CA	2	0.00049505	0.00024752	0.56	0.5758
K	2	0.00036970	0.00018485	0.42	0.6606
CA*K	4	0.00087305	0.00021826	0.50	0.7373

ANEXO 5.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA K DO SOLO NO ANO 2003

Dependent Variable: K2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00322714	0.00029338	0.76	0.6704
Error	24	0.00921401	0.00038392		
Corrected Total	35	0.01244115			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	K2003 Mean	
	0.259392	30.60095	0.019594	0.064030	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	0.00173970	0.00057990	1.51	0.2372
CA	2	0.00023855	0.00011928	0.31	0.7358
K	2	0.00023824	0.00011912	0.31	0.7361
CA*K	4	0.00101065	0.00025266	0.66	0.6270

ANEXO 5.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA K DO SOLO NO ANO 2004

Dependent Variable: K2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00272122	0.00024738	0.77	0.6619
Error	24	0.00767156	0.00031965		
Corrected Total	35	0.01039279			

R-Square 0.261838 Coeff Var 28.91255 Root MSE 0.017879 K2004 Mean 0.061837

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	0.00121964	0.00040655	1.27	0.3064
CA	2	0.00013554	0.00006777	0.21	0.8104
K	2	0.00021376	0.00010688	0.33	0.7191
CA*K	4	0.00115228	0.00028807	0.90	0.4788

ANEXO 5.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA K DO SOLO NO ANO 2005

Dependent Variable: K2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00528460	0.00048042	1.78	0.1146
Error	24	0.00647141	0.00026964		
Corrected Total	35	0.01175601			

R-Square 0.449523 Coeff Var 36.96707 Root MSE 0.016421 K2005 Mean 0.044420

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	0.00290646	0.00096882	3.59	0.0283
CA	2	0.00001815	0.00000907	0.03	0.9670
K	2	0.00033832	0.00016916	0.63	0.5425
CA*K	4	0.00202167	0.00050542	1.87	0.1477

ANEXO 5.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA K DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: K2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.01432751	0.00130250	1.58	0.1690
Error	24	0.01981305	0.00082554		
Corrected Total	35	0.03414056			

R-Square 0.419662 Coeff Var 68.48526 Root MSE 0.028732 K2006 Mean 0.041954

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLk	3	0.00733609	0.00244536	2.96	0.0524
CA	2	0.00040818	0.00020409	0.25	0.7829
K	2	0.00124176	0.00062088	0.75	0.4822
CA*K	4	0.00534148	0.00133537	1.62	0.2023

ANEXO 6.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA P DO SOLO NO ANO 2001

Dependent Variable: P2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.87406986	0.07946090	0.84	0.6079
Error	24	2.28061672	0.09502570		
Corrected Total	35	3.15468658			

R-Square Coeff Var Root MSE P2001 Mean
0.277070 11.33655 0.308262 2.719191

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.43367316	0.14455772	1.52	0.2345
CA	2	0.05567972	0.02783986	0.29	0.7487
K	2	0.30052360	0.15026180	1.58	0.2264
CA*K	4	0.08419339	0.02104835	0.22	0.9238

ANEXO 6.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA P DO SOLO NO ANO 2002

Dependent Variable: P2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.88479493	0.08043590	0.33	0.9714
Error	24	5.90301936	0.24595914		
Corrected Total	35	6.78781429			

R-Square Coeff Var Root MSE P2002 Mean
0.130350 23.35627 0.495943 2.123381

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.50672963	0.16890988	0.69	0.5689
CA	2	0.01901723	0.00950862	0.04	0.9621
K	2	0.12757420	0.06378710	0.26	0.7737
CA*K	4	0.23147388	0.05786847	0.24	0.9157

ANEXO 6.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA P DO SOLO NO ANO 2003

Dependent Variable: P2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	2.63124105	0.23920373	0.72	0.7055
Error	24	7.92963636	0.33040152		
Corrected Total	35	10.56087741			

R-Square Coeff Var Root MSE P2003 Mean
0.249150 27.57033 0.574806 2.084871

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	1.78358783	0.59452928	1.80	0.1742
CA	2	0.41829630	0.20914815	0.63	0.5396
K	2	0.28204813	0.14102406	0.43	0.6574
CA*K	4	0.14730879	0.03682720	0.11	0.9773

ANEXO 6.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA P DO SOLO NO ANO 2004

Dependent Variable: P2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1.78701296	0.16245572	0.66	0.7597
Error	24	5.89763699	0.24573487		
Corrected Total	35	7.68464995			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	P2004 Mean
0.232543	22.55426	0.495717	2.197884

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.64152695	0.21384232	0.87	0.4702
CA	2	0.45488654	0.22744327	0.93	0.4100
K	2	0.46116076	0.23058038	0.94	0.4052
CA*K	4	0.22943871	0.05735968	0.23	0.9168

ANEXO 6.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA P DO SOLO NO ANO 2005

Dependent Variable: P2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	4.30118729	0.39101703	0.66	0.7566
Error	24	14.11567469	0.58815311		
Corrected Total	35	18.41686198			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	P2005 Mean
0.233546	50.74862	0.766911	1.511197

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	1.27826416	0.42608805	0.72	0.5473
CA	2	0.57478726	0.28739363	0.49	0.6194
K	2	0.39720354	0.19860177	0.34	0.7168
CA*K	4	2.05093234	0.51273308	0.87	0.4952

ANEXO 6.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA P DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: P2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	4.63165653	0.42105968	0.58	0.8254
Error	24	17.39581080	0.72482545		
Corrected Total	35	22.02746734			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	P2006 Mean
0.210267	63.81653	0.851367	1.334085

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	1.30711532	0.43570511	0.60	0.6206
CA	2	0.69391670	0.34695835	0.48	0.6254
K	2	0.34424231	0.17212115	0.24	0.7905
CA*K	4	2.28638220	0.57159555	0.79	0.5440

ANEXO 7.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CTC DO SOLO NO ANO 2001

Dependent Variable: CTC2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	18.32666454	1.66606041	3.97	0.0023
Error	24	10.06462759	0.41935948		
Corrected Total	35	28.39129213			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CTC2001 Mean
0.645503	12.65059	0.647580	5.118970

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.65252205	0.21750735	0.52	0.6734
CA	2	15.04319780	7.52159890	17.94	<.0001
K	2	0.65522257	0.32761128	0.78	0.4691
CA*K	4	1.97572212	0.49393053	1.18	0.3456

ANEXO 7.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CTC DO SOLO NO ANO 2002

Dependent Variable: CTC2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	31.68359552	2.88032687	3.63	0.0040
Error	24	19.06265766	0.79427740		
Corrected Total	35	50.74625318			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CTC2002 Mean
0.624353	16.14682	0.891222	5.519493

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	4.55813039	1.51937680	1.91	0.1544
CA	2	22.17430252	11.08715126	13.96	<.0001
K	2	4.57408974	2.28704487	2.88	0.0757
CA*K	4	0.37707287	0.09426822	0.12	0.9745

ANEXO 7.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CTC DO SOLO NO ANO 2003

Dependent Variable: CTC2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	39.61246008	3.60113273	7.42	<.0001
Error	24	11.64619019	0.48525792		
Corrected Total	35	51.25865027			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CTC2003 Mean
0.772796	15.63399	0.696605	4.455706

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	3.08826320	1.02942107	2.12	0.1240
CA	2	31.29497390	15.64748695	32.25	<.0001
K	2	4.21413864	2.10706932	4.34	0.0246
CA*K	4	1.01508434	0.25377109	0.52	0.7198

ANEXO 7.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CTC DO SOLO NO ANO 2004

Dependent Variable: CTC2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	24.88430534	2.26220958	5.61	0.0002
Error	24	9.67318085	0.40304920		
Corrected Total	35	34.55748619			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CTC2004 Mean
0.720084	18.86040	0.634862	3.366109

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	1.92917276	0.64305759	1.60	0.2166
CA	2	21.59594658	10.79797329	26.79	<.0001
K	2	0.91883955	0.45941977	1.14	0.3366
CA*K	4	0.44034645	0.11008661	0.27	0.8924

ANEXO 7.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CTC DO SOLO NO ANO 2005

Dependent Variable: CTC2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	29.25079611	2.65916328	6.53	<.0001
Error	24	9.77644971	0.40735207		
Corrected Total	35	39.02724583			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CTC2005 Mean
0.749497	12.64240	0.638241	5.048421

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	1.59564844	0.53188281	1.31	0.2955
CA	2	25.14010402	12.57005201	30.86	<.0001
K	2	0.06046426	0.03023213	0.07	0.9287
CA*K	4	2.45457939	0.61364485	1.51	0.2318

ANEXO 7.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CTC DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: CTC2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	10.57117060	0.96101551	1.51	0.1934
Error	24	15.31264095	0.63802671		
Corrected Total	35	25.88381155			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CTC2006 Mean
0.408409	17.45665	0.798766	4.575710

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	3.48971006	1.16323669	1.82	0.1699
CA	2	3.83322930	1.91661465	3.00	0.0685
K	2	0.76580207	0.38290104	0.60	0.5568
CA*K	4	2.48242917	0.62060729	0.97	0.4407

ANEXO 8.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CN DO SOLO NO ANO 2000

Dependent Variable: Inv00

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	232.2485917	21.1135083	4.19	0.0016
Error	24	120.9535365	5.0397307		
Corrected Total	35	353.2021283			

R-Square Coeff Var Root MSE Inv00 Mean
0.657552 12.74150 2.244934 17.61908

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	202.4343893	67.4781298	13.39	<.0001
CA	2	1.2589908	0.6294954	0.12	0.8831
K	2	21.3752537	10.6876269	2.12	0.1419
CA*K	4	7.1799579	1.7949895	0.36	0.8372

ANEXO 8.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CN DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: Out06

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	70.5785909	6.4162355	2.04	0.0705
Error	24	75.6515289	3.1521470		
Corrected Total	35	146.2301198			

R-Square Coeff Var Root MSE Out06 Mean
0.482654 14.14446 1.775429 12.55211

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.15230893	0.05076964	0.02	0.9971
CA	2	63.65278159	31.82639080	10.10	0.0007
K	2	0.41364842	0.20682421	0.07	0.9367
CA*K	4	6.35985200	1.58996300	0.50	0.7328

ANEXO 9.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CO₂ DO SOLO PARA 10 HORAS

Dependent Variable: Hora_10

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	2.98827060	0.27166096	1.43	0.2213
Error	24	4.54629228	0.18942884		
Corrected Total	35	7.53456288			

R-Square Coeff Var Root MSE Hora_10 Mean
0.396608 148.8902 0.435234 0.292319

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	1.68080752	0.56026917	2.96	0.0526
CA	2	0.12037065	0.06018533	0.32	0.7308
K	2	0.04602556	0.02301278	0.12	0.8861
CA*K	4	1.14106687	0.28526672	1.51	0.2320

ANEXO 9.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CO₂ DO SOLO PARA 28 HORAS

Dependent Variable: Hora_28

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	43.8343739	3.9849431	0.79	0.6485
Error	24	121.1697465	5.0487394		
CORRECTED TOTAL	35	165.0041204			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hora_28 Mean
0.265656	47.37917	2.246940	4.742464

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	8.86450829	2.95483610	0.59	0.6305
CA	2	3.36743835	1.68371918	0.33	0.7197
K	2	4.60080267	2.30040134	0.46	0.6394
CA*K	4	27.00162459	6.75040615	1.34	0.2850

ANEXO 9.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CO₂ DO SOLO PARA 38 HORAS

Dependent Variable: Hora_38

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	66.9566702	6.0869700	0.77	0.6638
Error	24	189.2872865	7.8869703		
Corrected Total	35	256.2439567			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hora_38 Mean
0.261300	60.13348	2.808375	4.670236

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	10.81266188	3.60422063	0.46	0.7148
CA	2	5.68752445	2.84376223	0.36	0.7010
K	2	5.49848558	2.74924279	0.35	0.7092
CA*K	4	44.95799832	11.23949958	1.43	0.2561

ANEXO 9.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CO₂ DO SOLO PARA 48 HORAS

Dependent Variable: Hora_48

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	63.3221995	5.7565636	0.64	0.7805
Error	24	217.1042956	9.0460123		
Corrected Total	35	280.4264951			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hora_48 Mean
0.225807	75.74909	3.007659	3.970555

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	4.37599252	1.45866417	0.16	0.9214
CA	2	5.44521498	2.72260749	0.30	0.7429
K	2	7.40318593	3.70159297	0.41	0.6687
CA*K	4	46.09780609	11.52445152	1.27	0.3077

ANEXO 10.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FOSFATASE DO SOLO NO ANO 2001

Dependent Variable: Fos2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.10202299	0.00927482	2.59	0.0248
Error	24	0.08594666	0.00358111		
Corrected Total	35	0.18796965			

R-Square Coeff Var Root MSE Fos2001 Mean
0.542763 4.180152 0.059842 1.431584

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.08892738	0.02964246	8.28	0.0006
CA	2	0.00766896	0.00383448	1.07	0.3586
K	2	0.00002393	0.00001196	0.00	0.9967
CA*K	4	0.00540272	0.00135068	0.38	0.8226

ANEXO 10.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FOSFATASE DO SOLO NO ANO 2002

Dependent Variable: Fos2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00788966	0.00071724	0.88	0.5707
Error	24	0.01955950	0.00081498		
Corrected Total	35	0.02744916			

R-Square Coeff Var Root MSE Fos2002 Mean
0.287428 2.669233 0.028548 1.069515

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00072863	0.00024288	0.30	0.8265
CA	2	0.00096811	0.00048405	0.59	0.5601
K	2	0.00235646	0.00117823	1.45	0.2554
CA*K	4	0.00383646	0.00095911	1.18	0.3460

ANEXO 10.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FOSFATASE DO SOLO NO ANO 2003

Dependent Variable: Fos2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00332131	0.00030194	0.31	0.9762
Error	24	0.02329599	0.00097067		
Corrected Total	35	0.02661729			

R-Square Coeff Var Root MSE Fos2003 Mean
0.124780 3.174334 0.031156 0.981482

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00049695	0.00016565	0.17	0.9152
CA	2	0.00020665	0.00010333	0.11	0.8994
K	2	0.00180530	0.00090265	0.93	0.4083
CA*K	4	0.00081241	0.00020310	0.21	0.9308

ANEXO 10.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FOSFATASE DO SOLO NO ANO 2004

Dependent Variable: Fos2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00944086	0.00085826	1.24	0.3179
Error	24	0.01667466	0.00069478		
Corrected Total	35	0.02611552			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Fos2004 Mean
0.361504	2.918993	0.026359	0.903004

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00272195	0.00090732	1.31	0.2954
CA	2	0.00298972	0.00149486	2.15	0.1382
K	2	0.00265254	0.00132627	1.91	0.1701
CA*K	4	0.00107666	0.00026916	0.39	0.8155

ANEXO 10.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FOSFATASE DO SOLO NO ANO 2005

Dependent Variable: Fos2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.04516284	0.00410571	3.61	0.0041
Error	24	0.02727012	0.00113626		
Corrected Total	35	0.07243297			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Fos2005 Mean
0.623512	4.617625	0.033708	0.729994

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.03109066	0.01036355	9.12	0.0003
CA	2	0.00979138	0.00489569	4.31	0.0252
K	2	0.00096795	0.00048398	0.43	0.6580
CA*K	4	0.00331285	0.00082821	0.73	0.5810

ANEXO 10.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FOSFATASE DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: Fos2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00846114	0.00076919	3.32	0.0068
Error	24	0.00556447	0.00023185		
Corrected Total	35	0.01402560			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Fos2006 Mean
0.603264	1.582214	0.015227	0.962368

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00304160	0.00101387	4.37	0.0136
CA	2	0.00347439	0.00173720	7.49	0.0030
K	2	0.00051211	0.00025606	1.10	0.3477
CA*K	4	0.00143304	0.00035826	1.55	0.2211

ANEXO 11.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DEHIDROGENASE DO SOLO NO ANO 2001

Dependent Variable: Deh2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.06138535	0.00558049	1.22	0.3294
Error	24	0.11019468	0.00459144		
Corrected Total	35	0.17158002			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Deh2001 Mean
0.357765	26.40295	0.067760	0.256639

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.04800947	0.01600316	3.49	0.0313
CA	2	0.00349766	0.00174883	0.38	0.6873
K	2	0.00648939	0.00324470	0.71	0.5033
CA*K	4	0.00338883	0.00084721	0.18	0.9442

ANEXO 11.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DEHIDROGENASE DO SOLO NO ANO 2002

Dependent Variable: Deh2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.01943494	0.00176681	0.63	0.7857
Error	24	0.06728892	0.00280370		
Corrected Total	35	0.08672386			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Deh2002 Mean
0.224101	21.58169	0.052950	0.245347

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00289662	0.00096554	0.34	0.7935
CA	2	0.00065202	0.00032601	0.12	0.8907
K	2	0.00606076	0.00303038	1.08	0.3553
CA*K	4	0.00982554	0.00245639	0.88	0.4928

ANEXO 11.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DEHIDROGENASE DO SOLO NO ANO 2003

Dependent Variable: Deh2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.08770655	0.00797332	1.17	0.3593
Error	24	0.16415914	0.00683996		
Corrected Total	35	0.25186569			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Deh2003 Mean
0.348227	23.13465	0.082704	0.357490

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.01796960	0.00598987	0.88	0.4675
CA	2	0.04765475	0.02382738	3.48	0.0470
K	2	0.00762344	0.00381172	0.56	0.5800
CA*K	4	0.01445876	0.00361469	0.53	0.7159

ANEXO 11.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DEHIDROGENASE DO SOLO NO ANO 2004

Dependent Variable: Deh2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.03005182	0.00273198	0.62	0.7961
Error	24	0.10618197	0.00442425		
Corrected Total	35	0.13623380			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Deh2004 Mean
0.220590	32.95764	0.066515	0.201820

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.02192716	0.00730905	1.65	0.2039
CA	2	0.00102980	0.00051490	0.12	0.8906
K	2	0.00328489	0.00164245	0.37	0.6938
CA*K	4	0.00380997	0.00095249	0.22	0.9273

ANEXO 11.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DEHIDROGENASE DO SOLO NO ANO 2005

Dependent Variable: Deh2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.06793096	0.00617554	1.40	0.2347
Error	24	0.10567841	0.00440327		
Corrected Total	35	0.17360937			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Deh2005 Mean
0.391286	18.89889	0.066357	0.351116

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.05305470	0.01768490	4.02	0.0189
CA	2	0.00081085	0.00040542	0.09	0.9124
K	2	0.00841522	0.00420761	0.96	0.3987
CA*K	4	0.00565019	0.00141255	0.32	0.8612

ANEXO 11.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DEHIDROGENASE DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: Deh2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.03770740	0.00342795	0.77	0.6640
Error	24	0.10663299	0.00444304		
Corrected Total	35	0.14434039			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Deh2006 Mean
0.261239	28.75803	0.066656	0.231783

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.02999164	0.00999721	2.25	0.1084
CA	2	0.00199352	0.00099676	0.22	0.8007
K	2	0.00273831	0.00136916	0.31	0.7377
CA*K	4	0.00298392	0.00074598	0.17	0.9526

ANEXO 12.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA B-GLUCOSIDASE DO SOLO NO ANO 2001

Dependent Variable: BGlu2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.29225663	0.02656878	1.70	0.1341
Error	24	0.37518340	0.01563264		
Corrected Total	35	0.66744004			

R-Square 0.437877 Coeff Var 11.71864 Root MSE 0.125031 BGlu2001 Mean 1.066938

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.11068990	0.03689663	2.36	0.0967
CA	2	0.01663951	0.00831975	0.53	0.5941
K	2	0.09061486	0.04530743	2.90	0.0746
CA*K	4	0.07431237	0.01857809	1.19	0.3412

ANEXO 12.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA B-GLUCOSIDASE DO SOLO NO ANO 2002

Dependent Variable: BGlu2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.25309731	0.02300885	1.53	0.1864
Error	24	0.36192037	0.01508002		
Corrected Total	35	0.61501769			a

R-Square 0.411529 Coeff Var 9.539250 Root MSE 0.122801 BGlu2002 Mean 1.287320

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.06910879	0.02303626	1.53	0.2329
CA	2	0.03383174	0.01691587	1.12	0.3422
K	2	0.03628668	0.01814334	1.20	0.3177
CA*K	4	0.11387011	0.02846753	1.89	0.1453

ANEXO 12.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA B-GLUCOSIDASE DO SOLO NO ANO 2003

Dependent Variable: BGlu2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.34264889	0.03114990	1.21	0.3316
Error	24	0.61704097	0.02571004		
Corrected Total	35	0.95968987			

R-Square 0.357041 Coeff Var 12.35524 Root MSE 0.160344 BGlu2003 Mean 1.297777

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.17719214	0.05906405	2.30	0.1032
CA	2	0.05106576	0.02553288	0.99	0.3851
K	2	0.05487184	0.02743592	1.07	0.3598
CA*K	4	0.05951915	0.01487979	0.58	0.6808

ANEXO 12.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA B-GLUCOSIDASE DO SOLO NO

ANO 2004

Dependent Variable: BGlu2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.23240712	0.02112792	1.97	0.0805
Error	24	0.25790890	0.01074620		
Corrected Total	35	0.49031602			

R-Square Coeff Var Root MSE BGlu2004 Mean
0.473995 8.810572 0.103664 1.176585

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.09459219	0.03153073	2.93	0.0539
CA	2	0.06602127	0.03301063	3.07	0.0649
K	2	0.01107609	0.00553804	0.52	0.6038
CA*K	4	0.06071758	0.01517940	1.41	0.2600

ANEXO 12.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA B-GLUCOSIDASE DO SOLO NO ANO 2005

Dependent Variable: BGlu2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.17307644	0.01573422	1.96	0.0823
Error	24	0.19315141	0.00804798		
Corrected Total	35	0.36622786			

R-Square Coeff Var Root MSE BGlu2005 Mean
0.472592 8.942324 0.089711 1.003212

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.04633662	0.01544554	1.92	0.1534
CA	2	0.09042922	0.04521461	5.62	0.0100
K	2	0.00658651	0.00329326	0.41	0.6687
CA*K	4	0.02972409	0.00743102	0.92	0.4667

ANEXO 12.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA B-GLUCOSIDASE DO SOLO NO ANO 2006

Dependent Variable: BGlu2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.54652774	0.04968434	2.94	0.0132
Error	24	0.40585686	0.01691070		
Corrected Total	35	0.95238460			

R-Square Coeff Var Root MSE BGlu2006 Mean
0.573852 12.06389 0.130041 1.077937

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.09464326	0.03154775	1.87	0.1624
CA	2	0.31091484	0.15545742	9.19	0.0011
K	2	0.00117055	0.00058528	0.03	0.9660
CA*K	4	0.13979909	0.03494977	2.07	0.1168

ANEXO 13.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DBH NO ANO 2001

Dependent Variable: DBH2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	5.01679125	0.45607193	1.73	0.1266
Error	24	6.32785267	0.26366053		
Corrected Total	35	11.34464392			

R-Square Coeff Var Root MSE DBH Mean
 0.442217 6.188903 0.513479 8.296766

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.24126928	0.08042309	0.31	0.8215
CA	2	3.81935833	1.90967916	7.24	0.0035
K	2	0.09864826	0.04932413	0.19	0.8306
CA*K	4	0.85751538	0.21437884	0.81	0.5293

ANEXO 13.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DBH NO ANO 2002

Dependent Variable: DBH2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	5.01679125	0.45607193	1.73	0.1266
Error	24	6.32785267	0.26366053		
Corrected Total	35	11.34464392			

R-Square Coeff Var Root MSE DBH Mean
 0.442217 6.188903 0.513479 8.296766

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.24126928	0.08042309	0.31	0.8215
CA	2	3.81935833	1.90967916	7.24	0.0035
K	2	0.09864826	0.04932413	0.19	0.8306
CA*K	4	0.85751538	0.21437884	0.81	0.5293

ANEXO 13.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DBH NO ANO 2003

Dependent Variable: DBH2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	6.58042683	0.59822062	2.34	0.0398
Error	24	6.14468821	0.25602868		
Corrected Total	35	12.72511504			

R-Square Coeff Var Root MSE DBH Mean
 0.517121 4.009369 0.505993 12.62026

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.18099320	0.06033107	0.24	0.8706
CA	2	5.05291844	2.52645922	9.87	0.0007
K	2	0.12124252	0.06062126	0.24	0.7910
CA*K	4	1.22527266	0.30631817	1.20	0.3379

ANEXO 13.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DBH NO ANO 2004

Dependent Variable: DBH2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	6.89144598	0.62649509	1.85	0.1002
Error	24	8.11913390	0.33829725		
Corrected Total	35	15.01057988			

R-Square Coeff Var Root MSE DBH Mean
0.459106 3.647299 0.581633 15.94696

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.16255747	0.05418582	0.16	0.9221
CA	2	4.92110422	2.46055211	7.27	0.0034
K	2	0.41715771	0.20857885	0.62	0.5481
CA*K	4	1.39062658	0.34765665	1.03	0.4132

ANEXO 13.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DBH NO ANO 2005

Dependent Variable: DBH2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	7.52197688	0.68381608	1.72	0.1298
Error	24	9.56112102	0.39838004		
Corrected Total	35	17.08309790			

R-Square Coeff Var Root MSE DBH Mean
0.440317 3.398533 0.631174 18.57194

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.36671705	0.12223902	0.31	0.8202
CA	2	4.70481544	2.35240772	5.90	0.0082
K	2	0.80341357	0.40170679	1.01	0.3798
CA*K	4	1.64703082	0.41175770	1.03	0.4103

ANEXO 13.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DBH NO ANO 2006

Dependent Variable: DBH2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	8.51046583	0.77367871	1.88	0.0947
Error	24	9.86802256	0.41116761		
Corrected Total	35	18.37848839			

R-Square Coeff Var Root MSE DBH Mean
0.463067 3.228626 0.641224 19.86057

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.70207926	0.23402642	0.57	0.6407
CA	2	5.02217848	2.51108924	6.11	0.0072
K	2	1.07493899	0.53746950	1.31	0.2892
CA*K	4	1.71126910	0.42781728	1.04	0.4070

ANEXO 13.7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DBH ANO 2007

Dependent Variable: DBH2007

Sum of

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	9.27512579	0.84319325	1.68	0.1391
Error	24	12.04275810	0.50178159		
Corrected Total	35	21.31788389			

R-Square Coeff Var Root MSE DBH Mean
0.435087 3.367969 0.708365 21.03242

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.88555217	0.29518406	0.59	0.6286
CA	2	4.73204380	2.36602190	4.72	0.0187
K	2	1.28869841	0.64434920	1.28	0.2952
CA*K	4	2.36883141	0.59220785	1.18	0.3446

ANEXO 14.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA TOTAL ANO 2001

Dependent Variable: ALT2001

SOURCE	DF	Sum of SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F
Model	11	0.83229216	0.07566292	1.25	0.3098
Error	24	1.45293777	0.06053907		
Corrected Total	35	2.28522993			

R-Square Coeff Var Root MSE ALT Mean
0.364205 4.953389 0.246047 4.967244

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.01549007	0.00516336	0.09	0.9674
CA	2	0.61469594	0.30734797	5.08	0.0145
K	2	0.01758403	0.00879201	0.15	0.8656
CA*K	4	0.18452212	0.04613053	0.76	0.5603

ANEXO 14.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA TOTAL NO ANO 2002

Dependent Variable: ALT2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.83229216	0.07566292	1.25	0.3098
Error	24	1.45293777	0.06053907		
Corrected Total	35	2.28522993			

R-Square Coeff Var Root MSE ALT Mean
0.364205 4.953389 0.246047 4.967244

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.01549007	0.00516336	0.09	0.9674
CA	2	0.61469594	0.30734797	5.08	0.0145
K	2	0.01758403	0.00879201	0.15	0.8656
CA*K	4	0.18452212	0.04613053	0.76	0.5603

ANEXO 14.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA TOTAL NO ANO 2003

Dependent Variable: ALT2003

Sum of

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1.11294321	0.10117666	1.13	0.3813
Error	24	2.14635335	0.08943139		
Corrected Total	35	3.25929656			

R-Square Coeff Var Root MSE ALT Mean
0.341467 4.177641 0.299051 7.158366

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.05284084	0.01761361	0.20	0.8974
CA	2	0.74152285	0.37076142	4.15	0.0284
K	2	0.04711368	0.02355684	0.26	0.7706
CA*K	4	0.27146584	0.06786646	0.76	0.5622

ANEXO 14.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA TOTAL NO ANO 2004

Dependent Variable: ALT2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1.74764520	0.15887684	0.91	0.5478
Error	24	4.20123271	0.17505136		
Corrected Total	35	5.94887791			

R-Square Coeff Var Root MSE ALT Mean
0.293777 4.618959 0.418391 9.058132

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.01260961	0.00420320	0.02	0.9948
CA	2	1.20837738	0.60418869	3.45	0.0481
K	2	0.11735687	0.05867843	0.34	0.7185
CA*K	4	0.40930134	0.10232534	0.58	0.6768

ANEXO 14.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA TOTAL NO ANO 2005

Dependent Variable: ALT2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	2.20967730	0.20087975	1.28	0.2939
Error	24	3.76855386	0.15702308		
Corrected Total	35	5.97823116			

R-Square Coeff Var Root MSE ALT Mean
0.369621 3.650748 0.396261 10.85425

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.05790770	0.01930257	0.12	0.9457
CA	2	1.55881536	0.77940768	4.96	0.0157
K	2	0.19650208	0.09825104	0.63	0.5434
CA*K	4	0.39645216	0.09911304	0.63	0.6450

ANEXO 14.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA TOTAL NO ANO 2006

Dependent Variable: ALT2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------------	-------------	---------	--------

Model	11	3.06957825	0.27905257	1.36	0.2553
Error	24	4.93601408	0.20566725		
Corrected Total	35	8.00559232			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALT Mean
0.383429	3.624645	0.453506	12.51172

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.15807061	0.05269020	0.26	0.8562
CA	2	1.97597798	0.98798899	4.80	0.0176
K	2	0.27730865	0.13865432	0.67	0.5190
CA*K	4	0.65822101	0.16455525	0.80	0.5370

ANEXO 14.7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA TOTAL NO ANO 2007

Dependent Variable: ALT2007

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	4.63502318	0.42136574	1.22	0.3255
Error	24	8.27535779	0.34480657		
Corrected Total	35	12.91038096			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ALT Mean
0.359015	4.017443	0.587202	14.61632

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.51872822	0.17290941	0.50	0.6848
CA	2	2.97116815	1.48558408	4.31	0.0252
K	2	0.45739163	0.22869582	0.66	0.5244
CA*K	4	0.68773517	0.17193379	0.50	0.7369

ANEXO 15.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME TOTAL NO ANO 2001

Dependent Variable: TOTALVOL_HA2001

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	195.3878305	17.7625300	1.45	0.2159
Error	24	294.5531956	12.2730498		
Corrected Total	35	489.9410261			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	TOTALVOL_HA Mean
0.398799	17.24801	3.503291	20.31128

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	8.0617921	2.6872640	0.22	0.8823
CA	2	139.6834777	69.8417389	5.69	0.0095
K	2	1.1440032	0.5720016	0.05	0.9545
CA*K	4	46.4985575	11.6246394	0.95	0.4540

ANEXO 15.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME TOTAL NO ANO 2002

Dependent Variable: TOTALVOL_HA2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	195.3878305	17.7625300	1.45	0.2159

Error	24	294.5531956	12.2730498
Corrected Total	35	489.9410261	

R-Square	Coeff Var	Root MSE	TOTALVOL_HA Mean
0.398799	17.24801	3.503291	20.31128

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	8.0617921	2.6872640	0.22	0.8823
CA	2	139.6834777	69.8417389	5.69	0.0095
K	2	1.1440032	0.5720016	0.05	0.9545

ANEXO 15.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME TOTAL NO ANO 2003

Dependent Variable: TOTALVOL_HA2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1309.373637	119.033967	1.63	0.1522
Error	24	1749.477105	72.894879		
Corrected Total	35	3058.850742			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	TOTALVOL_HA Mean
0.428061	13.05864	8.537850	65.38085

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	68.9564356	22.9854785	0.32	0.8141
CA	2	889.4998712	444.7499356	6.10	0.0072
K	2	14.5856873	7.2928436	0.10	0.9052
CA*K	4	336.3316429	84.0829107	1.15	0.3558

ANEXO 15.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME TOTAL NO ANO 2004

Dependent Variable: TOTALVOL_HA2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	3950.77415	359.16129	1.40	0.2339
Error	24	6138.35504	255.76479		
Corrected Total	35	10089.12919			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	TOTALVOL_HA Mean
0.391587	12.25165	15.99265	130.5346

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	194.183828	64.727943	0.25	0.8584
CA	2	2543.309209	1271.654604	4.97	0.0156
K	2	207.647502	103.823751	0.41	0.6708
CA*K	4	1005.633613	251.408403	0.98	0.4355

ANEXO 15.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME TOTAL NO ANO 2005

Dependent Variable: TOTALVOL_HA2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	8391.99334	762.90849	1.52	0.1883

Error	24	12042.42106	501.76754
Corrected Total	35	20434.41440	

R-Square	Coeff Var	Root MSE	TOTALVOL_HA Mean
0.410679	10.66884	22.40017	209.9588

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	629.003217	209.667739	0.42	0.7418
CA	2	5259.916075	2629.958038	5.24	0.0129
K	2	618.117233	309.058616	0.62	0.5485
CA*K	4	1884.956817	471.239204	0.94	0.4583

ANEXO 15.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME TOTAL NO ANO 2006

Dependent Variable: TOTALVOL_HA2006

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	13299.06563	1209.00597	1.51	0.1936
Error	24	19270.74814	802.94784		
Corrected Total	35	32569.81377			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	TOTALVOL_HA Mean
0.408325	10.33192	28.33633	274.2600

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	1132.305641	377.435214	0.47	0.7059
CA	2	7742.082235	3871.041117	4.82	0.0174
K	2	1183.550463	591.775232	0.74	0.4891
CA*K	4	3241.127293	810.281823	1.01	0.4223

ANEXO 15.7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME TOTAL NO ANO 2007

Dependent Variable: TOTALVOL_HA2007

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	21656.83685	1968.80335	1.41	0.2334
Error	24	33623.73171	1400.98882		
Corrected Total	35	55280.56856			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	TOTALVOL_HA Mean
0.391762	10.48273	37.42979	357.0614

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	2141.97277	713.99092	0.51	0.6794
CA	2	12393.50981	6196.75490	4.42	0.0232
K	2	1920.79452	960.39726	0.69	0.5134
CA*K	4	5200.55976	1300.13994	0.93	0.4642

ANEXO 16.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Ca FOLIAR NO ANO 2002

Dependent Variable: Ca2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.15700492	0.01427317	3.21	0.0082

Error	24	0.10686438	0.00445268
Corrected Total	35	0.26386931	

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ca2002 Mean
0.595010	20.58168	0.066728	0.324213

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.02273001	0.00757667	1.70	0.1934
CA	2	0.11786147	0.05893074	13.23	0.0001
K	2	0.01058285	0.00529142	1.19	0.3220
CA*K	4	0.00583059	0.00145765	0.33	0.8568

ANEXO 16.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Ca FOLIAR NO ANO 2003

Dependent Variable: Ca2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.16042522	0.01458411	2.63	0.0230
Error	24	0.13299902	0.00554163		
Corrected Total	35	0.29342424			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ca2003 Mean
0.546735	21.75393	0.074442	0.342201

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00574831	0.00191610	0.35	0.7925
CA	2	0.09406421	0.04703211	8.49	0.0016
K	2	0.00331819	0.00165909	0.30	0.7440
CA*K	4	0.05729451	0.01432363	2.58	0.0627

ANEXO 16.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Ca FOLIAR NO ANO 2004

Dependent Variable: Ca2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.18529703	0.01684518	3.30	0.0070
Error	24	0.12268042	0.00511168		
Corrected Total	35	0.30797745			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ca2004 Mean
0.601658	25.03575	0.071496	0.285576

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.03096045	0.01032015	2.02	0.1381
CA	2	0.13299457	0.06649729	13.01	0.0001
K	2	0.01350201	0.00675100	1.32	0.2857
CA*K	4	0.00783999	0.00196000	0.38	0.8183

ANEXO 16.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA Ca FOLIAR NO ANO 2005

Dependent Variable: Ca2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.10980842	0.00998258	4.35	0.0013

Error	24	0.05503667	0.00229319		
Corrected Total	35	0.16484509			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ca2005 Mean	
	0.666131	20.03606	0.047887	0.239006	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.01876011	0.00625337	2.73	0.0664
CA	2	0.06390660	0.03195330	13.93	<.0001
K	2	0.02437484	0.01218742	5.31	0.0123
CA*K	4	0.00276687	0.00069172	0.30	0.8740

ANEXO 17.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA N FOLIAR NO ANO 2002

Dependent Variable: N2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.09955156	0.00905014	0.73	0.6976
Error	24	0.29627813	0.01234492		
Corrected Total	35	0.39582969			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	N2002 Mean	
	0.251501	6.988822	0.111108	1.589792	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.05782969	0.01927656	1.56	0.2246
CA	2	0.02746250	0.01373125	1.11	0.3452
K	2	0.01003437	0.00501719	0.41	0.6705
CA*K	4	0.00422500	0.00105625	0.09	0.9861

ANEXO 17.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA N FOLIAR NO ANO 2003

Dependent Variable: N2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.09752400	0.00886582	0.95	0.5108
Error	24	0.22323600	0.00930150		
Corrected Total	35	0.32076000			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	N2003 Mean	
	0.304040	5.855755	0.096444	1.647000	
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.02608200	0.00869400	0.93	0.4392
CA	2	0.01178550	0.00589275	0.63	0.5394
K	2	0.00814050	0.00407025	0.44	0.6506
CA*K	4	0.05151600	0.01287900	1.38	0.2690

ANEXO 17.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA N FOLIAR NO ANO 2004

Dependent Variable: N2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------------	-------------	---------	--------

Model	11	1.11787154	0.10162469	25.05	<.0001
Error	24	0.09736991	0.00405708		
Corrected Total	35	1.21524145			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	N2004 Mean
0.919876	4.973115	0.063695	1.280791

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00716076	0.00238692	0.59	0.6286
CA	2	0.69679810	0.34839905	85.87	<.0001
K	2	0.05052765	0.02526382	6.23	0.0066
CA*K	4	0.36338504	0.09084626	22.39	<.0001

ANEXO 17.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA N FOLIAR NO ANO 2005

Dependent Variable: N2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.31569025	0.02869911	11.19	<.0001
Error	24	0.06152942	0.00256373		
Corrected Total	35	0.37721968			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	N2005 Mean
0.836887	2.959352	0.050633	1.710957

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00718885	0.00239628	0.93	0.4392
CA	2	0.10052932	0.05026466	19.61	<.0001
K	2	0.05638923	0.02819462	11.00	0.0004
CA*K	4	0.15158285	0.03789571	14.78	<.0001

ANEXO 18.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA K FOLIAR NO ANO 2002

Dependent Variable: K2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	2.33202621	0.21200238	1.64	0.1493
Error	24	3.09660300	0.12902512		
Corrected Total	35	5.42862920			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	K2002 Mean
0.429579	49.22590	0.359201	0.729699

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	1.18955245	0.39651748	3.07	0.0469
CA	2	0.57156793	0.28578396	2.21	0.1310
K	2	0.05821262	0.02910631	0.23	0.7997
CA*K	4	0.51269321	0.12817330	0.99	0.4302

ANEXO 18.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA K FOLIAR NO ANO 2003

Dependent Variable: K2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.07288315	0.00662574	1.43	0.2245
Error	24	0.11149067	0.00464544		

Corrected Total	35	0.18437382			a
-----------------	----	------------	--	--	---

R-Square	Coeff Var	Root MSE	K2003 Mean
0.395301	17.43630	0.068157	0.390894

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.02728409	0.00909470	1.96	0.1473
CA	2	0.00970158	0.00485079	1.04	0.3674
K	2	0.00861527	0.00430763	0.93	0.4093
CA*K	4	0.02728222	0.00682055	1.47	0.2429

ANEXO 18.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA K FOLIAR NO ANO 2004

Dependent Variable: K2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.07651153	0.00695559	0.75	0.6845
Error	24	0.22314126	0.00929755		
Corrected Total	35	0.29965279			a

R-Square	Coeff Var	Root MSE	K2004 Mean
0.255334	22.47183	0.096424	0.429088

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.04455677	0.01485226	1.60	0.2161
CA	2	0.00704748	0.00352374	0.38	0.6886
K	2	0.01321351	0.00660676	0.71	0.5014
CA*K	4	0.01169377	0.00292344	0.31	0.8655

ANEXO 18.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA K FOLIAR NO ANO 2005

Dependent Variable: K2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.08860575	0.00805507	0.69	0.7381
Error	24	0.28166573	0.01173607		
Corrected Total	35	0.37027147			a

R-Square	Coeff Var	Root MSE	K2005 Mean
0.239299	25.00332	0.108333	0.433275

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.03193498	0.01064499	0.91	0.4523
CA	2	0.02055163	0.01027581	0.88	0.4295
K	2	0.00382371	0.00191186	0.16	0.8506
CA*K	4	0.03229542	0.00807386	0.69	0.6074

ANEXO 19.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA P FOLIAR NO ANO 2002

Dependent Variable: P2002

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00335819	0.00030529	1.44	0.2193
Error	24	0.00509190	0.00021216		

Corrected Total	35	0.00845009			a
-----------------	----	------------	--	--	---

R-Square	Coeff Var	Root MSE	P2002 Mean
0.397415	12.11299	0.014566	0.120249

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00136268	0.00045423	2.14	0.1215
TRT	8	0.00199551	0.00024944	1.18	0.3534

ANEXO 19.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA P FOLIAR NO ANO 2003

Dependent Variable: P2003

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00059048	0.00005368	1.97	0.0801
Error	24	0.00065440	0.00002727		
Corrected Total	35	0.00124488			a

R-Square	Coeff Var	Root MSE	P2003 Mean
0.474325	4.350855	0.005222	0.120017

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00008312	0.00002771	1.02	0.4029
TRT	8	0.00050736	0.00006342	2.33	0.0525

ANEXO 19.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA P FOLIAR NO ANO 2004

Dependent Variable: P2004

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.02588015	0.00235274	0.48	0.8957
Error	24	0.11691159	0.00487132		
Corrected Total	35	0.14279174			a

R-Square	Coeff Var	Root MSE	P2004 Mean
0.181244	37.57980	0.069795	0.185724

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLK	3	0.00767231	0.00255744	0.52	0.6693
TRT	8	0.01820784	0.00227598	0.47	0.8670

ANEXO 19.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA P FOLIAR NO ANO 2005

Dependent Variable: P2005

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	0.00792304	0.00072028	0.56	0.8433
Error	24	0.03099596	0.00129150		

Corrected Total	35	0.03891900				
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	P2005 Mean		
	0.203578	20.74720	0.035937	0.173216		
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
BLK	3	0.00216514	0.00072171	0.56	0.6473	
TRT	8	0.00575790	0.00071974	0.56	0.8016	