

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

CEDINARA ARRUDA SANTANA MORALES

RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO COM A PRODUTIVIDADE
DE *Pinus taeda*.

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Dr. Jackson Adriano Albuquerque
Co-orientador: Jaime Antonio de Almeida

LAGES – SC

2007

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

MORALES, CEDINARA ARRUDA SANTANA

Relação entre atributos do solo com a produtividade de *Pinus taeda* /
Cedinara Arruda Santana Morales –
Lages, 2007. 133 p.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias
/ UDESC.

1. *Pinus taeda*
2. Produtividade florestal.
3. Física do solo.
4. Química do solo. I. Título.

CDD – 631.43

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO**

CEDINARA ARRUDA SANTANA MORALES

Engenheira Florestal – UFSM

**RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS DO SOLO COM A PRODUTIVIDADE DE
*Pinus taeda.***

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Aprovado em:
Pela Banca Examinadora:

Homologado em:

JACKSON ADRIANO ALBUQUERQUE

Orientador – Prof. Dr. Física do Solo

JAIME ANTÔNIO DE ALMEIDA

Prof. Dr. Gênese e Mineralogia do Solo

DJALMA MILER CHAVES

Dr. Química do Solo - Pesquisador da Klabin S.A.

Dr. OSMAR KLAUBERG FILHO
Coordenador Técnico do Curso de

Mestrado em Ciência do Solo.

Coordenador Técnico do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia –
UDESC/Lages – SC.

ADIL KNACKFUSS VAZ, PhD

Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias.

LAGES
Santa Catarina – Brasil
2007

Aos meus pais, Enio Santana e Dimar Arruda
Santana, com todo o amor.

Dedico

Ao meu esposo Bruno Pimentel Morales, com
carinho.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Deus por guiar meus passos dando-me a força necessária.

À UDESC como instituição de ensino gratuito e de qualidade e pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Jackson Adriano Albuquerque pela valiosa orientação, dedicação, apoio científico, pelo incentivo e amizade construída neste percurso.

Ao professor Dr. Jaime Antonio de Almeida pelo valioso apoio científico e nas atividades de campo.

Ao James Stahl pela amizade, incentivo e apoio nas atividades de campo.

Ao Dr. Djalma Miler Chaves pelo apoio científico e pelas sugestões.

Aos professores PPG Ciência do Solo pela atenção ao longo do Curso.

Aos estudantes de graduação em Engenharia Florestal Jacson Marcelo Marangoni, Laís Cristina Roani e Aurélio Lourenço Rodrigues pela amizade e pelo auxílio na coleta e execução das análises.

À KLABIN S/A, pelo financiamento do projeto e apoio na realização das coletas.

Aos colegas do Curso de do PPGCS (Lisiane das Neves, Alinne Silva, Tatiana Arruda, Diego, Maurício (Batata), Jerusa, César Arruda, João Carlos Medeiros, Elaine Bornhausen, Jaqueline Dalla Rosa, Claudinei Kurts) pelo convívio.

Aos amigos funcionários do CAV: Fátima, Fernando, Leandro, Alcir.

Aos meus familiares que embora à distância sempre me incentivaram a seguir em frente.

A todos aqueles que direta ou indiretamente auxiliaram neste trabalho.

RESUMO

A demanda por árvores no setor de celulose e papel é muito grande e o reflorestamento é a principal fonte deste recurso renovável. A produtividade é dependente de fatores genéticos, climáticos, edáficos e fisiográficos. O presente estudo objetiva determinar as características e propriedades de solos em diferentes sítios e avaliar a relação destas com parâmetros dendrométricos e produtividade de *Pinus taeda*. Foram selecionados sítios de alta e baixa produtividade em diferentes classes de solos. Os solos foram analisados quanto aos principais atributos químicos e físicos, os quais foram relacionados com parâmetros dendrométricos e o estado nutricional das árvores. A produtividade foi dependente dos atributos químicos e físicos do solo. A densidade do solo, sua resistência à penetração e principalmente sua espessura, foram os principais atributos físicos que afetaram o crescimento das árvores. As concentrações de K, Ca e Mg e a soma de bases foram os atributos químicos que mais se relacionaram com o crescimento. A análise do tecido foliar não esclareceu as diferenças na produtividade do *Pinus taeda*, pois os sítios mais produtivos não tiveram relação com a concentração de nutrientes no tecido. A produtividade do *Pinus taeda* é muito dependente dos atributos do solo e esses devem ser considerados quando da escolha de áreas para o plantio florestal, ou, as restrições ao crescimento devem ser corrigidas para obter maior produtividade nas áreas de plantio.

Palavras chave: Qualidade do solo. Atributos físicos e químicos do solo. Manejo florestal.

ABSTRACT

Nowadays there is a widely demand for trees in the cellulose and paper sector so the reforestation is the main source of this renewable resource. The productivity depends on some factors such genetic, climate, soil and physiographic. The present study aims to determine the soil characteristics and properties in different growth sites and to evaluate its relationship with dendrometric parameters and productivity of *Pinus taeda*. It had been selected high and low productivity sites in different soil classes. The soils had been analyzed upon the main chemical and physical attributes, which were related with dendrometric parameters and nutritional status of the trees. The productivity depends on the chemical and physical properties of soil. The soil density, soil penetration resistance and mainly its thickness had been the main variables that affected the trees growth. The amounts of K, Ca and Mg and the sum of bases were the chemical variables most related to the growth. The foliate analysis didn't explain the differences in the productivity of *Pinus taeda*, because the most productive sites didn't have relationship with the leaf nutrient concentration. The productivity of *Pinus taeda* is very dependent of soil attributes and those should be considered when choosing areas for the forest planting, or the restrictions to the growth should be corrected to obtain larger productivity in planting areas.

KEYWORDS: Soil quality. Physical and chemical properties of soil. Forest management.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Fazenda, localidade, tipo de solo e produtividades do sítio florestal em oito sítios do Planalto Catarinense selecionados para o estudo. _____ 33
- Tabela 2.** Resultado da análise estatística da quantidade de areia, silte, argila, grau de floculação (GF), silte/argila, densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade, microporosidade, resistência a penetração (RP), água disponível (AD), umidade gravimétrica (Ug) e umidade volumétrica (Uv) nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horiz. A e *Solum* (A+B) no P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt). _____ 54
- Tabela 3.** Coeficiente de correlação (r) entre os parâmetros dendrométricos do *Pinus taeda* com a quantidade de silte, grau de floculação (GF), relação silte-argila, resistência a penetração (RP) e água disponível (AD), nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horiz. A e *Solum* (A+B) no P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt). _____ 55
- Tabela 4.** Resultado da análise estatística do pH (H₂O, SMP, KCL), dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (k), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), hidrogênio (H), soma de bases (SB), saturação por alumínio (M), saturação por sódio (ST) e cálcio mais magnésio (Ca+Mg) nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horiz. A e *Solum* (A+B) no P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e no P8 (CHdt). _____ 63
- Tabela 5.** Resultado da análise estatística das quantidades médias de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (k), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), alumínio (Al) e matéria orgânica (MO) nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horiz. A e *Solum* (A+B) no P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e no P8 (CHdt). _____ 64
- Tabela 6.** Coeficiente de correlação (r) entre os atributos químicos relativos do solo e as variáveis dendrométricas de *Pinus taeda* aos 6 anos de idade. _____ 66
- Tabela 7.** Coeficiente de correlação (r) entre as quantidades de elementos químicos em cada camada e nos horizontes A e A mais B com as variáveis dendrométricas de *Pinus taeda* aos 6 anos de idade. _____ 67

- Tabela 8.** Coeficiente de correlação (r) entre os atributos químicos absolutos do solo e as teores de nutrientes nas acículas do *Pinus taeda* aos 6 anos de idade. _____ 69
- Tabela 9.** Teores de macro e micronutrientes foliares para *Pinus taeda* apresentados como uma faiz adequada para as fontes A, B e E e teores críticos para as fontes C e D.71
- Tabela 10.** Concentração média de nutrientes no tecido foliar do *Pinus taeda*, aos 6 anos de idade, em 8 sítios e a média dos quatro sítios com alta e baixa produtividade. 71
- Tabela 11.** Coeficientes de correlação (r) entre os teores de nutrientes foliares e as variáveis de produtividade do *Pinus taeda* aos 6 anos de idade. _____ 73
- Tabela 12.** Concentração média de nutrientes acumulados na serapilheira de povoamentos de *Pinus taeda*, aos 6 anos de idade, em diferentes sítios. _____ 75
- Tabela 13.** Quantidades totais de nutrientes acumulados na serapilheira de um povoamento de *Pinus taeda*, aos 6 anos de idade, em diferentes sítios. _____ 77
- Tabela 14.** Coeficiente de correlação (r) entre as quantidades de nutrientes contidas na serapilheira e as variáveis de produtividade do *Pinus taeda* aos 6 anos de idade.77

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização das áreas no Planalto Catarinense com a indicação das fazendas (FL275, FL296, FL212 e FL372). _____ 32
- Figura 2.** Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total de cada horizonte nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat) e P4 (CHat). _____ 47
- Figura 3.** Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total de cada horizonte nos perfis P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt). _____ 48
- Figura 4.** Variação da água disponível em cada horizonte nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat) e P4 (CHat). _____ 50
- Figura 5.** Variação da água disponível em cada horizonte nos perfis P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt). _____ 51
- Figura 6.** Resistência à penetração nos horizontes dos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat) e P4 (CHat) (Figura A); P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt) (Figura B). _____ 52
- Figura 7.** CTC_{pH7} nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt). _____ 59
- Figura 8.** Saturação por bases (V %) em cada horizonte nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt) _____ 61
- Figura 9.** Teores de matéria orgânica (g kg⁻¹) em cada horizonte nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt) _____ 61

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
1.1. ESPÉCIE	15
1.2. SÍTIO	16
1.3. FATORES DO AMBIENTE QUE AFETAM O CRESCIMENTO	17
1.3.1 Material de origem	17
1.3.2 Clima	19
1.3.3 Topografia	20
1.3.4 Solo	20
1.4. ANÁLISE NUTRICIONAL DAS ACÍCULAS	29
1.5. SERAPILHEIRA	30
2. MATERIAL E MÉTODOS	32
2.1. DESCRIÇÃO FISIOGEOGRÁFICA DA REGIÃO	32
2.2. A EMPRESA	33
2.3. LOCALIDADES	34
2.3.1 Alfredo Wagner	34
2.3.2 Bocaina do Sul	34
2.3.3 Otacílio Costa	34
2.3.4 Palmeira/Ponte Alta	35
2.4. AMOSTRAGENS E INVENTÁRIO FLORESTAL	35
2.5. DETERMINAÇÕES	36
2.5.1 Análises químicas do solo	36
2.5.2 Análises físicas do solo	37
2.5.3 Análises químicas das acículas e serapilheira	38
2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.1. DESCRIÇÃO GERAL DOS SOLOS	40
3.1.1 Sítio 1: Nitossolo Vermelho Alumínico Húmico - (NVah)	40
3.1.2 Sítio 2: Neossolo Litólico Húmico Típico - (NLht)	41
3.1.3 Sítio 3: Cambissolo Húmico Alumínico Típico - (CHat)	41
3.1.4 Sítio 4: Cambissolo Húmico Alumínico Típico - (CHat)	42
3.1.5 Sítio 5: Cambissolo Húmico Alumínico Típico- (CHat)	43

3.1.6 Sítio 6: Cambissolo Háplico Alítico Típico (Sômbrico) - (CXalt _s)	43
3.1.7 Sítio 7: Gleissolo Háplico Alítico Típico (Cripto Gleissolo) - (GXalt)	44
3.1.8 Sítio 8: Cambissolo Húmico Distrófico Típico – (CHdt)	44
3.2. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	45
3.2.1 Densidade e porosidade do solo	45
3.2.2 Água disponível	49
3.2.3 Resistência à penetração	51
3.2.4 Correlação entre os atributos físicos do solo e as variáveis de produtividade do <i>Pinus taeda</i> .	55
3.3. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	56
3.4. RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO COM A PRODUTIVIDADE DO <i>Pinus taeda</i> .	64
3.4.1 Coeficiente de correlação entre os atributos químicos absolutos do solo e os teores de nutrientes nas acículas do <i>Pinus taeda</i> aos 6 anos de idade.	67
3.5. NUTRIENTES NAS ACÍCULAS	70
3.5.1 Relação dos teores de nutrientes foliares com a produtividade do <i>Pinus</i>	73
3.6. NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA	74
CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	79
ANEXOS	96

INTRODUÇÃO

Um dos desafios da humanidade é aumentar a oferta de produtos para suprir às previsões de crescimento da população mundial. Por isso a indústria de celulose e papel do Brasil deve ser competitiva nacional e internacionalmente, primando cada vez mais pelo aumento da produtividade e melhoria de seus produtos. Por outro lado, a sociedade moderna, cada vez mais participativa, cobra formas de produção mais harmoniosas com o meio ambiente. Por isso, as pesquisas florestais buscam a identificação e a qualificação das potencialidades e das fragilidades dos sítios florestais, através de critérios e indicadores de sustentabilidade, os quais necessitam de definições técnicas e científicas que precisam ser continuamente estudadas. Esses critérios e indicadores ainda não estão bem definidos, portanto é necessária a continuidade dos estudos para relacioná-los com a produtividade dos sítios.

A prática de uma silvicultura sustentável requer um adequado aproveitamento do solo. Sua utilização deve ser de acordo com a sua capacidade de uso, que leva em conta a qualidade do solo.

Os principais determinantes ambientais da produtividade florestal são: o clima, a fisiografia e o solo. Quando os fatores climáticos e fisiográficos se mantêm constantes, mediante procedimento adequado de estratificação, o solo é o fator que tem relação com o crescimento da floresta (RALSTON, 1967). Assim, a determinação das propriedades químicas e físicas do solo são fatores básicos na condução de povoamentos e planejamento da produção de uma empresa florestal. As relações hipsométricas, ou seja, as funções relacionadas ao diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total da árvore, são bastante sensíveis às variações de sítio tornando-se imprescindível a sua caracterização.

O conhecimento da capacidade produtiva dos sítios tem grande importância, pois interfere no dimensionamento e na viabilidade de projetos florestais. Além disso, o conhecimento dos atributos do solo fornece referência para o diagnóstico e a prescrição do manejo e conservação do solo. Em síntese, a estimativa da produtividade do sítio e seu

mapeamento identificam as probabilidades e riscos para o manejo de florestas, servindo como base para o planejamento de curto e longo prazo, seja local ou regional (SCOLFORO, 1992).

Diante dessa realidade, com a valorização da madeira de *Pinus* sp. e a crescente necessidade de expansão da área plantada, a avaliação dos atributos do solo e das técnicas de manejo são pré-requisitos indispensáveis para melhorar a produtividade florestal e preservar a qualidade do meio ambiente.

O presente estudo objetiva determinar as características e propriedades dos solos em diferentes sítios de crescimento e avaliar a relação desses com parâmetros dendrométricos e a produtividade de *Pinus taeda*.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. ESPÉCIE

O gênero *Pinus* é o mais antigo da família Pinaceae, tendo surgido há aproximadamente 180 milhões de anos. Existem mais de cem espécies pertencentes a esse gênero e ocupam as regiões temperadas e tropicais (FPL, 1988). Ocorre naturalmente do sul dos Estados Unidos e se estende desde os Estados de Nova Jersey e Delaware em direção ao sul até a região central do Estado da Flórida, ao oeste até o leste do Estado do Texas e vale do Rio Mississippi ao extremo sudeste de Oklahoma, Arkansas central e sul do Estado do Tennessee (USDA FOREST SERVICE, 2000).

Pinus taeda L. é conhecido popularmente por pinheiro-amarelo, pinheiro-rabo-de-raposa, pinheiro do banhado, pinus e pinus-americano. As árvores podem atingir de 25 a 30 metros de altura, tem tronco de casca marrom-avermelhado, fendida com cristas escamosas. Acículas em número de três por fascículo, rijas, finas, agudas, com margens finamente denteadas, torcidas e persistentes. Frutos (cone) laterais ou quase terminais, decíduos, quase sésseis, de escamas alongadas com uma saliência transversal e um espinho triangular recurvado no ápice. Sementes aladas de cor marrom-escura, manchadas de preto. É semelhante ao *Pinus elliottii* Engelm, diferindo principalmente pela seção transversal triangular das acículas, as quais são também mais curtas e mais escuras e pelos cones que são quase sésseis e acinzentados (LORENZI et al., 2003). A madeira é indicada para construções, móveis e caixotaria; os traqueóides são longos e adequados para a fabricação de papel (MARCHIORI, 1996).

É uma espécie considerada de baixa exigência nutricional (PRITCHETT & ZWINFORD, 1961) e a ausência de sintomas de deficiências, particularmente nas primeiras rotações, propiciou a idéia que esta espécie, assim como o gênero *Pinus*, dispensaria a prática de fertilização mineral. REISSMANN & WISNIEWSKI (2005) relatam que o *Pinus* sp. demonstra capacidade extraordinária de aproveitamento dos recursos nutricionais em sítios de baixa fertilidade, entretanto pode ocorrer diminuição do crescimento. Contudo, diversos

autores, como CORRÊA (2007); REISSAMANN & WISNIEWSKI (2005); RIGATTO (2002) e LASO GARICOITS (1990) estudaram os fatores de solo e as suas relações com o estado nutricional e a produtividade dessa espécie e observaram estreita interdependência entre essas variáveis.

A boa produtividade e a qualidade da madeira da espécie têm feito com que ela seja uma das mais procuradas para plantios (FILHO, 2001). *Pinus taeda* é uma espécie de reconhecida importância econômica e pelas extensas áreas de plantio no sul do Brasil (VOGEL, 2002). Essa preferência dos reflorestadores fundamenta-se na maior produtividade volumétrica de madeira desta espécie, em comparação com as demais espécies do gênero *Pinus* (SHIMIZU, 1987).

Seu plantio, por muitos anos teve como objetivo principal abastecer o setor de papel e celulose. Entretanto, com a crescente demanda de madeira e a forte pressão pela preservação das florestas nativas, sua produção se ampliou atendendo também a demanda de madeira serrada e para laminação (MORO, 2005). Atualmente a área plantada de *Pinus* sp. no Brasil, atinge cerca de 1.824.269 ha, os principais produtores são os estados do Paraná e Santa Catarina (ABRAF, 2007).

1.2. SÍTIO

Sítio, em termos florestais, é uma área mais ou menos homogênea que geralmente possui as mesmas possibilidades para as espécies florestais. É mais do que solo, inclui também o micro - clima, a topografia, a disponibilidade de água, a insolação, ou seja, todos os fatores que influenciam o crescimento das árvores (OLIVEIRA & PEICHL, 1986). Segundo COILE (1952), sítio é uma área com a combinação dos atributos do solo, topografia, clima e fatores bióticos. No entanto, SAMMI *apud* SCHNEIDER (1993) apresenta o conceito de sítio florestal sinteticamente definido como “a classificação de uma área quanto à sua capacidade de produzir madeira”.

A capacidade produtiva de um sítio florestal pode ser avaliada através da medição de fatores intrínsecos como, por exemplo, a altura dominante e de fatores extrínsecos como a litologia, o clima e os aspectos edáficos entre outros (ORTEGA & MONTEIRO, 1988) e depende das condições do solo e do meio ambiente. Pesquisas sobre estes aspectos são direcionadas, principalmente à definição de espécies a serem plantadas e indicação de práticas de manejo dos solos e dos povoamentos florestais.

Os fatores do meio atuam em conjunto, com interações e relações complexas sobre o crescimento das árvores (SPURR, 1952). A qualidade do sítio não depende de um fator nem de todos os fatores do meio, mas dos fatores efetivos e das interações entre eles.

O ambiente é tão importante quanto à espécie florestal e o que deve ser considerado na ocasião do plantio é a interação entre ambos, pois o desempenho das espécies é muito influenciado pelas características do sítio, sendo que pequenas variações entre áreas contíguas, induzem a grande variação no crescimento das árvores (DAVIDE, 1994). Devido à interação espécie-ambiente, as características podem diferir quando plantadas em ambientes distintos. Resultados observados em um determinado ambiente não podem ser extrapolados para outros ambientes (KAGEYAMA & CASTRO, 1989).

O crescimento do *Pinus taeda* é influenciado pelas propriedades físicas e químicas do solo (textura, compactação, aeração, umidade, pH, nutrientes), luz, temperatura, fotoperíodo, alelopatia, precipitação, modelos sazonais, competição intra e interespecífica por espaço e nutrientes essenciais (BAKER & LANGDON, 2004). Assim, as características do sítio podem afetar a densidade e outras propriedades físicas da madeira, como observado em estudo de clones de *Pinus taeda* provenientes de dois pomares de sementes na Geórgia, Estados Unidos (SCHULTZ, 1997). Nesse estudo as árvores de sítios mais produtivos tiveram madeira de densidade mais baixa, diâmetro médio do lume maior e paredes mais grossas.

Normalmente não é possível antever as influências de diferentes condições edáficas no desenvolvimento das plantas, porém, elas podem reduzir o crescimento da floresta (FROEHLICH et al., 1985), ou podem também ocasionar a morte de mudas (CARNEIRO, 1995).

1.3. FATORES DO AMBIENTE QUE AFETAM O CRESCIMENTO

1.3.1 Material de origem

O material de origem é o estado do sistema solo no tempo zero de sua formação (JENNY, 1941) e o solo é o produto do intemperismo desse material, sendo composto por fragmentos de rocha, por argilominerais e matéria orgânica (PRESS et al., 2006).

A composição do material de origem, o tempo e a intensidade do intemperismo são fatores muito importantes na formação dos solos. Em geral quanto mais jovem, maior a influência e as relações do material de origem com as propriedades do solo. Com o avanço do intemperismo e dos processos pedogenéticos, algumas características do material inicial são perdidas. Entretanto, não se deve concluir que em solos intemperizados e muito antigos a

influência do material inicial tenha desaparecido completamente (KAMPF & CURI, 1990).

A diversidade geológica, climática e de relevo origina uma grande variedade de tipos de solos e muitas vezes essas variações ocorrem a curtas distâncias (STRECK et al., 2002).

No sul do Brasil encontram-se uma das mais extensas áreas de florestas plantadas de *Pinus* sp. do país. As plantações localizam-se principalmente no Segundo Planalto Paranaense, constituído exclusivamente de rochas sedimentares da Era Paleozóica, com grande variação granulométrica e de rochas ígneas intrusivas. Nesta região os sedimentos de granulometria mais fina (folhelhos e argilitos), em relevos mais planos, dão origem a solos com propriedades mais adequadas para o plantio florestal. Por esta razão os plantios florestais encontram-se predominantemente sobre solos desenvolvidos sobre arenitos de granulação média a grosseira da Formação Furnas, siltitos cinzentos da Formação Palermo e siltitos com intercalação de calcário da Formação Terezina (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2005).

Em Santa Catarina a Formação Rio do Sul constitui-se, em sua porção inferior, de folhelhos e argilitos cinza-escuros. Sobre estes aparecem diamictitos acinzentados, com matriz arenosa, intercalados com arenitos muito finos. Estes, por sua vez, estão recobertos por folhelhos, normalmente várvidos, argilitos, ritmitos e siltitos. A Formação Rio do Rastro do Permiano Superior tem na sua porção inferior siltitos cinza-esverdeados entremeados por finas camadas de calcário e “chert”. Já na porção superior ocorre uma alternância de leitos de arenitos, siltitos e folhelhos avermelhados e arroxeados. Este grupo é de ocorrência expressiva no estado. Devido à complexidade litológica verificada na área sedimentar ocupada pelo Supergrupo Tubarão e pelo Grupo Passa Dois, os solos aí encontrados variam muito de um local para outro, mesmo em pequenas distâncias. Apesar disso, pode-se estabelecer alguma relação entre determinados atributos dos solos e a natureza do material que os originaram. Assim, solos argilosos relacionam-se, principalmente, com os argilitos e folhelhos siltico-argilosos; os de textura média estão relacionados com siltitos, folhelhos siltico-arenosos e arenitos muito finos; e os de textura arenosa relacionando-se com arenitos mais grosseiros. Por outro lado, solos rasos ou pouco profundos normalmente estão relacionados com rochas bem estratificadas, como é o caso dos xistos e dos folhelhos várvidos (EMBRAPA, 2004).

Os solos do Planalto Catarinense estão enquadrados principalmente nas classes Cambissolo Húmico, Cambissolo Bruno, Latossolo Bruno e Latossolo Bruno Intermediário para Latossolo Roxo, Nitossolo e Neossolo. O material de origem de tais solos varia desde as rochas sedimentares de granulação fina para os Cambissolos a rochas oriundas do derrame de lavas da Formação Serra Geral, tais como o basalto e rochas intermediárias para os demais solos. São caracterizados por alto teor de matéria orgânica, devido principalmente ao clima

frio e médio a alto teor de argila. São solos tamponados, com acidez elevada, baixos teores de P e níveis tóxicos de Al trocável (GOMES et al., 1989).

O crescimento de *Pinus taeda* em solos derivados de três materiais de origem foi estudado por LASO GARICOITS (1990), na região de Telêmaco Borba no Paraná, onde se verificou que os teores foliares de K, Fe, Cu e Zn foram significativamente mais elevados nas acículas das árvores desenvolvidas em solos derivados de diabásio e ritmitos. Nestes solos, também se observou maior desenvolvimento das árvores quando comparado com as árvores dos solos derivados de arenito. Isto confirma a importância do material de origem como importante fator de formação dos solos e crescimento das culturas.

1.3.2 Clima

O clima é o fator do meio que mais influencia no crescimento das plantas, sendo a precipitação uma das variáveis climáticas mais importantes (SABATÉ et al., 2002).

As condições climáticas são tidas como fatores primários, por serem as mais limitantes e de difícil controle (SCHUMACHER, 1999). O clima atua na formação do solo desde o processo de decomposição da rocha. A temperatura, a precipitação e a evapotranspiração são consideradas as variáveis climáticas mais importantes e a combinação de algumas delas, como alta pluviosidade e altas temperaturas, favorecem a formação de solos desenvolvidos, com uma evolução mais avançada que os solos encontrados em regiões frias (AZEVEDO & DALMOLIN, 1999).

O clima, como fator de formação do solo, exerce influência marcante em algumas de suas características. Em Santa Catarina as variações de temperatura têm reflexos evidentes no conteúdo de matéria orgânica, no teor de Al^{+3} trocável e na cor do solo. Isto pode ser observado pela variação de solos encontrados no estado, como exemplo Argissolos, Cambissolos, Gleissolos, Nitossolos e Neossolos. Neste estado ocorrem quatro estações bem definidas. O clima é classificado como subtropical úmido mesotérmico, com duas variações, Cfa e Cfb segundo Koeppen. A variação Cfa é encontrada em praticamente todo o estado nas áreas abaixo de 800 metros de altitude. Já o Cfb encontra-se nas áreas altas acima de 800 metros. Em geral a pluviosidade é elevada e bem distribuídas durante o ano sem estação seca definida embora haja uma pequena diminuição nos meses do inverno, sendo o valor médio da precipitação anual compreendido entre 1.219 e 2.373 mm. (EMBRAPA, 2004).

1.3.3 Topografia

O relevo está intimamente relacionado ao fator tempo na gênese dos solos; é, portanto, de se esperar que na paisagem brasileira, onde os processos de pedogênese são bastante ativos, ele tenha um papel crítico como controlador do tempo de exposição aos agentes bioclimáticos (RESENDE et al., 2007). Este fator interage com o clima e controla o fluxo de água, solo, nutrientes na superfície e dentro do solo (infiltração, lixiviação e translocação) e intensidade de insolação (OLIVEIRA & PEICHL, 1986).

A topografia do terreno, o grau e a extensão da declividade, influem no movimento da água superficial e subterrânea. Segundo COILE (1952), em locais com mesma precipitação, em declives suaves observa-se maior potencial de abastecimento de água do que declives acentuados. Além de controlar os fluxos de água, a topografia correlaciona-se com muitas variáveis do solo, do sítio e das espécies, sendo que algumas negativamente e outras positivamente e afeta o crescimento das plantas (HICKS & FRANK JÚNIOR, 1984).

O solo tem heterogeneidade tanto no sentido vertical (profundidade) como no horizontal (REICHARDT et al., 1986), resultante das interações dos seus fatores de formação. Quanto maior a variação desses fatores, principalmente do material de origem e do relevo, maior será a heterogeneidade dos solos em uma determinada área (ROSS & MOROZ, 1997). Assim, os solos variam continuamente no espaço, razão pela qual as unidades homogêneas indicadas em mapas apresentam variabilidade, mesmo dentro de uma determinada classe pedológica (WILDING & DREES, 1983). Em seu estudo, FILHO (2007) verificou que nas microbacias analisadas, as classes Plintossolos e Argissolos (com caráter plíntico) têm ocorrência restrita às áreas com cotas inferiores a 280 m; já nas cotas superiores ocorrem exclusivamente Latossolos. Essas alterações de classes de solo em espaços tão diminutos parecem estar mais relacionadas ao relevo e material de origem do que aos outros fatores de formação do solo.

1.3.4 Solo

A capacidade produtiva de um sítio depende, fundamentalmente, das condições do solo e do meio ambiente. A classe de solo agrega importantes informações, destacando-se a profundidade do solo, a classe textural, o teor de matéria orgânica, os níveis de nutrientes, a atividade química da fração coloidal e a presença de camadas compactadas que poderiam restringir o crescimento das raízes e a percolação de água. Com relação ao meio ambiente, as

informações se referem, principalmente, à classe de relevo, ao material de origem do solo, ao tipo de cobertura vegetal primitiva e à presença de pedregosidade e rochosidade. Dentre esses fatores, a influência que os atributos físicos e químicos do solo exercem sobre o crescimento das árvores tem merecido atenção especial (ORTEGA & MONTEIRO, 1988).

Os atributos do solo e suas implicações com o sistema água-solo-planta são básicos para o entendimento e conservação do ambiente. Entre os atributos do solo, aqueles relacionados aos aspectos físicos, são de extrema importância, no que diz respeito ao desenvolvimento das plantas, pelo fato de que, segundo FERREIRA (1993), os constituintes sólidos do solo interagem com os fluídos água e ar. Dependendo da forma como esses constituintes se associam, os fluxos de ar, água e calor, bem como a resistência do solo e a disponibilidade de nutrientes tem grande variabilidade (LAL, 1979).

A textura do solo influencia o fluxo e a qualidade da água superficial e subsuperficial e também o comportamento dos elementos químico (AZEVEDO & DALMOLIN, 2006). Segundo BRADY (1996), a relação entre silte e argila é importante também para indicar o grau de intemperismo e sobre as condições químicas do solo. Dá idéia da mobilidade de argilas, quando é determinada para todos os horizontes do solo (IBGE, 2005). Tem efeito indireto no crescimento das florestas, manifestando-se nas características de absorção e capacidade de retenção de água, aeração e acumulação de matéria orgânica. Por exemplo, solos arenosos muitas vezes possuem baixa produtividade em florestas de pinus, cedro, carvalho e outras espécies que competem por água e nutrientes (FISHER & BINKLEY, 1999), enquanto solos de textura argilosa, em geral, são mais produtivos.

Em solos com altos teores de silte e argila, requerem uma estrutura grumosa que permitam uma boa percolação de água e de ar. Por isso que é importante que as argilas estejam floculadas. O grau de floculação é dependente da mineralogia da fração argila, do pH e da qualidade e concentração de cátions na solução do solo (ALBUQUERQUE et al., 2003). A floculação e a dispersão das partículas do solo afetam a pedogênese, a diferenciação dos horizontes e a formação da estrutura do solo. Quando há dispersão das partículas do solo as mesmas podem eluviar e originar horizontes mais ricos em argila, entretanto podem obstruir os poros e diminuir a aeração e a infiltração de água.

Elevada floculação é desejável para favorecer a gênese dos agregados do solo, sendo observado solos com pH próximo ao ponto de carga zero, com predomínio de cátions que formam complexos de esfera-interna, alta concentração de eletrólitos e altos teores de óxidos (MEURER et al., 2004).

A argila e a matéria orgânica são responsáveis pela maior parte da agregação do solo, em função das possíveis interações entre os materiais coloidais orgânicos e inorgânicos (BAVER et al., 1973). Diversas investigações têm mostrado que grande parte da matéria orgânica humificada no solo esta ligada a argila coloidal. Em solos com elevado conteúdo de matéria orgânica, como no caso de solos sob gramíneas, toda a argila pode estar recoberta por uma camada delgada de matéria orgânica (SILVA, 1993).

A estrutura do solo pode ser considerada a propriedade física mais importante para a qualidade do solo. Apesar de não ser considerada como um fator de crescimento das plantas exerce influência direta sobre a movimentação de água, transferência de calor, aeração, densidade do solo e porosidade (LETEY, 1985).

Segundo o conceito morfológico, a estrutura do solo é definida como o arranjo de partículas primárias em agregados que são separados entre si por planos de fraqueza, os quais possuem propriedades diferentes de uma igual massa de solo de partículas primárias não agregadas. Já para o conceito edafológico além do tamanho e forma, considera sua estabilidade, o tamanho e continuidade dos poros, ou seja as propriedades que determinam a relação solo-planta (TAYLOR & ASHCROFT, 1972).

Além da textura, o uso e o manejo do solo influenciam a estrutura do solo (ALBUQUERQUE et al., 2001). Normalmente, solos de mata e campo nativo tem maior macroporosidade, conteúdo de matéria orgânica e estabilidade dos agregados (SILVA et al., 1998) e menor temperatura máxima e amplitude térmica, comparativamente aos solos cultivados (COSTA et al., 2003).

A estrutura pode ser avaliada quanto à forma e sua estabilidade. A estabilidade dos agregados é uma medida direta da qualidade estrutural de um solo, podendo ser definida como a resistência oferecida pelos agregados do solo à ação deformadora imposta pela atuação de forças externas, como o impacto da gota da chuva (KEMPER & CHEPILL, 1965). A estabilidade dos agregados é influenciada pela ação das hifas dos microrganismos, dos efeitos cimentantes dos produtos derivados da síntese microbiana ou da ação das raízes que agem em conjunto com os demais, durante ciclos de umedecimento e secamento do solo (SILVA, 1993; SANTOS et al., 1997). Em solos de regiões tropicais a estabilidade está relacionada com a presença de argilominerais do tipo 1:1 e de óxidos de Fe e de Al (TROEH et al., 1980; BAVAR et al., 1973). Os óxidos de Fe (hematita e goethita) e de Al (gibbsita) são importantes na agregação do solo, uma vez que, sendo considerados agentes desorganizadores em nível microscópico, com um aumento dos seus teores, as partículas tendem a um arranjo mais

casualizado e a estrutura tende a ser granular e mais porosa (RESENDE, 1985; FERREIRA et al., 1999).

A agregação do solo pode sofrer alterações permanentes ou temporárias, demonstrando variação cíclica provocada por práticas de manejo de solo e culturas. Melhorias na estrutura do solo são observadas com a introdução de plantas com sistema radicular abundante e capaz de crescer em camadas compactadas (CAMPOS et al., 1999; WOHLBERG et al., 2004). As raízes, apesar de representarem uma pequena fração dos constituintes orgânicos do solo, exercem grande influência na formação e estabilidade dos agregados do solo (SILVA & MIELNICZUK, 1997). Segundo ALLISON (1973), as plantas exercem significativo benefício na agregação, pois têm raízes finas que se ramificam pelo solo, pressionando o solo e predispondo a formação de agregados. Além disso, removem continuamente a água, criando secamento nas regiões próximas a elas e, pela exsudação, fornecem alimento para microrganismos da rizosfera que, direta ou indiretamente, influenciam a agregação.

O *Pinus* sp. tem um sistema radicular vigoroso, tendo grande capacidade de explorar as fissuras das rochas (GONÇALVES & MELLO, 2000). Espécies com sistema radicular pivotante são mais competitivas por fatores de crescimento (luz, água e nutrientes). Para atenderem suas demandas nutricionais, precisam de um sistema radicular efetivo para cumprir as suas funções sob condições de solo menos friável e mais adensado, devido ao menor desenvolvimento da estrutura do solo (GONÇALVES et al., 2005).

Culturas com sistema radicular abundante, profundo e vigoroso podem minimizar os efeitos negativos da degradação dos solos por meio de raízes agregadoras e de melhorias na estrutura do solo.

A textura e a estrutura têm relação direta com a densidade, porosidade e os atributos relacionados como os fluxos de ar, água e calor. A densidade do solo reflete o arranjo das partículas do solo, que por sua vez define as características do sistema poroso e é dependente da mineralogia, textura, conteúdo de matéria orgânica e estrutura do solo. Correlaciona-se inversamente com a permeabilidade do solo e como tal constitui-se em importante indicador do armazenamento de água para as plantas (FERREIRA, 1993). Em condições de elevada densidade natural ou pela compactação artificial, dificulta a penetração e o desenvolvimento do sistema radicular e reduz a taxa de absorção de água, oxigênio e de nutrientes (TORMENA et al., 1998; KLEIN & LIBARDI, 2002) e limita o crescimento e desenvolvimento das plantas (REIS et al., 1989; REICHERT et al., 2003).

A compactação reduz o desenvolvimento da planta, seja por falta ou excesso de água e /ou por deficiência na nutrição (CASTRO, 1995). Um bom suprimento de oxigênio é necessário para o crescimento da raiz e para a absorção de nutrientes. A saturação de água diminui a disponibilidade de oxigênio e aumenta a concentração de dióxido de carbono. Tais considerações normalmente diminuem desenvolvimento radicular e, eventualmente, na mortalidade das raízes (PRITCHETT & FISHER, 1987).

Assim, para a maioria das espécies vegetais, o solo tem uma faixa de densidade em que o crescimento é favorecido e, geralmente está relacionada com a porosidade e distribuição do tamanho dos poros (GUERIF, 1987). A porosidade é a fração volumétrica do solo ocupada com ar e/ou água, representando o local onde ocorrem os processos dinâmicos do ar e solução do solo (HILLEL, 1970). Além da densidade, a porosidade também é dependente do teor de matéria orgânica. Solos com teores adequados de matéria orgânica geralmente são bem estruturados e com porosidade total maior. Como o teor de matéria orgânica decresce em profundidade, associado ao maior grau de empacotamento das partículas do solo, a tendência é uma diminuição na porosidade total do solo com o aumento da profundidade (AZEVEDO & DALMOLIN, 2006).

A matéria orgânica representa um componente importante na fertilidade do solo, pois ela influencia as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (MELLO et al., 1983). Ao melhorar as condições físicas do solo, conseqüentemente diminui a densidade do solo, favorece o desenvolvimento do sistema radicular das culturas, a infiltração da água e reduz o escoamento superficial e as perdas de solo pela erosão (GREACEN & SANDS, 1980; ASSIS & BAHIA, 1998).

Nos solos com florestas, a matéria orgânica torna-se importante controladora da ciclagem de nutrientes e age como substrato para a microfauna do solo, influenciando a umidade, a estrutura, a resistência e os processos pedogenéticos. Os problemas gerados pela perda de matéria orgânica nos solos florestais são menores quando comparados aos ocorridos em solos agrícolas, porém, em regiões de clima seco torna-se vital para a manutenção da umidade do solo (WORRELL & HAMPSON, 1997). A matéria orgânica é um importante indicador da sustentabilidade das práticas florestais, sendo também um parâmetro para o monitoramento das alterações nos atributos dos solos. No entanto, para desenvolver esta idéia, são necessárias pesquisas unindo a dinâmica da matéria orgânica, carbono no solo, produtividade florestal e práticas de manejo (NAMBIAR, 1996).

A disponibilidade de água para as plantas é uma propriedade que interfere no crescimento e produtividade das plantas, especialmente das árvores. A disponibilidade é

dependente de atributos como distribuição do tamanho das partículas, teor de matéria orgânica, densidade e porosidade do solo, bem como a mineralogia. A capacidade do solo em armazenar água e disponibilizá-las as plantas depende também da espessura dos horizontes (FIETZ et al., 1999; AMARAL, 2000). Segundo CORREIA et al. (1996), a disponibilidade de água é um dos principais fatores que limitam o crescimento e a capacidade produtiva do *Pinus taeda*.

A água do solo é o veículo de transferência de nutrientes para a planta, além de ser o meio de transferência de solutos nos seres vivos (RAIJ, 1991). É essencial ao crescimento das plantas, não apenas sob o ponto de vista do fornecimento de água, mas também, devido ao seu efeito sobre a mobilização e absorção de nutrientes e sobre a flora e fauna do solo (MELLO et al., 1983). A deficiência de água do solo reduz a atividade biológica e a absorção de nutrientes. Por outro lado, a umidade excessiva é prejudicial à grande maioria das plantas cultivadas, atribuindo-se a isso, aos seguintes fatores: formação de substâncias tóxicas, más condições de aeração, efeitos danosos sobre os microorganismos e redução no crescimento radicular. Devido à natureza complexa desta relação, é difícil identificar o papel relativo da umidade separadamente da densidade do solo, aeração e disponibilidade de nutrientes (GREACEN & SANDS, 1980). De maneira geral, quanto menor a densidade do solo e a resistência à penetração e maior a porosidade total, macroporosidade e disponibilidade de água, maiores são as taxas de crescimento dos sítios florestais (LIMA, 1979; BRADY, 1996).

Analisando o crescimento de plantas em solos com vários graus de compactação e estresse hídrico, FENNER (1999) verificou que a absorção de nutrientes não foi diretamente afetada pela compactação, mas sim, pela quantidade insuficiente de água disponível no solo. A capacidade de retenção de água do solo é um dos fatores que pode limitar o crescimento do *Pinus*, principalmente em solos com maiores teores de areia e conseqüentemente com menor capacidade de armazenamento de água e nutrientes (CORREIA et al., 1996).

As árvores que crescem em locais secos não atingem a mesma altura daquelas que crescem em locais úmidos. As raízes desenvolvem-se profundamente em zonas do perfil onde existe suprimento adequado de umidade. Tem sido observado, por exemplo, alta concentração de raízes ao redor e próximo de troncos de árvores vizinhas, provavelmente pela maior recarga do solo naquela região causada pelo escoamento da água interceptada pelo tronco. Entre outros efeitos, sugere-se que em geral a concentração de raízes das árvores nas camadas superficiais seria uma conseqüência da maior quantidade de água disponível nesta camada. O déficit de água no solo reduz o número, a taxa de crescimento e o tamanho das folhas. No que diz respeito ao crescimento em diâmetro, tanto o número e tamanho de células e a espessura

da parede celular do xilema também são negativamente influenciados. Em um povoamento de *Pinus* sp o crescimento em área basal parou quando metade do total de água disponível até um metro de profundidade fora consumida. No entanto, em outras observações, com espécies do gênero *Pinus*, o crescimento em diâmetro cessou quando a umidade do solo atingiu 3/4 da água disponível; também foi encontrada correlação entre o crescimento em volume e o número de dias em que a água do solo encontrava-se acima de 3/4 do total disponível no solo (LIMA, 1979).

Características químicas do solo que determinam os níveis da fertilidade podem ser usadas no estudo das relações sítio-planta. Todavia, devido às variações climáticas e às técnicas silviculturais a que os povoamentos estão sujeitos, deve-se ter bastante cuidado nestas interpretações, pois a disponibilidade de nutrientes para as plantas é determinada tanto pela capacidade do solo de fornecer nutrientes, como pela capacidade da planta em utilizá-los (BRUN, 1979).

A acidez do solo deve ser considerada, pois afeta os microorganismos e vegetais superiores, além de influenciar na disponibilidade de quase todos os nutrientes (RAIJ, 1991). Segundo esse autor a faixa de variação do pH dos solos é ampla, desde 3 até mais de 8.

De acordo com MALAVOLTA et al. (1997), fatores internos e externos modificam a velocidade de absorção dos nutrientes. Um dos fatores externos é a disponibilidade dos elementos, a qual é influenciada pela umidade, aeração, matéria orgânica e o pH e consideram que esse último seja o fator que, isoladamente, mais influencia a disponibilidade de nutrientes. Os solos ácidos têm pH abaixo de 5,5 possuem teores de Al, Zn e Mn tóxicos as plantas e deficiências de elementos como Ca, Mg, P, Mo e B. Solos com pH acima de 7,5 podem ter baixa disponibilidade de P, Mn, Zn e Cu e/ou excesso de sais (BISSANI et al., 2004).

A capacidade de trocas de cátions (CTC) é uma importante propriedade do solo e de grande importância na agricultura. Sua magnitude depende da mineralogia, textura, área superficial específica, pH da solução do solo, adsorção específica de íons e teor de matéria orgânica (RAIJ, 1991). Em solos desenvolvidos em condições tropicais e subtropicais, predominam argilominerais 1:1 (caulinita) e óxidos de Fe e de Al, com baixa CTC. Entretanto, em regiões temperadas, predominam argilominerais do tipo 2:1 (vermiculita, esmectitas, entre outros) e alta CTC, como por exemplo os que ocorrem na fronteira do Rio Grande do Sul com o Uruguai (MEURER et al., 2004).

O nitrogênio é o elemento que as plantas necessitam em maior quantidade (MALAVOLTA, 1989). Quando há falta de N no solo e a adubação é ineficiente as plantas crescem e produzem menos e suas folhas ficam cloróticas, mas se houver excesso de N no

solo, a planta vegeta excessivamente, ficando mais sujeita à seca e suscetível ao ataque de pragas e doenças (MALAVOLTA et al., 2000). O teor de N nas espécies florestais em geral, varia de acordo com a parte da planta (BINKLEY, 1986) e dependendo da espécie, estágio de desenvolvimento, o conteúdo de N requerido para um ótimo crescimento varia de 20 a 50 g kg⁻¹ do peso seco da espécie (MARSCHNER, 1995). As plantas superiores são capazes de absorver o N de diferentes formas (MALAVOLTA et al., 1997). O *Eucalyptus* sp. parece ter maior eficiência em absorver N-NH₄⁺, devido a adaptação ecológica dessa espécie a solos ácidos como também ocorre com o *Pinus* sp (NOVAIS et al., 1990).

Os povoamentos florestais, no Brasil, têm sido implantados em solos nos quais normalmente o P é um dos nutrientes mais limitantes ao crescimento vegetal (VOGEL, 2002). É o macronutriente exigido em menores quantidades pelas plantas e ao contrário do que acontece nos solos, tem alta mobilidade, transferindo-se rapidamente de tecidos velhos para regiões de meristema ativo (RAIJ, 1991). No entanto, possui papel fundamental na vida das plantas, por participar dos compostos ricos em energia, como o trifosfato de adenosina (ATP) (MALAVOLTA, 1989). É importante na floração e frutificação além de estimular o desenvolvimento do sistema radicular (MALAVOLTA, 2000).

O potássio é um elemento muito abundante em rochas e solos e tem alta mobilidade no solo, bem maior que o P, sendo mais facilmente lixiviado (RAIJ, 1991). Segundo BINKLEY (1986), o K move-se com facilidade na planta, catalisa reações e regula o potencial osmótico. Porém, o excesso de K provoca deficiência de Mg e Ca e dificulta a absorção desses elementos (MALAVOLTA et al., 2000).

O cálcio é um elemento que faz parte da estrutura de diversos minerais do solo e na planta estimula o desenvolvimento das raízes e folhas, forma compostos que fazem parte da parede celular e reforça a estrutura das plantas. No entanto, a adição de grandes quantidades de Ca e Mg em solos deficientes de K ou a aplicação de Ca em solos deficientes em Mg, pode causar um desequilíbrio nutricional e reduzir o crescimento das culturas (LOPES, 1989). Os teores de Ca e Mg estão estreitamente relacionados com a acidez do solo (TOMÉ JR., 1997).

O magnésio é um elemento proveniente da intemperização de rochas que contém minerais como biotita, dolomita e clorita. Solos geralmente contêm menos Mg que Ca, pois o Mg é mais solúvel, sujeito à maior lixiviação e está em menor quantidade no material de origem do que o Ca. É um elemento constituinte da clorofila e conseqüentemente está envolvido ativamente na fotossíntese. Participa também no metabolismo do fosfato, na respiração e na ativação de vários sistemas enzimáticos nas plantas (LOPES, 1989).

O enxofre é um elemento essencial na formação de proteína na planta. Participa na produção de enzimas e vitaminas, promove a formação de nódulos em leguminosas, auxilia na formação das sementes e é necessário na formação da clorofila (LOPES, 1989). Semelhante ao N, o S tem uma dinâmica complexa no solo (TOMÉ JR, 1997) e suas deficiências ocorrem comumente em solos arenosos, pobres em matéria orgânica e em áreas com precipitação pluviométrica de moderada a alta. A matéria orgânica é uma fonte considerável de S na maioria dos solos, assim, influencia na quantidade de S disponível para as plantas. Sua deficiência resulta em caules finos e lenhosos (LOPES, 1989).

Apesar da maioria dos solos possuírem deficiência nutricional, as florestas naturais geralmente não apresentem sintomas de deficiência, devido à ciclagem de nutrientes que está em equilíbrio com a demanda. A substituição de florestas naturais por plantios florestais de ciclo curto, altera os processos naturais de ciclagem e o armazenamento de nutrientes, devido, principalmente, às mudanças na qualidade da matéria orgânica, causadas pelas práticas de manejo. Isto dificulta a sustentabilidade dos sítios, pelo importante papel da matéria orgânica nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (BROWN, 1978).

Apesar de o *Pinus sp.* ser considerado pouco exigente quanto à fertilidade do solo, níveis diferenciados de produtividade foram observados quando se plantaram espécies em condições edáficas distintas (BALLONI, 1984). Diversos autores estudaram os fatores do solo e suas relações com o estado nutricional e a produtividade dessas espécies e observaram interdependência entre essas variáveis (GOOR, 1965; LASO GARICOITS, 1990; MENEGOL, 1991; REISSMANN & WISNIEWSKI, 2005). Problemas nutricionais em *Pinus elliotti*, foram apontados por GOOR (1965), com destaque para a alta correlação entre a qualidade do sítio e a soma de bases trocáveis do solo e o teor de P. Foi observada resposta positiva do teor de P e K no crescimento inicial de *Pinus taeda* (VOGEL, 2003). Em solos arenosos e de baixa fertilidade, verificou-se que o *Pinus taeda* teve resposta positiva à aplicação de K, Mg e B (SILVA et al., 2003). Em Corrientes, norte da Argentina, FERNÁNDEZ et al. (2000), avaliaram a aplicação de doses crescentes de N-P-K em solos “rojos” em *Pinus taeda* aos 34 meses de idade e verificaram diferenças significativas no DAP, altura e volume em relação às doses de N e P, não havendo resposta ao K.

Outro fator que pode influenciar no estado nutricional e na produtividade do *Pinus taeda* é a presença de micorrizas. Árvores com micorrizas apresentam um melhor crescimento em solos pobres e maior tolerância a condições ambientais adversas (KROGNER, 1982), proteção das raízes contra o ataque de patógenos (SCHENCK, 1981), e maior eficiência na absorção de nutrientes (COOPER, 1984). Além disso, as micorrizas desempenham papel

importante na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais (FOGEL,1980). Segundo KRÜGNER & FILHO (1981), os fungos micorrízicos absorvem nutrientes e água do solo e os translocam para a árvore, que em troca supre os simbiontes com açúcares simples.

A dependência das árvores pelas micorrizas está também relacionada com a morfologia das suas raízes, pois os benefícios provenientes da associação decorrem da exploração mais intensa do solo pelas hifas dos fungos micorrízicos, que podem alcançar distâncias das raízes não possíveis de serem atingidas pelos absorventes (REIS & KRÜGNER, 1990)

1.4. ANÁLISE NUTRICIONAL DAS ACÍCULAS

A diagnose nutricional das árvores através da análise do tecido foliar é utilizada e assume, dentro de certos limites, que o teor do nutriente contido nas folhas ou acículas seja um reflexo de sua disponibilidade no solo (REISSMANN, 2002). BELLOTE & SILVA (2005) afirmam que folhas não são as únicas partes das plantas capazes de representar o estado nutricional, mas elas têm sido recomendadas e utilizadas no monitoramento nutricional para a maioria dos nutrientes. Estes autores também relacionam aumentos ou decréscimos nas concentrações de nutrientes nas folhas com as produtividades. Entretanto, embora a análise de tecido demonstre as deficiências nutricionais, algumas constatações são equivocadas, uma vez que pode ocorrer diluição dos teores de nutrientes no tecido em sítios mais produtivos (FERREIRA et al., 2001).

Para análise do tecido vegetal GONÇALVES (1995) explica que a composição química desses é afetada por fatores internos e externos às árvores. Por isso, a amostragem precisa ser bem definida quanto à época, posição na árvore e representatividade da população. A época deve ser aquela onde haja maior estabilidade dos teores de nutrientes no interior das árvores, o que geralmente acontece no inverno.

O acúmulo de nutrientes da biomassa arbórea varia de elemento para elemento, em razão dos níveis de fertilidade do solo, das características nutricionais, da espécie e idade da floresta (SCHUMACHER, 1992). Para o gênero *Pinus*, cada um dos componentes que formam a árvore possui uma concentração de nutrientes minerais que está relacionada com suas funções. Geralmente, a concentração é maior nas seguintes partes em ordem decrescente: acícula > casca > ramo > tronco (BELLOTE & SILVA, 2005).

1.5. SERAPILHEIRA

Em ecossistemas florestais, a formação de uma camada de resíduos orgânicos sobre o solo é resultante do acúmulo de folhas, galhos, cascas, árvores inteiras, excrementos e animais mortos. Esta camada de resíduos é denominada de serapilheira (POGGIANI et al., 1996) e sua deposição é uma das principais formas de transferência nos ecossistemas florestais e parte fundamental do ciclo biogeoquímico (POGGIANI & MONTEIRO JR, 1990).

A quantidade de serapilheira depositada e de nutrientes ciclados varia com a espécie, o local e a idade do povoamento (HAAG, 1985). Segundo VALERI (1988), esse material armazena grandes quantidades de nutrientes, principalmente N, P e Ca que podem ser mineralizados com o processo de decomposição e disponibilizados para absorção das plantas. A ciclagem de nutrientes considera os fluxos de nutrientes do solo para a planta e desta para o solo (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2005; FERREIRA et al., 2001).

Os nutrientes contidos na serapilheira, lentamente liberados, são um complemento adicional importante para as necessidades nutricionais das árvores. A quantidade de nutrientes disponibilizados é função da velocidade de decomposição dos resíduos florestais, que depende da composição da serapilheira, da quantidade de água da chuva e da temperatura, dos agentes decompositores e da qualidade do sítio (FERREIRA et al., 2001). Parte desses nutrientes pode ficar imobilizada se a decomposição for muito lenta, mas os que são mineralizados podem ser absorvidos pelas raízes que permeiam a serapilheira acumulada. Assim, REISSMANN & WISNIEWSKI (2005), evidenciam que a absorção de nutrientes diretamente da serapilheira é um importante fator de suprimento da demanda nutricional das árvores.

Em plantios de *Pinus taeda* localizados em sítios de diferentes qualidades, estudados por WISNIEWSKI & REISSMANN (1996), estimou-se uma maior produção e deposição de serapilheira nos sítios de melhor qualidade. Entretanto, REISSMANN (2002) verificou que em sítios de boa qualidade e mais produtivos forma-se um perfil de incorporação. Já em sítios de baixa qualidade, forma-se um perfil de acúmulo, devido à ineficiência dos organismos decompositores da serapilheira. Sendo assim, a decomposição da serapilheira pode ser rápida nos sítios mais produtivos o que proporciona uma camada fina de serapilheira em comparação com os sítios pouco produtivos, onde a decomposição é lenta e a camada de serapilheira acumulada é espessa. No entanto, na literatura disponível fica difícil estabelecer um padrão de retorno de serapilheira ou nutrientes em função dos fatores edáficos (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2005).

Assim, constata-se que os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, as condições climáticas, genéticas e a interação ambiente-população podem ser determinantes para manejar adequadamente as florestas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. DESCRIÇÃO FISIOGEOGRÁFICA DA REGIÃO

O presente trabalho foi conduzido nas áreas da Empresa Klabin S.A., localizadas no Planalto Catarinense, nos municípios de Palmeira, Ponte Alta, Otacílio Costa, Bocaina do Sul e Alfredo Wagner (Figura 1). São quatro fazendas (FL 275; FL 296; FL 372 e FL 212), com dois locais em cada fazenda, escolhidos pela produtividade da floresta e pelo tipo de solo, com base no levantamento e mapeamento de solos existente nas áreas de plantio da empresa (Tabela 1).

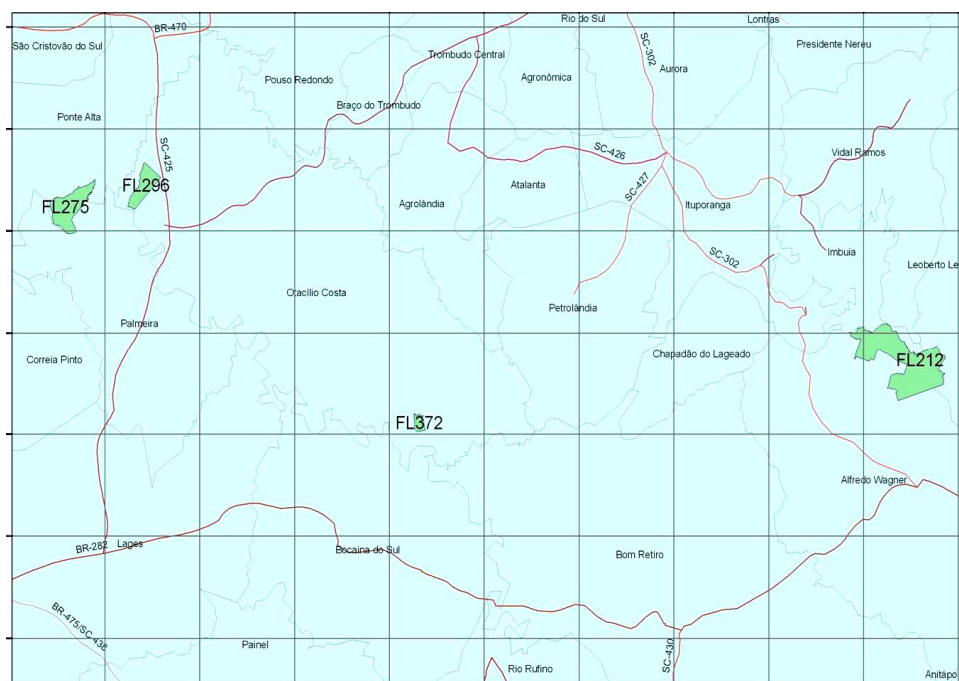


Figura 1. Localização das áreas no Planalto Catarinense com a indicação das fazendas (FL275, FL296, FL212 e FL372).

Tabela 1. Fazenda, localidade, tipo de solo e produtividade do sítio florestal em oito sítios do Planalto Catarinense selecionados para o estudo.

Fazenda	Localidade	Perfil	Solo	Produtividade (m ³ / ha)
Salto	Palmeira –	1	Nitossolo Vermelho alumínico húmico -NVah	149
	Ponte Alta	2	Neossolo Litólico húmico típico - NLht	115
Figueiredo	Bocaina do Sul	3	Cambissolo Húmico alumínico típico - CHat	76
		4	Cambissolo Húmico alumínico típico -CHat	88
Condessa	Otacílio Costa	5	Cambissolo Húmico alumínico típico - CHat	122
		6	Cambissolo Háptico alítico típico - CXalts (Sômbrico)	86
Do Céu	Alfredo Wagner	7	Gleissolo Háptico alítico típico – GXalt	80
		8	(Cripto gleissolo) Cambissolo Húmico distrófico típico - CHdt	125

2.2. A EMPRESA

A KLABIN S.A é uma empresa que maneja plantações florestais comerciais com o objetivo de garantir o abastecimento de matéria prima para duas indústrias de celulose, Unidade Correia Pinto e Unidade Otacílio Costa, no estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil. Iniciou as plantações florestais no início dos anos 60 e tem aproximadamente 116.992 ha, sendo 97.566 ha próprios e 19.426 ha arrendados. As 297 fazendas que compõem o seu patrimônio florestal estão distribuídas em 25 municípios catarinenses. Suas áreas estão localizadas na região geomorfológica do Planalto Centro- Oriental de Santa Catarina, cujo relevo é caracterizado pela predominância de formas colinosas, algumas das quais bastante dissecadas, com altitudes variando geralmente entre 850 a 900 m. Os solos predominantes são, em geral, de baixa fertilidade (IMAFLOA/SMARTWOOD, 2004).

No Planalto Catarinense a ocorrência de geadas é comum nos períodos de inverno, com registros de 27 geadas ou mais no ano. Esporadicamente pode haver a incidência de neve nos pontos mais altos dessa região (GOLFARI et al., 1978).

A região faz parte do domínio da Floresta Ombrófila Mista, segundo o IBGE (1992), ou simplesmente matas de araucária. As fazendas da empresa ocupam áreas originalmente cobertas com matas de araucária, em sua maioria, além de manchas de campos naturais, tradicionalmente utilizados pela população local como pastagens.

Atualmente, a paisagem predominante inclui pequenos capões de matas de araucária, ao lado de pastagens extensivas, muitas vezes com árvores esparsas desta espécie, além dos reflorestamentos comerciais da própria empresa e de *Pinus* spp. nas áreas de terceiros (IMAFLORA/SMARTWOOD, 2004).

2.3. LOCALIDADES

2.3.1 Alfredo Wagner

Localizada na Grande Florianópolis, na microrregião do Tabuleiro, a 78 km de Florianópolis, possui uma área de 733 km². O clima é Mesotérmico úmido e está situado a 450 metros acima do nível do mar. A sede do município está localizada a 27°41'20" de latitude sul e 48°59'30" de longitude oeste de Greenwich (Rede catarinense de informações municipais 2007a). Neste município a empresa KLABIN S/A ocupa 672 ha, abrangendo 0,9 % da área do município (IMAFLORA/ SMARTWOOD, 2004).

2.3.2 Bocaina do Sul

Localizada no Planalto Serrano, na microrregião dos Campos de Lages, a 190 km de Florianópolis, possui uma área de 495 km². O clima é Mesotérmico úmido, com verão seco e temperatura média de 15,6 °C, com altitude de 860 m acima do nível do mar. Localiza-se na latitude de 27°44'40" sul e longitude de 49°56'40" oeste de Greenwich (Rede catarinense de informações municipais, 2007b). A empresa KLABIN S/A ocupa 6.933 ha, abrangendo 14,0 % da área do município (IMAFLORA/ SMARTWOOD, 2004).

2.3.3 Otacílio Costa

Cercado por áreas de reflorestamento, o município tem na produção de papel e celulose a sua principal fonte econômica. Localizado no Planalto Serrano, com área de 923 km² e altitude de 884 m acima do nível do mar, com latitude 27°28'59" sul e longitude de 50°19'06" oeste de Greenwich. É constituída de um planalto de superfícies planas e onduladas. Seu clima segundo *Koppen*, classifica-se como mesotérmico úmido, com verões frescos, temperatura média anual de 15,9 °C e uma precipitação total anual entre 1.300 a 1.400 milímetros (Rede catarinense de informações municipais 2007c). A empresa KLABIN

S/A ocupa 32.380 ha, abrangendo 35,1 % da área do município (IMAFLOA/SMARTWOOD, 2004).

2.3.4 Palmeira / Ponte Alta

O município de Palmeira tem um total de 292 km² e está situado a 870 m acima do nível do mar. A sede do município está localizada a 27°34'5" de latitude sul e de 50°09'3" longitude oeste de Greenwich (Rede catarinense de informações municipais 2007d). Do total da área do município a empresa KLABIN S.A ocupa 5.290 ha, abrangendo 18,1% da área do município (IMAFLOA/ SMARTWOOD, 2004). O município de Ponte Alta tem um total de 567 km² e situa-se a 856 m acima do nível do mar. A sede do município está localizada a 27°29'00" latitude sul e 50°22'0" longitude oeste de Greenwich (Rede catarinense de informações municipais, 2007e). Do total da área do município a empresa KLABIN S/A ocupa 11.005 ha, abrangendo 19,7 % da área do município (IMAFLOA/SMARTWOOD, 2004).

2.4. AMOSTRAGENS E INVENTÁRIO FLORESTAL

Em cada uma das quatro fazendas foram selecionados dois sítios, considerando-se a variação na produtividade da floresta e a classe de solo. Assim, foram avaliados oito sítios, sendo quatro com produtividade superiores e quatro inferiores a 100 m³ ha⁻¹, acumulados no período de 6 anos (idade das florestas). Em todos os sítios o plantio atual representa a terceira rotação de pinus. Nas fazendas Céu e Condessa foi realizada uma adubação com 120 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo (SPT) na ocasião do plantio. Na fazenda Salto foi realizada uma adubação de 160 kg ha⁻¹ com N-P-K na formulação 5-30-6. Estas adubações foram amparadas em resultados de experimentos implantados nos últimos anos e em observações locais da textura do solo, topografia e produtividade da rotação anterior.

Em cada sítio a parcela florestal tinha área de 600 m² (20 m x 30 m) (Anexo A), onde foram coletadas acículas, serapilheira, solo e determinados os parâmetros de produtividade das árvores, altura, diâmetro e calculado o volume.

O inventário da parcela foi realizado através da mensuração dos diâmetros a altura do peito (DAPs) de todas as árvores e a altura (h) das 10 primeiras árvores da primeira fileira e de 6 árvores dominantes. A amostragem das acículas foi realizada em agosto de 2006, no final do período de dormência, que ocorre no outono e inverno. Em cada parcela foram

selecionadas 6 árvores dominantes para coleta de acículas no terço médio da árvore, em cada ponto cardeal da copa e antepenúltimo lançamento de acículas dos galhos (Anexo B). Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e transportadas ao laboratório.

Em cada sítio, foram coletadas serapilheira contidas dentro de um círculo com 17 cm de diâmetro (Anexo C), com quatro repetições por sítio.

A amostragem do solo foi realizada no mês de agosto de 2006 logo após a coleta das acículas e da serapilheira. Após a escolha do local, foi aberta uma trincheira por sítio com dimensões de 1x2 metros e profundidade até o substrato rochoso ou no máximo 2 metros quando este não foi encontrado. Em cada perfil descrito foram separados os horizontes pedogenéticos, realizada a descrição geral e a morfológica (Anexo D) e coletadas amostras compostas com estrutura alterada de cada horizonte, acondicionadas em sacos plásticos e duplicatas de amostras com estrutura preservada (anéis volumétricos com dimensões de 2,5 cm de raio e altura de 2,5 ou 5 cm). No momento da coleta das amostras foi determinada a resistência do solo a penetração com penetrômetro da marca Humboldt e escala de 0 a 5 kg cm⁻² sendo feita também uma coleta de amostras para a determinação da umidade.

A classificação dos solos foi realizada conforme critérios preconizados no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006).

2.5. DETERMINAÇÕES

Nas amostras com estrutura preservada foram determinados o volume de macroporos, de microporos, porosidade total, densidade do solo, umidade gravimétrica e volumétrica. Nas amostras com estrutura alterada foram determinados a distribuição do tamanho das partículas, o grau de floculação e as propriedades químicas: teores de N, P, K, Ca, Mg, Na, Al e Al+H, o pH em água e pH em KCl 1 M e o teor de MO.

2.5.1 Análises químicas do solo

Para as determinações químicas foram coletadas amostras de solo com estrutura alterada e acondicionadas em sacos plásticos, para determinação dos atributos químicos, pH em água, pH SMP, pH em cloreto de potássio (KCL), Na, K, Ca, Mg trocáveis, P extraível, carbono orgânico (CO), N total, acidez potencial (H + Al) e Al trocável. Com essas determinações foi calculada a saturação por Al (M), soma de bases (SB), saturação por bases (V) e capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC_{pH7,0}).

As amostras de solo foram secas em estufa a 105°C, destorroadas e moídas. As análises químicas foram feitas na fração TFSA (passadas em peneira de 2 mm). O carbono orgânico (CO) foi determinado pelo método de WALKLEY & BLACK modificado por TEDESCO et al. (1995). As determinações de pH em H₂O e SMP foram feitas na relação 2:1 com leituras com potenciômetro conforme TEDESCO et al. (1995), no entanto, o pH KCL foi determinado conforme EMBRAPA (1999). O N total do solo foi determinado através de uma alíquota de 10-20 ml proveniente da digestão com ácido sulfúrico e reativo de selênio que foi destilada (TEDESCO et al., 1995), após adição de NaOH, coletando-se o destilado em erlenmeyer contendo o indicador ácido bórico e titulando-se com H₂SO₄ diluído. O P extraível foi obtido pelo método Mehlich, com o extrator de solução ácida contendo HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹ (solução PA), com leitura da transmitância em colorímetro com comprimento de onda ajustado para 660 nm. O Na e o K foram extraídos com solução neutra de acetato de amônio e quantificados por fotometria de chama. O Ca, Mg e o Al foram extraídos com solução neutra de cloreto de K (KCl) 1 mol L⁻¹, sendo os dois primeiros determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o último determinado por titulometria de neutralização com NaOH, conforme TEDESCO et al. (1995). A acidez total (H + Al) foi extraída com solução de acetato de Ca 0,5 mol L⁻¹ em pH 7 e quantificada por titulometria com hidróxido de Na (NaOH).

2.5.2 Análises físicas do solo

Foram coletadas amostras com estrutura alterada e acondicionadas em sacos plásticos para a determinação de teores de areia, silte, argila total, argila dispersa (AD) e o grau de flocculação (GF). A distribuição de tamanhos de partículas foi determinada pelo método da pipeta (GEE & BAUDER, 1986), usando-se uma solução de hidróxido de Na (NaOH) como dispersante químico e em outra amostra apenas a água, após agitação a 150 rpm por 2 horas. A fração areia foi removida por tamisamento em peneira de 0,053 mm. As frações silte (0,002 a 0,053 mm) e argila (< 0,002 mm) foram separadas por sedimentação e posterior pipetagem da argila em suspensão. As frações argila e areia foram calculadas após pesagem em estufa a 105° C e o silte foi calculado por diferença.

As amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas em anéis volumétricos, acondicionadas em latas de alumínio, vedadas e levadas ao laboratório, para a determinação de: porosidade total (PT), macro e microporosidade em coluna de areia conforme descrito por REINERT & REICHERT (2006); densidade do solo (Ds) pelo método do anel volumétrico;

densidade de partículas (D_p) pelo método do balão modificado por GUBIANI et al. (2006); a PT foi calculada utilizando-se a fórmula: $PT = 1 - (D_s)/(D_p)$, sendo as unidades de porosidades em $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e D_s e D_p em g cm^{-3} (BLAKE & HARTGE, 1986).

Foi determinada a curva de retenção de água nas tensões de 6 kPa na coluna de areia e a 10, 33, 50, 100 e 1500 kPa na Câmara de Richards (KLUTE, 1986). A água disponível (AD) foi calculada pela diferença entre a água retida a 10 e 1500 kPa.

2.5.3 Análises químicas das acículas e serapilheira

As análises dos macronutrientes do tecido foliar e serapilheira foram realizadas conforme a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995), determinando-se os nutrientes com uma única digestão por H_2O_2 e H_2SO_4 (sistema aberto).

Para a determinação do N, foi retirada uma alíquota de 10-20 mL do extrato digerido e posteriormente foi destilada (TEDESCO et al., 1995), após adição de NaOH, coletando-se o destilado em erlenmeyer contendo o indicador ácido bórico e titulando-se com H_2SO_4 diluído. O P foi determinado por espectrometria numa alíquota de extrato após a adição de molibdato de amônio e ácido aminonaftolsulfônico. O K foi determinado por fotometria de emissão de chama após diluição do extrato (TEDESCO et al., 1995). O Ca e o Mg foram determinados no espectrofotômetro de absorção atômica. O S foi determinado através da digestão do tecido vegetal com $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$, do qual foi retirada uma alíquota e adicionado HCl 0,1M e de BaCl_2 -gelatina para posterior determinação por espectrometria.

Para a determinação dos micronutrientes do tecido foliar e serapilheira foi realizada uma digestão do tecido vegetal com $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ determinando os seguintes elementos com uma única digestão: Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn), conforme a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995). Para a determinação do Cu foi retirada uma alíquota do extrato e determinado no espectrofotômetro de absorção atômica. Para a determinação do Fe, Mn e Zn, foi necessária realizar uma diluição do extrato, para que posteriormente fossem determinados os teores no espectrofotômetro de absorção atômica.

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi obtida a ANOVA considerando-se o delineamento em blocos ao acaso, considerando como fator principal dois níveis de produtividade do *Pinus taeda*: alto ($>100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e baixo ($<100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Os teores e quantidades de nutrientes presentes nos horizontes do solo foram calculados para as camadas de 0-20, 0-40, 0-60 e 0-100 cm e nos

horizontes A e A+B (solum) através de médias ponderadas entre as camadas ou os horizontes. Quando houve diferença significativa foram realizados testes de comparação de médias de Tukey a 5 %. Os teores e quantidades de nutrientes contidos em cada camada foram correlacionados através da correlação de Pearson com diâmetro (DAP), altura total e volume das árvores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DESCRIÇÃO GERAL DOS SOLOS

Os sítios em estudo possuem na sua grande maioria, o mesmo material de origem, sendo estes constituídos por rocha sedimentar composta por siltitos da formação Rio do Rastro, exceto nos sítios sete e oito localizados em Alfredo Wagner, cuja região está em parte localizada na área da Bacia do Paraná, onde predomina a formação Rio Bonito, acompanhada da formação Serra Alta, situada em uma unidade de terreno sedimentar da unidade Patamares do Alto Itajaí e próximo à linha de falha. Outra parte do município está localizada próxima à Serra Geral, abrangendo as formações sedimentares Rio do Rastro e Serra Geral. Possui um relevo diversificado e abrange três unidades geomorfológicas: a unidade Planalto dos Campos Gerais; a unidade Planalto de Lages e a unidade Patamares do Alto Itajaí (FRANK, 1995). Os atributos do solo dos oito perfis avaliados estão descritos abaixo.

3.1.1 Sítio 1: Nitossolo Vermelho Alumínico Húmico - (NVah)

É um solo muito profundo, com uma espessura do *solum* superior a 2 m, situado no terço superior de encosta. Têm seqüência de horizontes A-B, com pouca diferenciação entre os horizontes subjacentes com transições difusas ou graduais. É um solo bem a moderadamente drenado (Anexo D.1).

Possui um incremento de argila do horizonte A para o B pouco expressivo. Os teores de argila variam de 38 g 100g⁻¹ no horizonte Ap a 66 g 100g⁻¹ no AB e B₁. O teor de matéria orgânica (MO) é de 11,2 g 100g⁻¹ no horizonte Ap, decrescendo com a profundidade, exceto no horizonte BC no qual houve um pequeno incremento (Anexo D.1).

Tem baixos teores de Ca e Mg e muito baixos de K e P, é muito ácido e com altos teores de Al⁺³ trocável os quais variam de 6,3 cmolc kg⁻¹ no horizonte A₂ a 3,8 cmolc kg⁻¹ no horizonte B₃ e com uma baixa saturação por bases, variam de 3,6 % no horizonte Ap a 1,0 % no horizonte B₂, com pequeno incremento no horizonte BC (2,2%) (Anexo D.1).

A densidade do solo varia de $1,12 \text{ g cm}^{-3}$ no horizonte Ap a $1,43 \text{ g cm}^{-3}$ no horizonte B₃ (Figura 2) e uma resistência à penetração que diminui com a profundidade, variando entre 2,7 a $1,5 \text{ kg cm}^{-2}$ (Figura 6).

3.1.2 Sítio 2: Neossolo Litólico Húmico Típico - (NLht)

É um solo pouco profundo, com uma espessura do *solum* de 60 cm, situado no terço superior de encosta (topo de elevação). Têm seqüência de horizontes A-R, com pouca diferenciação entre os horizontes e transições abrupta e irregular. É um solo bem a moderadamente drenado e com rochosidade presente a partir dos 45 a 60 cm de profundidade (Anexo D.2).

Possui incremento de argila do horizonte Ap para os outros horizontes conforme aumenta a profundidade. O teor de argila varia de $34 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no horizonte Ap a $50 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no AB. O teor de MO com a profundidade decresceu de $6,70 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no horizonte Ap₁ a $3,50 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no horizonte Ap₂, exceto no horizonte AB no qual houve um pequeno incremento (Anexo D.2).

Tem baixos teores de Ca e Mg e muito baixos de K e P, é muito ácido, com altos teores de Al⁺³ trocável que decrescem ligeiramente com a profundidade, variando de $10,0 \text{ cmolc kg}^{-1}$ no horizonte Ap₁ a $8,8 \text{ cmolc kg}^{-1}$ no horizonte AB e com baixa saturação de bases variando de 2,3 % no horizonte Ap₁ a 1,7 % no horizonte AB (Anexo D.2).

Possui uma densidade do solo que varia de $1,38 \text{ g cm}^{-3}$ no horizonte Ap₂ a $1,24 \text{ g cm}^{-3}$ no horizonte AB e uma resistência à penetração que diminui com a profundidade de 3,9 a $2,3 \text{ kg cm}^{-2}$ (Figura 6).

3.1.3 Sítio 3: Cambissolo Húmico Alumínico Típico - (CHat)

É um solo profundo, com uma espessura do *solum* superior a 1,3 m, situado no terço superior de encosta. Têm seqüência de horizontes A-Bi-C, com boa diferenciação entre os horizontes e transições claras. É um solo moderadamente drenado, com um horizonte Cg fortemente gleizado com mosqueados abundantes e estrutura maciça. O horizonte BC₂ tem cor amarela, imediatamente acima do Cg fruto de reoxidação de compostos de Fe e a presença de concreções de Fe no BC₁ (em áreas localizadas) e algumas concreções presentes também no horizonte Bi₂ (Anexo D.3).

Possui um incremento de argila do horizonte A para o B pouco expressivo. Os teores de argila variam de $33 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no horizonte Ap a $53 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no BC₂. O teor de MO é de $8,3 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no horizonte Ap, decrescendo com a profundidade, exceto no horizonte BC₂ e Cg

no qual houve um pequeno incremento de MO (Anexo D.3).

Tem baixos teores de Ca e Mg e teores muito baixos de K e P, é muito ácido, com aumento de pH com a profundidade, com exceção dos horizontes BC₂ e Cg onde houve um decréscimo, com altos teores de Al⁺³ trocável que variam de 3,4 cmolc kg⁻¹ no horizonte BC₁ a 9,1 cmolc kg⁻¹ no horizonte Cg e com uma baixa saturação por bases que varia de 0,8 % no horizonte Cg a 1,7 % no horizonte BC₁(Anexo D.3).

Possui uma densidade do solo que varia de 0,90 g cm⁻³ no horizonte Ap a 1,60 g cm⁻³ no horizonte Bi₂ (Figura 2) e uma resistência à penetração que diminui com a profundidade, exceto nos horizontes A₂, Bi₁ e Bi₂ onde ocorreu um pequeno incremento na resistência a penetração (Figura 6).

3.1.4 Sítio 4: Cambissolo Húmico Alumínico Típico - (CHat)

É um solo muito profundo, com uma espessura do *solum* superior a 2 m, situado no terço superior de encosta. Têm seqüência de horizontes A-Bi-C, com pequena diferenciação entre os horizontes e transições abruptas e onduladas. É um solo moderadamente drenado (Anexo D.4).

Possui um teor médio de argila de 32 g 100g⁻¹ do horizonte A e de 46 g 100g⁻¹ no B. Os teores de argila variam de 26 g 100g⁻¹ no horizonte A₁ a 50 g 100g⁻¹ no Bi₁. O teor de MO é de 6,4 g 100g⁻¹ no horizonte A₁, decrescendo com a profundidade até 1,4 g 100g⁻¹ no horizonte Bi₃ (Anexo D.4).

Tem baixos teores de bases, é muito ácido com pH em torno de 4,5 que aumenta com a profundidade (exceto no horizonte Bi₃ onde houve uma diminuição), com altos teores de Al⁺³ trocável, que varia de 3,0 cmolc kg⁻¹ no horizonte Bi₃ a 8,2 cmolc kg⁻¹ no A₂ e que decrescem com a profundidade, exceto no horizonte A₂ onde observou-se um aumento do Al⁺³. Tem uma baixa saturação por bases que varia de 0,6 % no horizonte BA a 1,7 % no horizonte Bi₁(Anexo D.4).

Observou-se um incremento da densidade do solo com a profundidade, entretanto no horizonte Bi₁ houve um decréscimo da densidade, no entanto, nos demais horizontes as densidades variaram entre 1,18 g cm⁻³ no horizonte A₁ a 1,57 g cm⁻³ no horizonte Bi₃ (Figura 2) e uma resistência à penetração que varia entre 3,8 a 2,1 kg cm⁻² (Figura 6).

3.1.5 Sítio 5: Cambissolo Húmico Alumínico Típico- (CHat)

É um solo pouco profundo, com uma espessura do *solum* inferior a 1m, situado no terço superior de encosta. Têm seqüência de horizontes A-Bi-BC-C, com diferenciação entre os horizontes e transição clara e plana. É um solo moderadamente drenado (Anexo D.5).

Possui um incremento de argila do horizonte A para o Bi e um decréscimo a partir do BC pouco expressivo. Os teores de argila variam de 36 g 100g⁻¹ no horizonte A₁ a 46 g 100g⁻¹ no Bi decrescendo a partir daí. O teor de MO é de 10,4 g 100g⁻¹ no horizonte A₁, decrescendo com a profundidade (Anexo D.5).

Tem baixos teores de Ca e Mg e teores muito baixos de K e P, é ácido com um aumento pouco expressivo do pH em profundidade, com altos teores de Al trocável que variam de 7,2 cmolc kg⁻¹ no horizonte A₁ a 5,4 cmolc kg⁻¹ no horizonte C₂ e com uma baixa saturação por bases que variam de 1,7 % no horizonte A₁ a 1,0 % no horizonte BA (Anexo D.5).

Possui uma densidade do solo que varia de 1,0 g cm⁻³ no horizonte A₂ a 1,52 g cm⁻³ no horizonte BC (Figura 3) e uma resistência a penetração que varia entre 2,16 a 1,70 kg cm⁻², diminuindo com a profundidade, exceto no horizonte C onde ocorre um incremento na resistência do solo (Figura 6).

3.1.6 Sítio 6: Cambissolo Haplico Alítico Típico (Sômbrico) - (CXalt_s)

É um solo pouco profundo, com uma espessura do *solum* inferior a 1 m, situada no topo de elevação. È um perfil que não possui horizonte A provavelmente devido às ações antrópicas. Têm seqüência de horizontes B-C, com diferenciação entre os horizontes e transições predominantemente claras e planas. É um solo moderadamente drenado (Anexo D.6).

Possui pouca variação no conteúdo de argila no horizonte B. O teor de argila varia de 29 g 100g⁻¹ no horizonte BC a 40 g 100g⁻¹ no B_{sombrico}. O teor de MO diminui com a profundidade de 4,4 g 100g⁻¹ no horizonte BA_p para 1,5 g 100g⁻¹ no horizonte BC. Embora apresente um horizonte B sômbrico com coloração mais escura, o teor de MO permanece constante neste horizonte (Anexo D.6).

Tem baixos teores de Ca e Mg e teores muito baixos de K e P, é muito ácido, com altos teores de Al⁺³ trocável que varia de 8,8 cmolc kg⁻¹ no horizonte BA_p a 6,7 cmolc kg⁻¹ no

horizonte BC e com uma baixa saturação por bases que varia de 0,5 % no horizonte BA a 1,3 % no horizonte Bi e BC (Anexo D.6).

Possui uma densidade do solo que varia de $1,66 \text{ g cm}^{-3}$ no horizonte BA_p a $1,41 \text{ g cm}^{-3}$ no horizonte B_{sombrick} (Figura 3) e uma resistência a penetração que tende a diminuir com a profundidade, variando entre 3,8 a $1,7 \text{ kg cm}^{-2}$, exceto no horizonte BA onde há um aumento da resistência a penetração (Figura 6).

3.1.7 Sítio 7: Gleissolo Háptico Alítico Típico (Cripto Gleissolo) - (GXalt)

É um solo raso, com uma espessura *solum* de aproximadamente 0,15 m, situado no topo de elevação. Têm seqüência de horizontes A-C, com diferenciação entre os horizontes e transições abrupta e ondulada. É um solo mal a imperfeitamente drenado (Anexo D.7).

Possui um incremento de argila do horizonte A para o C. O teor de argila varia de $14 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no horizonte A a $36 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no Cg. O teor de MO tende a decrescer com a profundidade, variando de $4,3 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no horizonte A a $2,9 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no horizonte Cg. Tem na base do horizonte B, um horizonte melhor estruturado, o B nítico (Anexo D.7).

Tem baixos teores de Ca e Mg e teores muito baixo de K e P, é muito ácido, com altos teores de Al^{+3} trocável que varia de $14,5 \text{ cmolc kg}^{-1}$ no horizonte Cg₁ a $5,9 \text{ cmolc kg}^{-1}$ no horizonte A e com uma baixa saturação por bases que varia de 0,9 % no horizonte Cg₃ a 1,5 % no horizonte A (Anexo D.7).

Possui uma densidade do solo que varia de $1,26 \text{ g cm}^{-3}$ no horizonte A a $1,61 \text{ g cm}^{-3}$ no horizonte Cg₄ (Figura 3) e uma resistência a penetração que diminui com a profundidade, com exceção de um pequeno aumento que ocorre no horizonte Cg₁, variando assim a resistência a penetração de 2,6 a $1,0 \text{ kg cm}^{-2}$ (Figura 6).

3.1.8 Sítio 8: Cambissolo Húmico Distrófico Típico – (CHdt)

É um solo muito profundo, com uma espessura do *solum* superior a 2 m, situado no terço superior de elevação. Têm seqüência de horizontes A-B, com média diferenciação entre os horizontes e transições clara e ondulada. É um solo bem a moderadamente drenado (Anexo D.8).

Possui um incremento de argila do horizonte A para o B pouco expressivo. O teor de argila varia de $20 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no horizonte A₂ a $36 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no B_{NI}. O teor de MO é de $9,6 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ no horizonte A₁, decrescendo com a profundidade (Anexo D.8).

Tem baixos teores de Ca e Mg e teor muito baixo de K e P, é ácido, com altos teores de Al^{+3} trocável que variam de $3,7 \text{ cmolc kg}^{-1}$ no horizonte B₁ a $9,1 \text{ cmolc kg}^{-1}$ no horizonte

B_{NI} e baixa saturação por bases que varia de 0,8 % no horizonte A₂ a 1,7 % no horizonte A₁(Anexo D.8).

Possui uma densidade do solo que varia de 0,79 g cm⁻³ no horizonte A₁ a 1,62 g cm⁻³ no horizonte B₂ (Figura 3) e uma resistência à penetração que aumenta com a profundidade, 2,1 para 3,2 kg cm⁻², exceto nos horizontes B₂ e B_{NI} nos quais a resistência a penetração diminuiu (Figura 6).

3.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Observou-se através da ANOVA (probabilidade de 95 %) que não houve diferença estatística entre os perfis para as variáveis areia, silte, argila, grau de flocculação, porosidade total, macroporosidade, água disponível, umidade gravimétrica, umidade volumétrica e resistência a penetração, em quase todas as camadas, exceto para a densidade do solo na camada 0-100 cm e horizonte A para a relação silte/argila (Tabela 2).

3.2.1 Densidade e porosidade do solo

Geralmente, a menor densidade do solo foi observada na camada de 0 a 20 cm (Figuras 2 e 3), pois nessa camada o teor de MO é maior, o que diminui a densidade, por efeito direto da baixa densidade da MO e efeito indireto pela maior agregação (MELLO et al., 1983). Além disso, ocorre intenso crescimento de raízes. O maior aumento da densidade em profundidade foi observado nos perfis 3 (CHat), 5 (CHat) e 8 (CHdt), tendo sido atribuído aos processos pedogenéticos naturais. Porém, nos perfis 2 (NLht) e 6 (CXalt_s) (onde houve a perda do horizonte A), a densidade diminuiu com a profundidade, o que pode estar relacionado com o maior teor de areia e também pela pressão de máquinas que transitam sobre o solo. Em solos menos espessos, como no perfil 2 (NLht), quando sobre altas pressões das máquinas agrícolas proporciona uma compactação maior, ou seja toda a carga incide no perfil, e este, com menos espessura não transfere a pressão para camadas mais profundas, resultando em camadas mais compactadas. Neste a qualidade do solo é baixa e os processos de trocas de gases e água ficam comprometidos. Assim, a planta, dependente da absorção de ar e água tem sua produtividade comprometida.

A densidade do solo nos perfis avaliados variou de 0,82 a 1,65 g cm⁻³. Nos perfis 6 (CXalt_s) e 7 (GXalt) (Figura 3) constatou-se as maiores densidades do solo, com valores considerados críticos para as plantas. Essa maior densidade foi observada até a profundidade de 60 cm. Observa-se baixo volume de macroporos, próximo de 0,04 cm³ cm⁻³, considerado

crítico para o desenvolvimento e crescimento radicular, pois em grande parte do ano, a porosidade de aeração limita as trocas gasosas e prejudica as culturas.

O efeito na densidade do solo na produção florestal foi observado por FERREIRA & MORAIS (1995) apud GONÇALVES (2002), que verificaram uma alta correlação entre a produção de *Eucalyptus camaldulensis* e a densidade de camadas superficiais do solo (0 a 20 cm), geralmente a mais fértil e baixa correlação com a camada de 20 a 40 cm. Solos com densidade alta nesta camada possuem maior resistência mecânica, menor aeração, menor desenvolvimento radicular, ocasionando assim estresses hídricos e nutricionais mais intensos.

Em um estudo com *Pinus ponderosa* no sudeste do estado do Oregon, EUA, o aumento na densidade do solo em 26 % foi associado a uma redução de 17 % do crescimento em altura e 48 % em volume de tronco e no estado de Washington, EUA, o aumento na densidade do solo foi associado a uma redução de 13 % no crescimento em altura e de 33 % em volume de tronco (SEIXAS, 2002).

Os valores críticos de densidade do solo para solos de textura franco-argilosa a argilosa estão em torno de $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ e para solos arenosos a franco arenosos em $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$ (CAMARGO, 1997), podendo ocorrer restrição ao desenvolvimento radicular por resistência mecânica e stress hídrico em períodos de menor umidade e por deficiência de aeração em períodos mais úmidos. Para espécies florestais de rápido crescimento, GENT et al. (1984), consideram que valores de $1,58 \text{ Mg m}^{-3}$ em solos de textura argilosa na camada de 0 a 15 cm são limitantes, sendo que, para a camada de 10 a 25 cm quando os valores se aproximam de $1,80 \text{ Mg m}^{-3}$ o crescimento de raízes cessa.

Embora exista uma dificuldade para a definição e, conseqüentemente, adoção de um valor crítico para a densidade do solo, REINERT et al. (2003) através de vários estudos com cultivo de ciclo curto (menores que um ano) propuseram limites críticos de densidade do solo estabelecidos conforme a classe textural dos mesmos. Estes limites eram de $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos com textura argilosa ($>55 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ de argila), $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$ para textura média ($20 \text{ a } 55 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ de argila) e $1,65 \text{ Mg m}^{-3}$ para textura arenosa ($< 20 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ de argila).

Nos perfis e camadas com maior densidade, geralmente, a porosidade total foi menor, pois essa é dependente da densidade do solo e densidade das partículas. Os perfis com maior restrição física em relação à porosidade do solo são o perfil 2 (NLht) (Figura 2) e o perfil 6 (CXalt_s) (Figura 3), principalmente nas camadas superficiais. A porosidade total nos diferentes sítios variou de 0,42 a $0,60 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. De acordo com PREVEDELLO (1996), a porosidade total, para a maioria dos solos, está dentro da faixa adequada, embora esta possa ter variações em função da textura, teor de matéria orgânica e compactação artificial do solo.

Embora exista uma grande variação em relação à porosidade total dos solos, alguns valores comumente encontrados em solos arenosos variam entre 0,35 a 0,50 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, enquanto que, para solos argilosos oscilam entre 0,40 a 0,65 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$. Em seu estudo RIGATTO (2005) verificou que a camada de 0 a 10 cm foi a que apresentou a maior porosidade total, uma vez que nesta camada observaram-se os menores valores de densidade do solo.

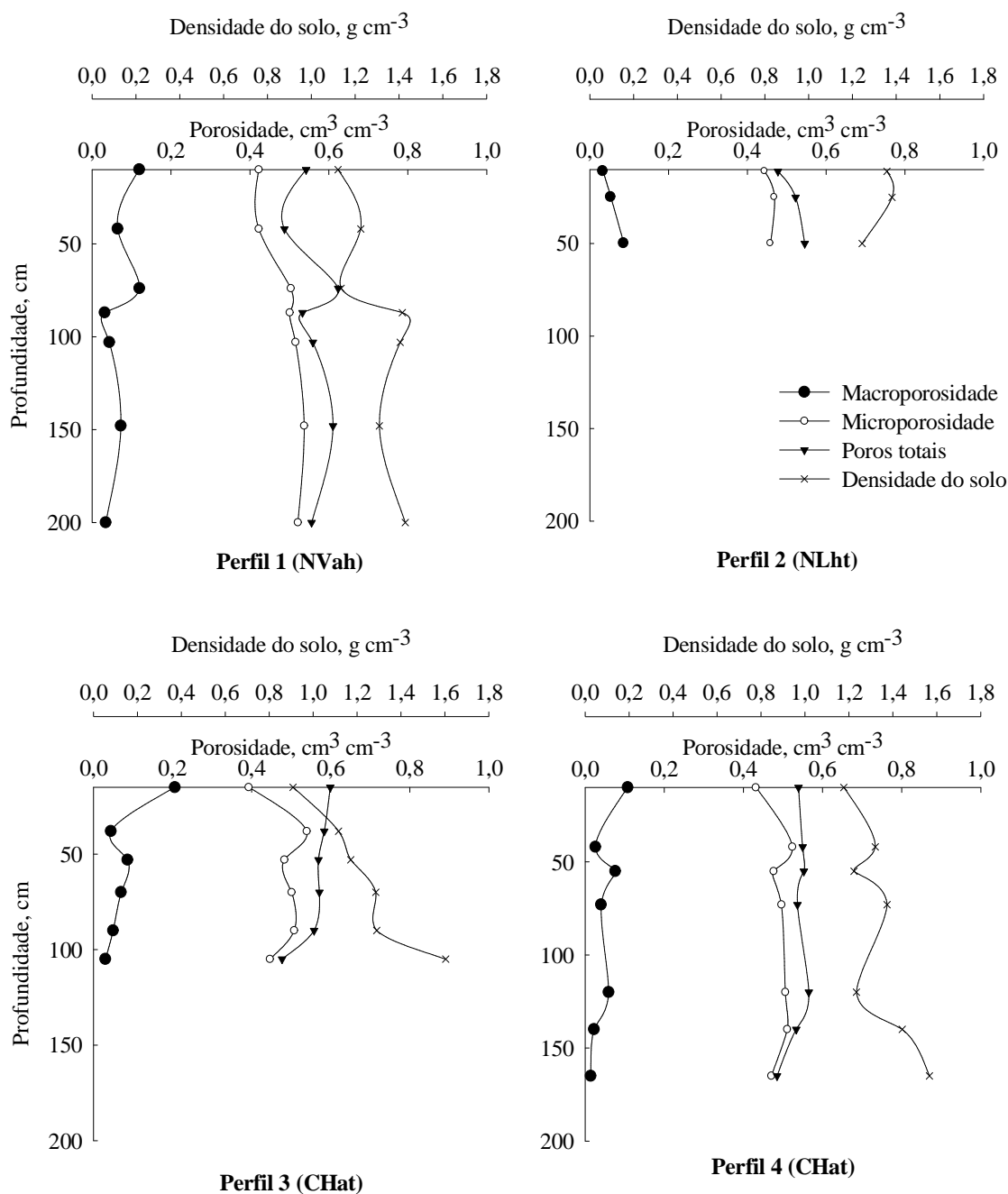


Figura 2. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total de cada horizonte nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat) e P4 (CHat).

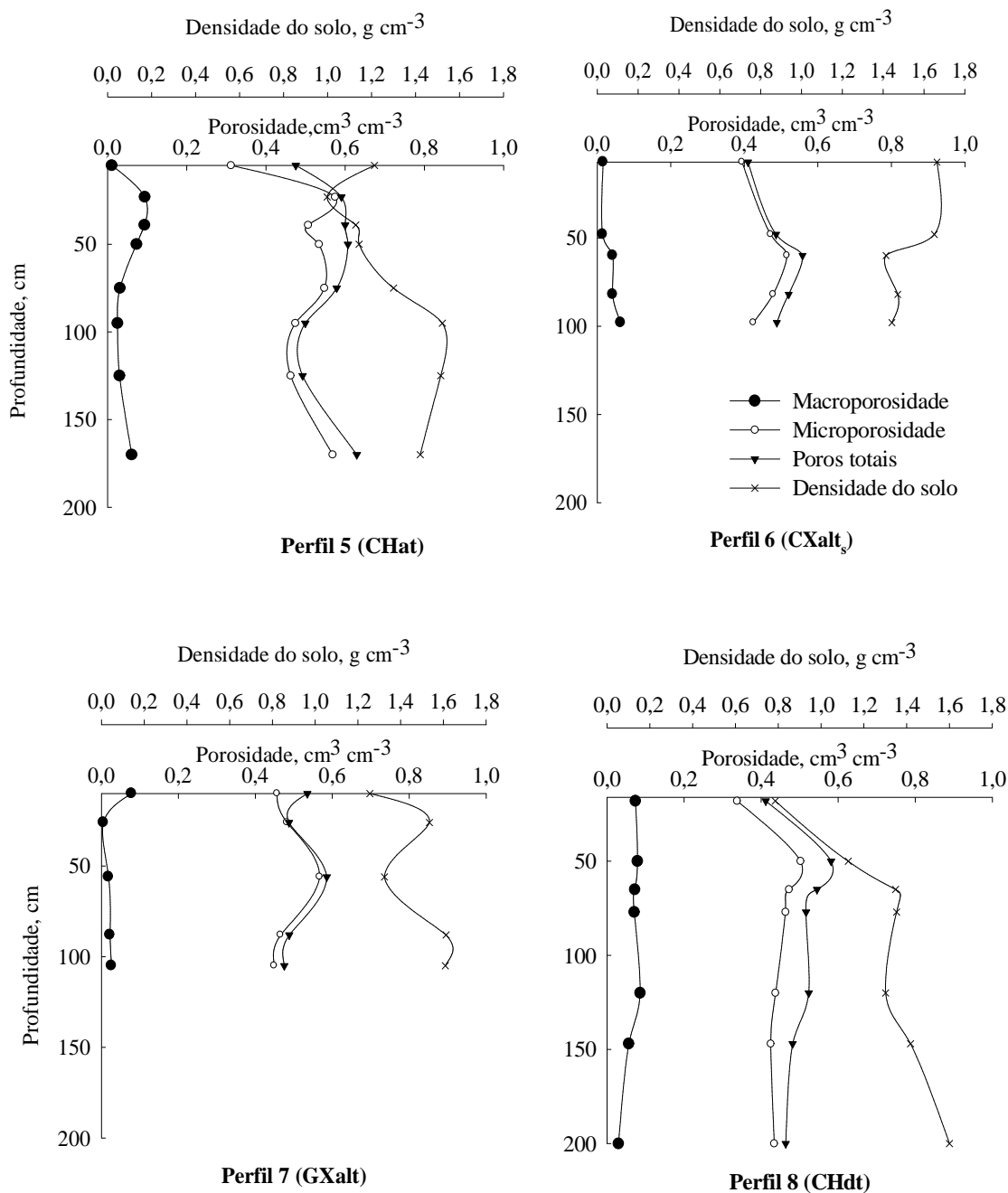


Figura 3. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total de cada horizonte nos perfis P5 (CHat), P6 (CXalt_s), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

O volume de macroporos nos perfis avaliados é baixo em relação à quantidade de microporos, pois um solo ideal segundo PREVEDELLO (1996), deveria ter 1/3 de macroporos e 2/3 de microporos, além disso, deve ter volume de poros de aeração superior a $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (TAYLOR & ASCROFT, 1972; HILLEL, 1998). No entanto, verifica-se que os macroporos variam de 0,01 (camada 0-40 cm no perfil 6 (CXalt_s)) a $0,20 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (camada 0-

20 cm no perfil 3 (CHat)) (Anexo E). A maioria dos solos, em quase todos os horizontes, tem volume de macroporos abaixo do limite crítico, com exceção do horizonte Ap do perfil 1 (NVah), do horizonte Ap do perfil 3 (CHat) e do horizonte A₁ do perfil 4 (CHat). Os perfis em que quase todos os horizontes tiveram macroporosidade abaixo do limite crítico foram o perfil 2 (NLht), 6 (CXalt_s) e 7 (GXalt). Já a quantidade de microporos variou de 0,35 (camada 0-20 cm no perfil 8 (CHdt)) a 0,53 cm³ cm⁻³ (camada A+B no perfil 5 (Chat)), geralmente maior em profundidade. BELLOTE et al. (1994), explicam que a capacidade do solo em reter água está diretamente relacionada com a quantidade de microporos existentes, os quais dependem das frações coloidais do solo para exercerem sua função de armazenagem e redistribuição de água.

3.2.2 Água disponível

A quantidade de água disponível nas camadas aumentou com a profundidade nos perfis 1 (NVah), 5 (CHat), 6 (CXalt_s) e 8 (CHdt) e decresceu nos perfis 2 (NLht), 3 (CHat), 4 (CHat) e 7 (GXalt) (Figuras 4 e 5), fato que pode ser justificado pela variação do teor de MO e da textura, distribuição do tamanho dos poros e densidade. A água disponível (AD), compreendida entre potenciais matriciais de -10 a -1500 kPa, variou de 0,03 a 0,20 m³ m⁻³ (Anexo E). A maior quantidade de água disponível foi encontrada no perfil 3 (CHat) (Figura 4), na camada mais próxima a superfície e a menor quantidade de água disponível foi encontrada no perfil 6 (CHat) (Figura 5). Como as camadas mais superficiais do solo são as de maior importância para o suprimento de nutrientes, ainda mais em plantios de *Pinus* em solos pobres em nutrientes e com drenagem excessiva (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2005), as camadas com mais água disponível contribuem para uma melhor absorção de nutrientes e resultam em maior crescimento.

Em seu estudo RIGATTO (2005), verificou, de maneira geral, que a camada de 0 a 10 cm foi a que apresentou as maiores porcentagens de água disponível. Os menores incrementos de produtividade, relacionados ao teor de argila, foram observados nos solos de textura arenosa e média, que possuem acentuada drenagem interna e baixa capacidade de retenção de água, portanto mais suscetível à deficiência hídrica (GOLÇALVES, 2002).

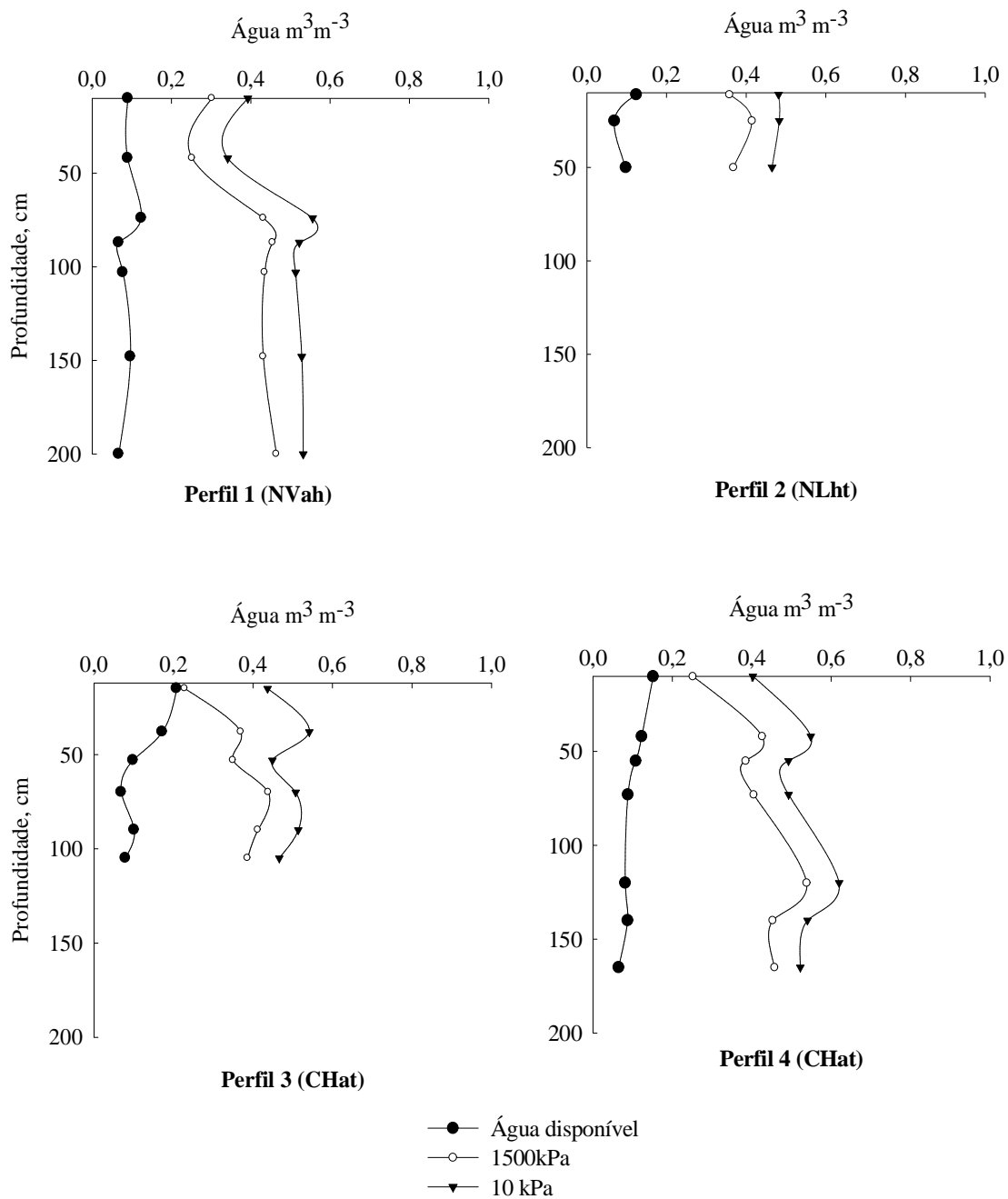


Figura 4. Variação da água disponível em cada horizonte nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat) e P4(CHat).

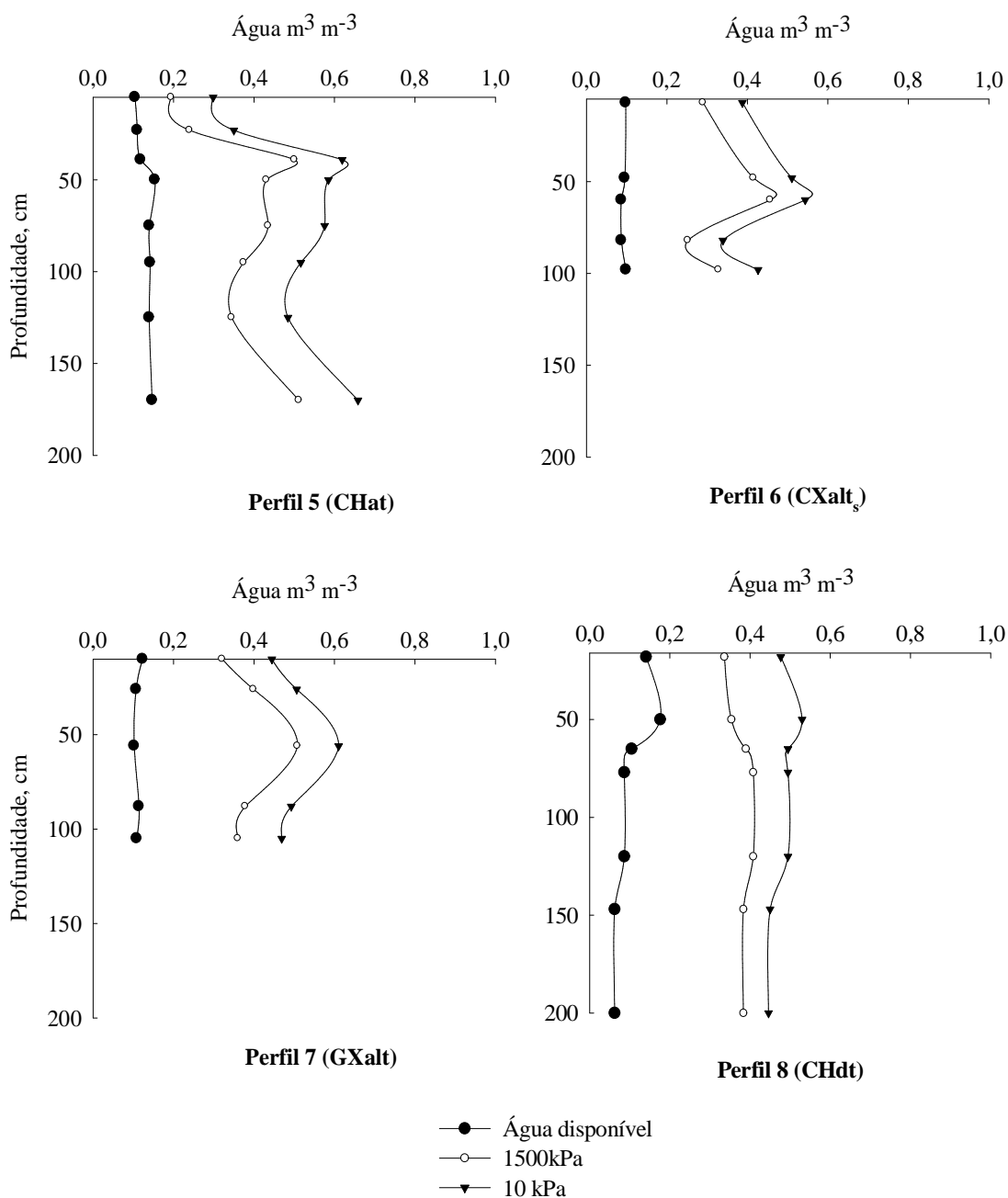


Figura 5. Variação da água disponível em cada horizonte nos perfis P5 (CHat), P6 (CXalt_s), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

3.2.3 Resistência à penetração

Na maioria dos sítios, a resistência à penetração é maior nos horizontes superficiais e diminuiu com a profundidade, provavelmente devido à compactação causada pelo tráfego das máquinas na ocasião do plantio e da colheita e o menor teor de água nos horizontes mais superficiais (Figura 6). Exceção foi o perfil 8 (CHdt) onde ocorreu o contrário, apesar de não

existir diferença na textura. Os perfis 1 (NVah), 5 (CHat), 7 (GXalt) e 8 (CHdt) tem na camada mais superficial os menores valores de resistência a penetração, próximo de $2,5 \text{ kg cm}^{-2}$ enquanto que nos demais perfis a resistência a penetração foi próxima de $3,5 \text{ kg cm}^{-2}$. Nestes perfis a densidade do solo nos horizontes superficiais são baixas, menores que $0,8 \text{ g cm}^{-3}$.

A resistência está estreitamente associada à densidade do solo e, para um mesmo teor de água, é tanto maior quanto maior a densidade, mostrando ser um bom indicador da compactação. Alguns pesquisadores sugerem que a densidade não é o mais importante fator que limita o crescimento radicular, mas sim a resistência que o solo oferece ao crescimento das raízes, que pode ser medida por um penetrômetro. No entanto, como existe relação da resistência a penetração com a umidade, é um atributo muito variável com o tempo, pois em um período mais seco a resistência à penetração pode ser maior que em períodos mais úmidos, enquanto que a densidade é mais estável em relação à umidade e depende mais da compactação do solo.

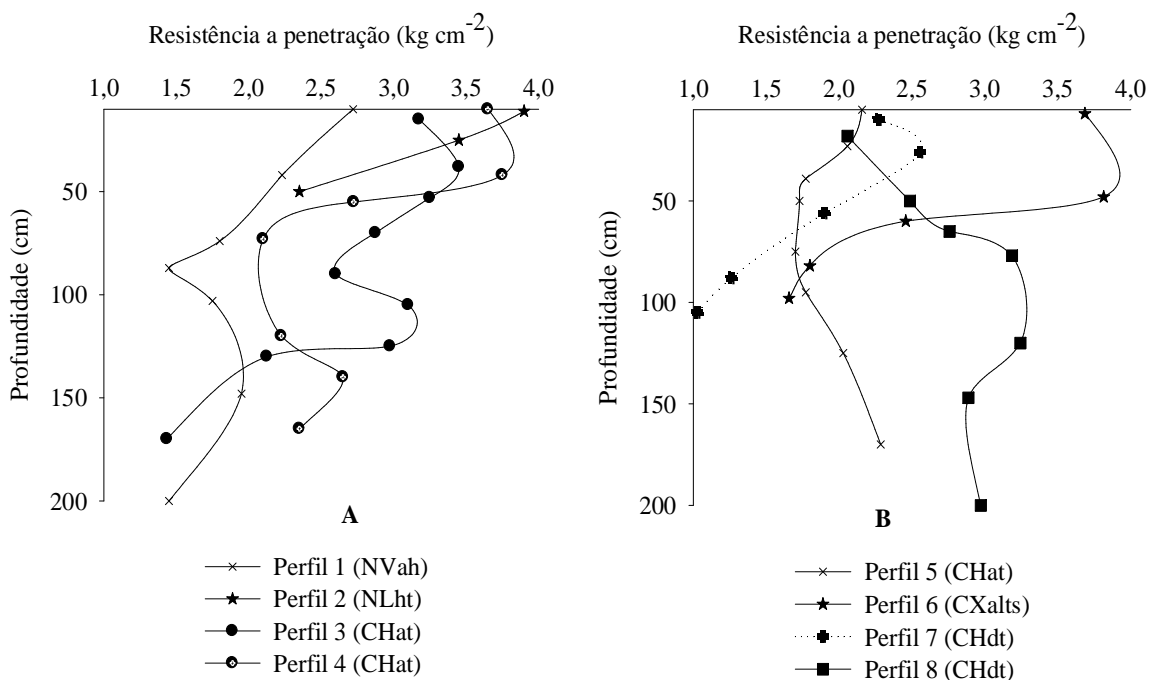


Figura 6. Resistência à penetração nos horizontes dos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat) e P4 (CHat) (Figura A); P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt) (Figura B).

A resistência mecânica é dependente da umidade do solo e diminui quando a umidade aumenta. Isso ocorre porque, à medida que o solo seca, as forças de coesão aumentam e os

agentes cimentantes que estão na solução se concentram próximos dos pontos de contato, além da redução do efeito lubrificante da água. A resistência à penetração limitante varia de cultura para cultura, porém o valor de 2 MPa é citado como o limite crítico, acima do qual a redução do crescimento radicular é maior (SILVA, 2002).

Em geral verificou-se que a produtividade dos sítios foi maior onde existia a maior profundidade de Perfil e com menor densidade do solo e resistência a penetração, como observado no perfil 1 (NVah). Na fazenda Condessa o Perfil 5 (CHat) foi o mais produtivo e também o mais profundo e com menor densidade comparado ao Perfil 6 (CXalts) de menor produtividade, mais denso e com maior resistência à penetração. Neste caso, observou-se nítida compactação, o que dificultou também a coleta de anéis para determinações de densidade e porosidade.

De maneira geral, nos perfis com profundidade próxima ou inferior a 100 cm, a produtividade foi inferior aos correspondentes mais profundos em cada fazenda. Nestes perfis, a densidade do solo foi maior, provavelmente devido a menor espessura de todo o perfil. Era esperado que, nos perfis com melhor qualidade, a produtividade fosse maior. No entanto, isso não foi observado estatisticamente, possivelmente devido ao elevado CV para algumas variáveis (Tabela 2).

Tabela 2. Resultado da análise estatística das quantidades de areia, silte, argila, grau de flocculação (GF), silte/argila, densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade, microporosidade, resistência à penetração (RP), água disponível (AD), umidade gravimétrica (Ug) e umidade volumétrica (Uv) nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horiz. A e *Solum* (A+B) no P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

Prof	Produtividade	Areia	Silte	Argila	GF	Silt/Arg	Ds	PT	Macro	Micro	RP	AD	Ug	Uv
		g 100g ⁻¹			%		g cm ⁻³		cm ³ cm ⁻³		kg cm ⁻²	cm ³ cm ⁻³	g g ⁻¹	
20	Alta	31 a	35 a	34 a	30 a	1,1a	1,10 a	0,50 a	0,07 a	0,43 a	2,6 a	0,09 a	0,29 a	0,32 a
	Baixa	28 a	40 a	31 a	16 a	1,5a	1,31 a	0,53 a	0,08 a	0,45 a	3,3 a	0,14 a	0,24 a	0,31 a
	Coef. variação (%)	22	25	10	42	37	13	11	78	15	23	34	13	14
40	Alta	30 a	34 a	36 a	33 a	1,0a	1,14 a	0,53 a	0,07 a	0,45 a	2,4 a	0,10 a	0,28 a	0,32 a
	Baixa	28 a	39 a	33 a	22 a	1,3a	1,34 a	0,53 a	0,05 a	0,48 a	3,3 a	0,13 a	0,24 a	0,32 a
	Coef. variação (%)	26	23	8	36	26	10	8	55	9	23	29	13	11
60	Alta	28 a	33 a	38 a	34 a	0,9 a	1,17 a	0,54 a	0,07 a	0,47 a	2,3 a	0,11 a	0,28 a	0,33 a
	Baixa	27 a	38 a	35 a	26 a	1,2 a	1,34 a	0,54 a	0,05 a	0,49 a	3,0 a	0,12 a	0,24 a	0,32 a
	Coef. variação (%)	26	21	7	29	23	8	7	34	7	24	15	11	9
100	Alta	27 a	32 a	40 a	32 a	0,9 a	1,24 b	0,54 a	0,07 a	0,47 a	2,3 a	0,10 a	0,27 a	0,33 a
	Baixa	26 a	37 a	36 a	25 a	1,1 a	1,37 a	0,53 a	0,05 a	0,48 a	2,6 a	0,11 a	0,24 a	0,33 a
	Coef. variação (%)	23	23	10	27	22	3	4	26	6	27	13	10	10
A	Alta	29 a	33 a	37 a	35 a	0,9 b	1,16 a	0,54 a	0,08 a	0,47 a	2,4 a	0,10 a	0,28 a	0,32 a
	Baixa	27 a	44 a	28 a	20 a	1,9 a	1,20 a	0,55 a	0,08 a	0,48 a	3,0 a	0,13 a	0,25 a	0,30 a
	Coef. variação (%)	14	19	10	27	18	11	4	41	2	16	17	10	7
A+B	Alta	25 a	33 a	41 a	47 a	0,9 a	1,28 a	0,54 a	0,06 a	0,48 a	2,3 a	0,10 a	0,26 a	0,33 a
	Baixa	27 a	40 a	33 a	30 a	1,6 a	1,32 a	0,52 a	0,05 a	0,47 a	2,7 a	0,09 a	0,23 a	0,30 a
	Coef. variação (%)	17	28	16	46	69	9	10	40	8	27	22	12	5

3.2.4 Correlação entre os atributos físicos do solo e as variáveis de produtividade do *Pinus taeda*.

Das variáveis físicas, o teor de silte na média das camadas, desde 0 a 20 até 0 a 100 cm foi o que teve maior relação com a produtividade do *Pinus taeda*, entretanto esta relação foi negativa (Tabela 3). Isso indica que os solos mais siltosos, ao prejudicarem a qualidade física do solo, afetam também as plantas.

A resistência à penetração, grau de flocculação, água disponível também tiveram relação com os parâmetros dendrométricos do Pinus, mas as correlações foram menos consistentes.

Tabela 3. Coeficiente de correlação (r) entre os parâmetros dendrométricos do *Pinus taeda* com a quantidade de silte, grau de flocculação (GF), relação silte/argila, resistência à penetração (RP) e água disponível (AD), nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horiz. A e *Solum* (A+B) no P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

	Prof	Dap	Altura	Volume		Prof	Dap	Altura	Volume
Silte	20	-0,39	-0,45	-0,62	RP	20	-0,26	-0,28	-0,49
	40	-0,47	-0,47	-0,68*		40	-0,44	-0,40	-0,57
	60	-0,57	-0,58	-0,72**		60	-0,57	-0,48	-0,62
	100	-0,70**	-0,72**	-0,66*		100	-0,65*	-0,42	-0,43
	A	-0,47	-0,52	-0,73*		A	-0,36	-0,16	-0,41
	A+B	-0,48	-0,53	-0,32		A+B	0,40	0,38	0,13
GF	20	0,56	0,61	0,53	AD	20	-0,67*	-0,55	-0,54
	40	0,63*	0,56	0,52		40	-0,65*	-0,45	-0,43
	60	0,49	0,43	0,41		60	-0,56	-0,33	-0,25
	100	0,26	0,26	0,34		100	-0,45	-0,36	-0,26
	A	0,55	0,65	0,50		A	-0,56	-0,37	-0,37
	A+B	0,37	0,40	0,58		A+B	0,41	0,39	0,13
Silt/A rg	20	-0,47	-0,59	-0,51					
	40	-0,57	-0,59	-0,55					
	60	-0,57	-0,59	-0,51					
	100	-0,64*	-0,67*	-0,55					
	A	-0,51	-0,71*	-0,58					
	A+B	-0,46	-0,65*	-0,43					

NOTA: *significativo p<0,1 ** significativo p<0,05 ***significativo p<0,01

A água disponível apresentou correlação significativa, porém negativa com o DAP nas camadas de 0 a 20 cm e de 0 a 40 cm. Essa relação tem muita influência do perfil 3 (CHat) que tem mais água disponível mas tem uma das menores produtividades, provavelmente

devido a restrição química uma vez que este tem uma boa qualidade física do solo. RIGATTO (2002) encontrou correlações positivas entre esse atributo e a altura total de *Pinus taeda*. Para STAPE & GOMES (1996), há uma grande tendência de redução do crescimento das árvores mediante a diminuição da água no solo. MELO (1994), também concorda que o teor de água disponível do solo é um dos fatores que mais determina o crescimento das árvores. Os demais atributos físicos do solo tiveram coeficientes de correlação muito baixos ou não significativos, não permitindo constatações nesse estudo em relação ao crescimento das árvores.

3.3. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os teores médios dos atributos químicos foram calculados para camadas de 0 a 20, 0 a 40, 0 a 60 e 0 a 100 cm e para os horizontes A e A mais B (Anexo F).

Observou-se que o pH H₂O variou de 3,8 a 4,6, valores classificados segundo a EMBRAPA (2006) como fortemente ácidos (4,3 a 5,3) e extremamente ácidos (<4,3) para a maioria das camadas, independente do sítio. Segundo RIGATTO (2002), esses valores de pH estão dentro dos limites aceitáveis para o crescimento de *Pinus taeda*, não influenciando de forma negativa o crescimento da espécie. Para GONÇALVES (1995), o *Pinus* sp. além de ser pouco sensível à acidez, tolera altos níveis de Al⁺³ e Mn⁺² do solo.

Em quase todos os perfis, observa-se um aumento no pH com a profundidade, com exceção dos perfis P4 (CHat) e P6 (CXalt_s), onde ocorreu um pequeno decréscimo do pH em relação ao horizontes superficiais.

Conforme o pH aumenta, os teores de Al⁺³ e H mais Al diminuem, o que confirma a relação inversa entre o pH e essas duas variáveis (Anexo F). Porém, o alto grau de acidez do solo se deve a elevada quantidade de Al⁺³ trocável (Anexo G) e elevada acidez potencial (H+Al).

As elevadas concentrações de N observadas no horizonte A e nos horizontes superficiais, devem-se ao alto teor de matéria orgânica presente no solo. De uma maneira geral observa-se que nas camadas de 0 a 40 cm os teores de nutrientes são mais elevados, provavelmente devido à decomposição da serapilheira e conseqüente liberação dos nutrientes no solo. SCHUMACHER (2000) trabalhando com *Pinus taeda*, em um povoamento com 18 anos de idade, encontrou nos primeiros 20 cm de profundidade 8,6 ton ha⁻¹ de N, quantidade que diminui com a profundidade. Conforme MELLO et al. (1983), a distribuição do N no perfil do solo varia de acordo com a distribuição da matéria orgânica e que na maioria dos solos se concentram nas camadas superiores do perfil. Porém, segundo PILBEAN &

KIRKBY (1992), em solos extremamente ácidos predominam o N na forma de NH_4^+ , que por sua vez prejudica a absorção de Ca e K. Nessa condição, são observados teores elevados de Al e Mn e baixos de K, Ca e Mg, tornando inclusive o P menos disponível.

Com relação aos teores de P verifica-se que em todos os sítios estão muito baixos e variaram de 0,1 a 3,9 mg dm^{-3} , com maiores teores nos horizontes superficiais dos perfis 1 (NVah), 2 (NLht), 5 (CHat), 6 (CXalts) e 7 (GXalt). No perfil 3 (CHat) existe variação entre os horizontes independente da seqüência de horizontes. No perfil 4 (CHat) os teores são semelhantes entre os horizontes com média próxima de 3,5 mg dm^{-3} . No perfil 8 (CHdt) os teores de P são maiores nos horizontes mais profundos como pode ser observado no horizonte B1 (1,6 mg dm^{-3}) (Anexo D.8). Segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO (2004) os teores de P são classificados como muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto dependendo do teor de argila do solo. Para solos com classe textural 2 (teor de argila entre 60 a 41 $\text{g } 100\text{g}^{-1}$) os teores de P variam de muito baixo ($\leq 3,0 \text{ mg dm}^{-3}$), baixo (3,1 a 6,0 mg dm^{-3}), médio (6,1 a 9,0 mg dm^{-3}), alto (9,1 a 18,0 mg dm^{-3}) e muito alto ($> 18,0 \text{ mg dm}^{-3}$), enquanto para solos da classe textural 3 (teor de argila entre 40 e 21 $\text{g } 100\text{g}^{-1}$) esses teores variam de muito baixo ($\leq 4,0 \text{ mg dm}^{-3}$), baixo (4,1 a 8,0 mg dm^{-3}), médio (8,1 a 12,0 mg dm^{-3}), alto (12,1 a 24,0 mg dm^{-3}) e muito alto ($> 24,0 \text{ mg dm}^{-3}$). Assim, na maioria dos perfis avaliados o teor de argila está na classe 3 e os teores de P classificados como muito baixo.

Os teores de K variaram de 0,02 a 0,20 cmolc dm^{-3} , com maiores teores nos horizontes superficiais em quase todos os perfis exceto no perfil 1 (NVah) com teores semelhantes entre os horizontes. No perfil 3 (CHat), 4 (CHat), 5 (CHat) e 8 (CHdt) existe variação entre os horizontes independente da seqüência de horizontes. O perfil 6 (CXalts) tem teores semelhantes entre os horizontes com média de 0,03 cmolc dm^{-3} . No perfil 1 (NVah) e 2 (NLht) os teores de K decrescem com a profundidade, exceto no horizonte AB do perfil 1 (NVah) onde houve um pequeno aumento. Os demais perfis têm teores muito baixos. Os teores de K no perfil 2 (NLht) foi o único que tem teores médios de 0,16 a 0,20 cmolc dm^{-3} entre camadas, aproximadamente 5 vezes maior que no sítio 3 com menor teor de K (CHat) (Anexo F). Segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO (2004) os teores de K são classificados como muito baixo (menor que 0,08 cmolc dm^{-3}), baixo (0,09 a 0,15 cmolc dm^{-3}), médio (0,16 a 0,23 cmolc dm^{-3}), alto (0,24 a 0,46 cmolc dm^{-3}) e muito alto (maior que 0,46 cmolc dm^{-3}) para solos com CTC acima de 15 cmolc kg^{-1} , a qual é observada na maioria dos horizontes dos solos avaliados.

Quanto aos níveis de Ca trocável, conforme a classificação proposta pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO (2004), eles são considerados baixos ($< 2,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$) para

todos os perfis. Os teores de Ca variaram de 0,01 a 0,60 cmolc dm^{-3} , com maiores teores nos horizontes superficiais em quase todos os perfis exceto nos perfis 6 (CXalts) e 7 (GXalt). Nos perfis 1 (NVah) e 2 (NLht) os teores de Ca diminuem com o aumento da profundidade. Nos perfis 3 (CHat), 4 (CHat), 5 (CHat), 6 (CXalts), 7 (GXalt) e 8 (CHdt) existe variação entre os horizontes independente da seqüência de horizontes. Quanto ao Mg trocável e o Ca mais Mg, estes são classificados como baixos ($<0,5$ e $<2,5$ cmolc dm^{-3} , respectivamente) em todos os horizontes, independente do sítio. Observa-se que os teores de Mg variaram de 0,01 a 0,05 cmolc dm^{-3} , com maiores teores nos horizontes superficiais nos perfis 1 (NVah), 2 (NLht), 3 (CHat), 4 (CHat), 5 (CHat), 6 (CXalts) e 7 (GXalt). Em todos os perfis existe variação entre os horizontes independente da seqüência de horizontes exceto no perfil 2 (NLht) o qual tem teores semelhantes entre os horizontes com média próxima a 0,04 cmolc dm^{-3} (Anexo D.2).

CORRÊA (2007) trabalhando com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em Latossolos Vermelho distrófico psamítico e Neossolo Quartzarênico órtico glêico e RIGATTO (2002) trabalhando com *Pinus taeda* em Latossolos e Cambissolos de textura média e argilosa, observaram teores de Ca e Mg geralmente baixos a médios em seus sítios de estudo. SCHUMACHER et al. (2005) apud ROSA et al. (2007), estudando uma área de segunda rotação de *Pinus taeda* observaram uma diminuição dos teores de Mg no solo entre duas amostragens anuais subseqüentes e afirmaram que a diminuição de Mg poderia ter ocorrido devido à demanda do nutriente pelas árvores.

Em um Cambissolo Húmico alumínico léptico na região Lages (SC), ALMEIDA et al. (2005) avaliaram os sistemas de uso e preparo do solo, constatando que os teores de Al^{+3} trocável, bem como a acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), foram altos no campo nativo variando de 5,0 a 7,6 cmolc kg^{-1} e 13,7 a 16,8 cmolc kg^{-1} , respectivamente. Estes teores foram compatíveis com os baixos valores de pH (4,6 a 4,7) e teores de Ca (0,1 a 0,7 cmolc kg^{-1}) e Mg (0,2 a 0,7 cmolc kg^{-1}) com decréscimo em profundidade. ALBERTON et al. (2006) estudando um Cambissolo Húmico de textura franca argilosa no município de Bocaína do Sul – SC também observaram baixos valores de pH (4,4 a 4,7), de Ca (0,5 a 1,7 cmolc kg^{-1}) e teores médios de Mg (0,3 a 0,9 cmolc kg^{-1}) com decréscimo em profundidade. Esses dois estudos, utilizados para comparação com os resultados observados no presente estudo para os solos da mesma região, permitem afirmar que os teores de Ca e Mg nos oito sítios avaliados estão bem inferiores aos do campo nativo. Isso indica que já na terceira rotação do *Pinus taeda* houve um decréscimo acentuado nos teores desses elementos no solo. Para a manutenção da capacidade produtiva do solo é necessária a reposição dos nutrientes exportados.

A capacidade de troca de cátions (CTC_{pH7}) média em todos os sítios, geralmente tendo os maiores valores nos solos mais argilosos (Figura 7), coincidindo com o observado por SANTOS FILHO (1985) e SANTOS FILHO & ROCHA (1987). A CTC foi, geralmente, maior nos horizontes superficiais (até 50 cm), possivelmente, devido à contribuição da matéria orgânica à CTC total. Os valores médios de CTC_{pH7} pode ser devido à presença de polímeros amorfos de hidróxidos de Al^{+3} nas entrecamadas de argilominerais 2:1 (CAMPOS et al., 2003), os quais são fortemente sorvidos sobre a superfície das argilas, reduzindo a carga negativa superficial.

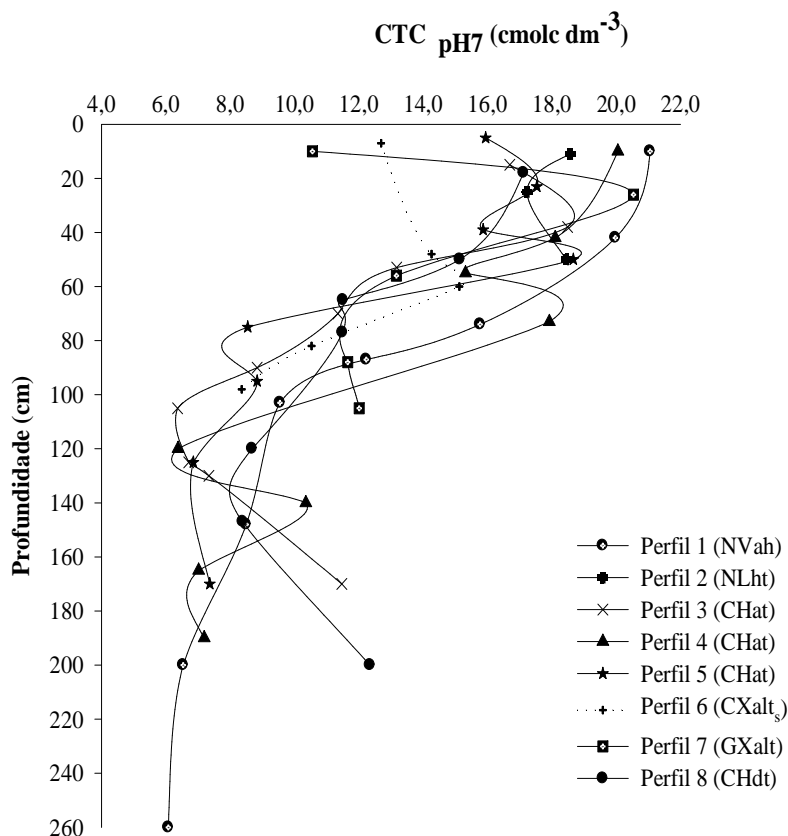


Figura 7. CTC_{pH7} nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalt_s), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

Os sítios estudados possuem teores alto (35 a 50 %) e muito alto (> 50 %) de saturação por Al^{+3} , com saturação média próxima de 96 %.

Considerando os resultados discutidos até o presente, com baixos teores de cátions básicos, a saturação por bases resultou em valor muito baixo (Figura 8). Isso está relacionado com a quantidade de bases no material de origem, ao intenso processo de intemperismo que

ocorre na região, à retirada de nutrientes pelas árvores e sua exportação por ocasião da colheita. No perfil 1 (NVah) os teores de V foram maiores na superfície tendendo a diminuir com a profundidade. Nos outros perfis existe variação entre os horizontes independente da seqüência de horizontes.

Em um estudo comparativo das características químicas e físicas de um solo de campo nativo e uma floresta de *Pinus elliottii* em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, ROSA et al. (2007) verificaram que os teores de Ca, K e Mg foram menores no solo utilizado com *Pinus* comparado ao campo. Comentam que a falta de Ca e Mg pode se manifestar nos solos ácidos onde a reserva desses elementos é pequena. Naquele estudo, a saturação por bases no campo nativo, na camada de 0 a 20 cm, foi de 34 % e diminuiu com a profundidade. No entanto, no povoamento de *Pinus* a saturação por bases foi de 5 % com um aumento desse valor em profundidade. SOUZA et al. (2007) observaram em áreas com mata nativa e pastagem de brachiária (*Brachiaria decumbens*), em um Argissolo Vermelho-Amarelo no Espírito Santo, na camada de 0 a 20 cm, uma saturação por bases muito baixa (19 %), valores baixos de SB ($1,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$) e CTC ($2,2 \text{ cmolc dm}^{-3}$) na área sob mata nativa. Assim quando comparadas às saturações por bases obtidas neste estudo com a do estudo anterior na mata nativa, verifica-se que solos sob plantio de *Pinus* possuem a menor saturação por bases.

Os teores de matéria orgânica nos sítios são altos na camada mais superficial ($> 25 \text{ g kg}^{-1}$) e diminuem com a profundidade (Figura 9). Os teores mais altos foram observados nos perfis 1 (NVah), 3 (CHat), 5 (CHat) e 8 (CHdt). A maioria desses perfis, exceto o perfil 3 (CHat), foram os que tiveram as maiores produtividades. Nestes sítios a ciclagem de nutrientes parecer ser mais dinâmica e eficiente, ocasionando assim um aumento dos teores de matéria orgânica do solo.

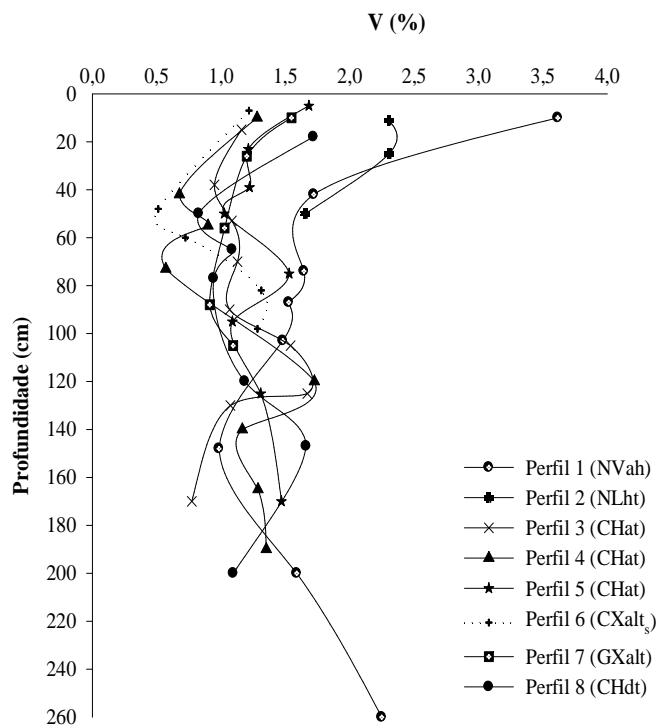


Figura 8. Saturação por bases (V %) em cada horizonte nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

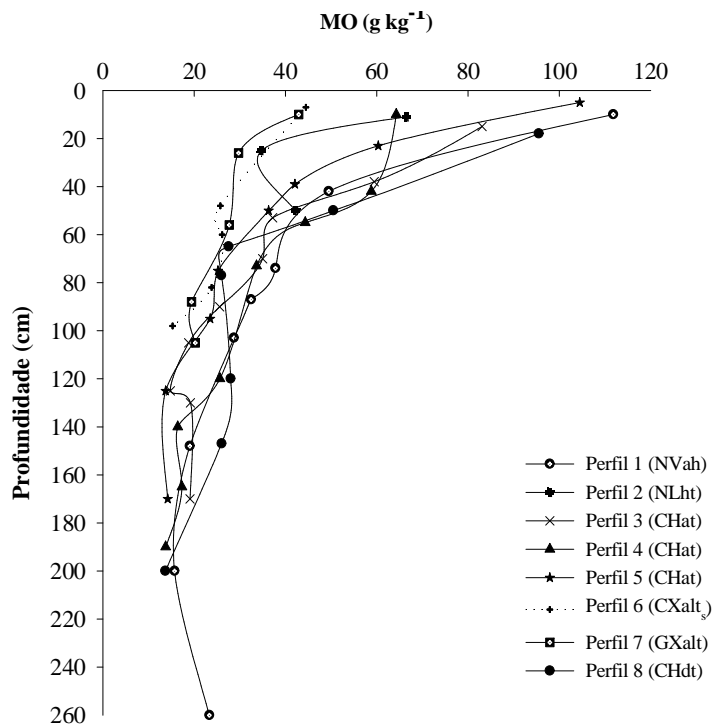


Figura 9. Teores de matéria orgânica (g kg^{-1}) em cada horizonte nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

Os teores médios de nutrientes foram muito baixos em praticamente todos os perfis e horizontes avaliados. Se esperava que nos perfis com teores maiores de nutrientes, a produtividade fosse maior. No entanto, isso não foi observado, possivelmente devido ao elevado coeficiente de variação, o que prejudica a comparação de médias. Além disso, nos perfis com maior produtividade, as quantidades de K e Ca chegam a ser o dobro das quantidades dos sítios com baixa produtividade, enquanto as quantidades de Mg e P foram maiores nos sítios menos produtivos. Quando é observada a soma das bases, geralmente os maiores teores foram observados nos sítios mais produtivos, como exemplificado na camada de 0-40 cm com SB de $0,30 \text{ cmolc dm}^{-3}$ na média dos sítios mais produtivos e de $0,10 \text{ cmolc dm}^{-3}$ na média dos sítios menos produtivos. Essas relações, aparentemente de difícil explicação, podem ser devido às restrições físicas que ocorreram em alguns perfis de maior fertilidade química. Assim, mesmo mais férteis quimicamente, no contexto geral são menos produtivos.

A quantidade total de Ca e K são dependentes da espessura dos horizontes em que a planta consegue crescimento radicular, da concentração de nutrientes e da densidade do solo. No entanto, as quantidades de Mg nas camadas de 0 a 20, 0 a 40 e 0 a 60 cm foram superiores nos sítios de baixa produtividade e assim dando um indicativo que o nutriente Mg sozinho não estaria influenciando a produtividade. O P teve um comportamento parecido com o Mg, apresentou quantidades maiores nos sítios de baixa produtividade em quase todos os horizontes (Tabela 4).

As quantidades de Al foram maiores nos sítios de baixa produtividade nas camadas de 0 a 20 cm, 0 a 40 cm, 0 a 60 cm e 0 a 100 cm. No entanto, no horizonte A e A+B observou-se uma maior quantidade de Al nos sítios de alta produtividade (Tabela 5).

Tabela 4. Resultado da análise estatística do pH (H₂O, SMP, KCL), dos teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), hidrogênio (H), soma de bases (SB), saturação por alumínio (M), saturação por sódio (ST) e cálcio mais magnésio (Ca+Mg) nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horizontes. A e Solum (A+B) no P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e no P8 (CHdt).

Prof.	Produtividade	pH			N g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K ⁽¹⁾	Ca ⁽¹⁾	Mg	Na	Al	H+Al	H	SB ⁽¹⁾	M	ST	Ca+Mg cmolc dm ⁻³
		H ₂ O	SMP	KCL													
20	Alta	4,4a	4,4a	3,6a	2,5a	1,5a	0,10a	0,20a	0,03a	0,03a	7,4a	17,8a	10,3a	0,37a	95a	0,2a	0,24a
	Baixa	4,1a	4,3a	3,5a	1,9a	1,9a	0,04a	0,07a	0,03a	0,03a	8,1a	15,9a	7,9a	0,16a	98a	0,2a	0,09a
	Coef. variação (%)	5	4	2	15	70	70	82	23	32	25	8	31	22	2	22	66
40	Alta	4,1a	4,4a	3,6a	2,1a	1,0a	0,09a	0,15a	0,03a	0,03a	7,2a	17,4a	10,3a	0,30a	96a	0,2a	0,18a
	Baixa	4,2a	4,3a	3,6a	1,7b	1,7a	0,03a	0,06a	0,03a	0,02a	7,9a	16,1a	8,2a	0,10b	98a	0,2a	0,08a
	Coef. variação (%)	2	4	1	5	89	88	88	27	30	24	6	27	20	1	47	73
60	Alta	4,0a	4,3a	3,5a	1,7a	0,8a	0,09a	0,12a	0,03a	0,03a	6,6a	16,1a	9,4a	0,27a	93a	0,2a	0,14a
	Baixa	4,2a	4,3a	3,6a	1,6a	1,7a	0,03a	0,05a	0,03a	0,03a	7,5a	15,0a	7,7a	0,14b	97a	0,1a	0,08a
	Coef. variação (%)	5	8	6	5	94	62	85	25	32	18	8	26	21	4	33	63
100	Alta	4,4a	4,7a	3,8a	1,4a	0,8a	0,09a	0,09a	0,03a	0,03a	6,6a	14,7a	8,1a	0,24a	99a	0,2a	0,12a
	Baixa	4,3a	4,3a	3,6a	1,2a	11,6a	0,03a	0,04a	0,02a	0,02a	7,1a	12,9b	5,8a	0,13b	95a	0,2a	0,07a
	Coef. variação (%)	7	12	8	14	100	50	55	12	32	19	5	20	7	7	21	39
A	Alta	4,2a	4,5a	3,7a	1,9a	0,9b	0,09a	0,11a	0,02b	0,03a	7,0a	16,7a	9,7a	0,30a	96a	0,2a	0,14a
	Baixa	3,9b	4,0a	3,3b	1,7a	1,6a	0,03a	0,06a	0,03a	0,03a	5,8a	13,7b	7,9a	0,10b	89b	0,2a	0,08a
	Coef. variação (%)	1	3	3	10	2	71	72	1	48	33	2	22	7	2	38	57
A+B	Alta	4,2a	4,3a	3,6a	1,3a	0,9a	0,09a	0,07a	0,02a	0,03a	6,5a	13,6a	7,0a	0,25a	93a	0,2a	0,09a
	Baixa	4,2a	4,2a	3,5b	1,0a	1,3a	0,03a	0,04b	0,02a	0,02a	5,5a	10,5a	5,0b	0,13a	81b	0,2a	0,06b
	Coef. variação (%)	5	5	5	41	85	94	23	30	64	36	21	14	43	6	19	19

⁽¹⁾ ANOVA e teste de médias realizadas com variável transformada K=log (valor), Ca=log (valor), Mg=log (valor), SB=log (valor).

Tabela 5. Resultado da análise estatística das quantidades médias de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio(k), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), alumínio (Al) e matéria orgânica (MO) nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, horizonte A e *Solum* (A+B) no P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e no P8 (CHdt).

Prof.	Produtividade	N ton ha ⁻¹	P	K ⁽¹⁾	Ca ⁽¹⁾ kg ha ⁻¹	Mg ⁽¹⁾	Na	Al	MO ton ha ⁻¹
20	Alta	4,1a	2,1a	61,8a	67,7a	7,2a	11,6a	1,2a	120,3a
	Baixa	4,8a	5,2a	36,5a	25,4a	9,2a	14,7a	1,9a	126,5a
	Coef. variação (%)	34	104	8	14	11	28	46	39
40	Alta	4,7a	1,8a	73,6a	64,2a	8,7a	16,7a	1,5a	132,7a
	Baixa	5,4a	6,0a	41,7a	27,2a	10,4a	16,5a	2,2a	145,2a
	Coef. variação (%)	41	122	10	18	15	31	53	44
60	Alta	4,3a	1,6a	79,0a	52,4a	8,2a	17,8a	1,5a	123,3a
	Baixa	4,7a	5,1a	38,7b	24,4a	9,2a	15,7a	2,1a	125,4a
	Coef. variação (%)	35	116	6	20	14	20	38	38
100	Alta	3,6a	4,8a	45,6a	41,7a	8,3a	12,5a	1,5a	113,2a
	Baixa	3,7a	4,5a	35,5a	22,3a	7,6a	15,2a	1,9a	101,7a
	Coef. variação (%)	31	125	95	73	26	60	15	30
A	Alta	4,5a	1,5a	87,2a	49,8a	8,3a	19,1a	1,5a	126,3a
	Baixa	3,9a	3,8a	23,8a	21,9a	6,8a	11,2a	0,8b	111,6a
	Coef. variação (%)	26	154	8	18	11	20	9	31
A+B	Alta	3,4a	2,5a	45,3a	33,4a	9,1a	11,9a	1,8a	97,0a
	Baixa	2,9a	3,7a	26,2a	14,9b	6,1a	10,9a	1,4a	89,6a
	Coef. variação (%)	45	123	71	6	25	83	70	18

NOTAS: ⁽¹⁾ ANOVA e teste de médias realizadas com variável transformada K= log (valor), Ca= log (valor), Mg= log (valor), SB= log (valor).

3.4. RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS DO SOLO COM A PRODUTIVIDADE DO *Pinus taeda*.

A análise de correlação indica que os teores de Ca, K, Mg, a soma de bases, o H+Al, H, Ca + Mg, saturação por bases (V %) e Al possuem coeficientes de correlação significativos e positivos com as variáveis dendrométricas (Tabela 6). Correlações negativas foram observadas para a saturação por Al (M %). RIGATTO (2002), também encontrou correlações positivas entre as variáveis de produtividade e os teores de K, Ca mais Mg e V %. LASO GARICOITS (1990) e MENEGOL (1991) observaram que há limitações do crescimento de *Pinus taeda* relacionadas aos níveis de alguns nutrientes do solo, sendo que, entre os mais citados estão K e Ca + Mg, o que deixa claro as correlações positivas encontradas neste trabalho.

A soma dos teores de Ca mais Mg teve correlação significativa em várias camadas do solo, geralmente correlacionando-se melhor com o DAP e o volume. O Ca mais Mg, soma de bases e a saturação por bases (V %) tiveram os maiores valores de r, o que demonstra uma

alta correlação desses atributos com o desenvolvimento das árvores. Para MELO (1994), dentre as características químicas do solo, o pH, os teores de matéria orgânica, de bases trocáveis e de N possuem correlações positivas com o crescimento das árvores. Segundo GOOR (1965), existe uma alta correlação entre a produtividade de *Pinus elliotti* e a soma de bases trocáveis, em especial a quantidade de Ca + Mg.

O Mg apresentou correlação significativa somente na camada de 0 a 100 cm quando se correlacionou com as quantidades relativas dos nutrientes minerais do solo com as variáveis dendrométricas. Quanto ao K, este apresentou correlações significativas nas camadas de 0 a 20 cm, 0 a 60 cm e 0 a 100 cm apenas para o DAP e altura. No horizonte A apresentou correlações significativas somente para o DAP.

Para pH do solo, P, Na, N, Al e a matéria orgânica não foram observadas correlações significativas para nenhuma das camadas. Assim, os resultados indicam que deveria ser aumentada a soma de bases e a saturação por bases, principalmente com a elevação dos teores de Ca, Mg e K. Esse aumento, provavelmente aumentaria a produtividade. Assim, pode-se constatar que alguns sítios têm restrições ao crescimento ocasionadas por deficiência nutricional, embora isso não tenha ficado bem claro na análise do tecido das acículas.

Quando foi analisada a quantidade dos elementos químicos em cada camada, observou-se que a quantidade de Ca teve correlação significativa na camada de 0 a 20 cm para DAP e volume, na camada 0 a 40, 0 a 60 e 0 a 100 cm somente para o volume e no horizonte A+B teve correlação significativa para todas as variáveis (Tabela 7). Este fato indica que as quantidades de Ca correlacionando-se melhor com o volume. A soma das quantidades de Ca mais Mg teve correlação significativa em várias camadas e nos horizontes A mais B, geralmente correlacionando-se melhor com o volume, o que demonstra uma forte correlação desses atributos com o desenvolvimento das árvores nestes horizontes.

Tabela 6. Coeficiente de correlação (r) entre os atributos químicos relativos do solo e as variáveis dendrométricas de *Pinus taeda* aos 6 anos de idade.

	Prof	Dap	Altura	Volume		Prof	Dap	Altura	Volume
Ca cmolc dm ⁻³	20	0,70**	0,60	0,80**	Mg cmolc dm ⁻³	20	0,26	0,21	0,15
	40	0,66*	0,53	0,75**		40	0,09	0,05	0,10
	60	0,64*	0,54	0,75**		60	0,42	0,26	0,37
	100	0,67*	0,59	0,78**		100	0,75**	0,75**	0,77**
	A	0,68*	0,59	0,78**		A	-0,03	-0,22	-0,28
A+B	0,77**	0,70**	0,73**	A+B	0,24	0,11	0,02		
K cmolc dm ⁻³	20	0,66*	0,63*	0,42	Ca+Mg cmolc dm ⁻³	20	0,71**	0,61	0,80**
	40	0,62	0,59	0,37		40	0,65*	0,52	0,73**
	60	0,73**	0,66*	0,48		60	0,64*	0,52	0,74**
	100	0,77**	0,70**	0,54		100	0,67**	0,58	0,77**
	A	0,70*	0,62	0,42		A	0,66	0,58	0,75
A+B	0,63	0,57	0,35	A+B	0,80**	0,75**	0,72**		
H cmolc dm ⁻³	20	0,37	0,51	0,58	H+Al cmolc dm ⁻³	20	0,55	0,59	0,61
	40	0,31	0,46	0,51		40	0,49	0,50	0,51
	60	0,36	0,48	0,56		60	0,49	0,46	0,54
	100	0,55	0,67*	0,73**		100	0,69**	0,63*	0,68*
	A	0,34	0,55	0,48		A	0,49	0,69*	0,48
A+B	0,63	0,77**	0,55	A+B	0,60	0,67*	0,38		
SB cmolc dm ⁻³	20	0,84**	0,75**	0,83**	CTCph7 cmolc dm ⁻³	20	0,58	0,61	0,64*
	40	0,83**	0,72**	0,76**		40	0,52	0,52	0,53
	60	0,81**	0,70**	0,76**		60	0,52	0,48	0,57
	100	0,83**	0,74**	0,74**		100	0,70**	0,64*	0,69*
	A	0,85**	0,77**	0,71*		A	0,50	0,69*	0,49
A+B	0,70**	0,65*	0,48	A+B	0,60	0,67*	0,38		
V (%)	20	0,83**	0,71**	0,79**	M (%)	20	-0,74**	-0,68*	-
	40	0,83**	0,72**	0,74**		40	-0,75**	-0,69*	-0,80**
	60	0,78**	0,67*	0,73**		60	-0,56	-0,54	-0,33
	100	0,84**	0,83**	0,85**		100	-0,15	0,03	0,18
	A	0,80**	0,66	0,63		A	0,30	0,63	0,40
A+B	0,76**	0,66*	0,56	A+B	0,78**	0,83***	0,65*		

NOTA: *significativo p<0,1; ** significativo p<0,05; *** significativo p<0,01;

A quantidade de K na camada 0 a 60 cm se correlaciona com o DAP, no horizonte A com o DAP e a altura e no horizonte A+B somente com o volume. A quantidade de Al no horizonte A teve correlação significativa positiva com todas as variáveis dendrométricas (Tabela 7). Embora o Al não seja um elemento essencial às plantas, tem efeito indireto sobre os nutrientes essenciais como baixos teores de cátions básicos e pH ácido do solo. No entanto, neste caso a correlação positiva pode estar sendo influenciada pela ação indireta de outros nutrientes presentes nos sítios, uma vez que estes favorecem uma maior produtividade, uma vez que o *Pinus sp.* é pouco sensível a acidez do solo.

Tabela 7. Coeficiente de correlação (r) entre as quantidades de elementos químicos em cada camada e horizonte A e A mais B com as variáveis dendrométricas de *Pinus taeda* aos 6 anos de idade.

	Prof	Dap	Altura	Volume		Prof	Dap	Altura	Volume
Ca ton/ha	20	0,68*	0,55	0,76**	Al ton/ha	20	-0,13	-0,28	-0,29
	40	0,62	0,47	0,70**		40	-0,08	-0,24	-0,22
	60	0,60	0,44	0,69*		60	-0,03	-0,23	-0,17
	100	0,62	0,48	0,72**		100	-0,07	-0,34	-0,24
	A	0,66	0,56	0,75**		A	0,79**	0,79**	0,71*
A+B	0,84***	0,83***	0,91***	A+B	0,28	0,32	0,25		
K ton/ha	20	0,61	0,54	0,32	Ca+Mg ton/ha	20	0,66*	0,53	0,74**
	40	0,61	0,50	0,31		40	0,60	0,44	0,68*
	60	0,77**	0,60	0,50		60	0,59	0,42	0,67*
	100	0,37	0,19	0,51		100	0,61	0,47	0,72**
	A	0,80**	0,70*	0,57		A	0,65	0,57	0,75**
A+B	0,42	0,44	0,65*	A+B	0,84***	0,85***	0,93***		

NOTA: * significativo $p < 0,1$; ** significativo $p < 0,05$; *** significativo $p < 0,01$;

3.4.1 Coeficiente de correlação entre os atributos químicos absolutos do solo e os teores de nutrientes nas acículas do *Pinus taeda* aos 6 anos de idade.

As maiores correlações entre os nutrientes no solo e o estado nutricional de *Pinus taeda*, foram obtidas entre o K, Ca+Mg, P e N (Tabela 8). Fato confirmado por MENEGOL (1991) e RIGATTO (2005), que em seus estudos verificaram que há correlações entre os nutrientes no solo e o estado nutricional de *Pinus taeda*, relacionados aos níveis de alguns nutrientes, dentre os mais citados estão K, Ca + Mg, P e Zn.

Entretanto, o N das acículas correlacionou-se negativamente com o P do solo no horizonte A+B. O P das acículas correlacionou-se negativamente com o Mg do solo no horizonte A, porém para o N e Na do solo a correlação foi positiva no horizonte A. O teor de K das acículas correlacionou-se positivamente com o Mg do solo nas camadas de 0-20 e 0-40 cm de profundidade. Entretanto quando correlacionado com o P do solo a correlação foi negativa no horizonte A+B. O Ca das acículas correlacionou-se positivamente com o N do solo na camada A, Mg do solo na camada 0-100 cm e com Na do solo na camada 0-100 cm e no horizonte A. No entanto, correlacionou-se negativamente com o Mg do solo no horizonte A. O Mg das acículas correlacionou-se negativamente com o Ca, Na e com o K do solo, nos horizontes A+B (Ca e Na) e em quase todas as camadas exceto a camada 0-100 cm (K).

Em um estudo sobre a influência dos fatores do sítio no teor de nutrientes foliares de *Eucalyptus grandis*, observou-se que os nutrientes do solo correlacionam-se fortemente com o conteúdo de nutrientes foliares, destacando-se nestas correlações os teores de N e de P (HERBERT, 1991). No entanto, PLOTNIKOFF, et al. (2001), em estudos sobre as influências

dos atributos do solo no crescimento de várias espécies, encontraram correlações não significativas ou baixas entre os nutrientes no solo e os nutrientes foliares.

Neste estudo, onde se procurou avaliar quais os fatores edáficos que se relacionam com a produtividade do *Pinus taeda*, deve ser considerado que pode existir variabilidade genética das plantas, devido à procedência, assim como à produção e seleção de mudas no viveiro, ao sistema de plantio e também a vegetação anterior no local. A influência desse conjunto de fatores ou a combinação de alguns podem parcialmente mascarar as relações sítios-crescimento ocasionando uma dificuldade de interpretação da situação.

Tabela 8. Coeficiente de correlação (r) entre os atributos químicos absolutos do solo e os teores de nutrientes nas acículas do *Pinus taeda* aos 6 anos de idade.

Nutrientes Acículas	Prof	Solo					
		N	P	Ca	Mg	Na	K
N	20	-0,21	-0,07	0,20	0,27	-0,14	0,40
	40	-0,11	-0,08	0,26	0,19	0,22	0,45
	60	-0,01	-0,07	0,26	0,35	0,44	0,57
	100	0,01	-0,34	0,16	-0,09	0,35	0,54
	A	-0,27	-0,12	0,18	0,12	-0,19	0,45
	A+B	0,03	-0,72**	0,03	-0,61	-0,14	0,22
P	20	-0,07	0,14	-0,25	0,27	0,14	-0,29
	40	-0,02	0,20	-0,16	0,31	0,02	-0,23
	60	0,06	0,23	-0,14	0,45	0,07	-0,21
	100	-0,04	0,05	-0,19	0,14	0,06	-0,26
	A	0,91***	-0,12	-0,42	-0,74**	0,99***	-0,41
	A+B	-0,54	-0,36	-0,53	-0,61	-0,59	-0,50
Ca	20	-0,22	-0,17	0,41	-0,09	-0,24	0,08
	40	0,03	-0,15	0,42	0,19	0,24	0,18
	60	0,19	-0,14	0,44	0,41	0,46	0,32
	100	0,33	-0,17	0,48	0,65**	0,71**	0,37
	A	0,94***	-0,11	-0,39	-0,72**	0,99***	-0,38
	A+B	-0,03	-0,04	0,12	0,07	0,10	0,10
Mg	20	0,04	-0,04	-0,20	0,07	-0,07	-0,64*
	40	-0,10	-0,01	-0,13	-0,08	-0,45	-0,63*
	60	-0,20	-0,03	-0,11	-0,21	-0,47	-0,63*
	100	-0,21	0,05	-0,14	-0,33	-0,41	-0,59
	A	-0,25	0,27	-0,39	-0,27	-0,56	-0,73*
	A+B	-0,54	-0,03	-0,70*	-0,64	-0,73**	-0,81**
Na	20	-0,44	-0,35	-0,05	-0,26	-0,47	-0,45
	40	-0,37	-0,27	0,00	-0,14	-0,37	-0,35
	60	-0,32	-0,27	0,05	0,07	-0,18	-0,27
	100	-0,27	-0,30	0,03	0,26	0,18	-0,21
	A	-0,71*	-0,19	-0,33	-0,55	-0,58	-0,49
	A+B	-0,64	-0,25	-0,52	-0,37	-0,54	-0,50
K	20	0,15	0,13	0,32	0,62**	0,33	0,38
	40	0,15	0,08	0,36	0,58	0,42	0,35
	60	0,28	0,12	0,34	0,69**	0,55	0,49
	100	0,10	-0,19	0,25	0,08	0,22	0,39
	A	-0,05	-0,40	0,63	0,39	0,39	0,56
	A+B	0,09	-0,81**	0,54	-0,29	0,05	0,30

NOTA: *significativo p<0,1 ** significativo p<0,05 *** significativo p<0,01

3.5. NUTRIENTES NAS ACÍCULAS

Os resultados obtidos no presente estudo foram comparados com os teores críticos de nutrientes no tecido foliar de *Pinus taeda*. As faixas de suprimento adequado e níveis críticos são citados em alguns trabalhos com *Pinus* por REISSMANN (1981); MALAVOLTA et al. (1997); EMBRAPA (1999); REISSMANN & WISNIEWSKI (2005); DICKENS et al. (2003) e JOKELA (2004), sendo esses dados sumarizados na Tabela 9. Embora essas variações não sejam muito discrepantes, optou-se por utilizar como teores comparativos os teores críticos da espécie *Pinus taeda*.

Observa-se que o nível nutricional dos povoamentos analisados está dentro das faixas de suprimento adequado com exceção do K. Assim de maneira geral, pode-se dizer que não há deficiência constatada quanto aos níveis foliares da maioria dos macronutrientes N, P, Ca, Mg e S. No entanto, os teores de K estão bem abaixo dos teores considerados críticos para a espécie. É importante considerar que os teores de nutrientes considerados adequados variam em função da fonte consultada.

Os teores foliares de N, P, Ca, Mg e S nas acículas estão acima, enquanto o de K está bem abaixo do nível crítico proposto por DIECKENS (2004) para o adequado desenvolvimento do *Pinus taeda*. Considerando a faixa sugerida por REISSMANN (1981), os teores foliares de K estão bem abaixo da faixa, os teores de N estão abaixo, de Mg estão dentro da faixa e os teores de P e Ca estão dentro e acima. Assim, a maior limitação observada é o teor de K, enquanto o N está ligeiramente abaixo da faixa (Tabela 10).

Estudos realizados no segundo Planalto Paranaense indicam que o K e o Zn parecem ser os mais limitantes para o crescimento de *Pinus taeda* (REISSMANN, 2002). O baixo teor de K nas acículas pode ser atribuído à deficiência deste mesmo elemento no solo, pois o povoamento encontra-se em solos com baixos teores de K. Segundo REISSMANN & WISNIEWSKI (2005), solos com baixa fertilidade e baixa CTC favorecem a perda de nutrientes por lixiviação, principalmente o K. Por outro lado, quando a disponibilidade de água no solo é maior, aumenta a disponibilidade de K, visto que a umidade é essencial para a movimentação e absorção deste elemento.

Tabela 9. Teores de macro e micronutrientes foliares para *Pinus taeda* apresentados como uma faiz adequada para as fontes A, B e E e teores críticos para as fontes C e D.

FONTE	ESPÉCIE	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	
		g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
A	<i>Pinus sp.</i>	12	1,4	10	3	1,5	1,4	5	50	200	34	
		13	1,6	11	5	2,0	1,6	8	100	300	40	
B		11	0,8	6	3	1,3	1,3	4	100	250	30	
		13	1,2	10	5	2,0	1,6	7	200	600	45	
C*		2	12	1,2	3	1,5	0,8	1,0	200	200	10	
			3	400	400	20						
D*		<i>Pinus taeda</i>	2	12	1,2	3,5	1,2	0,7	1,2	-	-	-
				3	-	-	-					
E	18		1,3	7	0,8	0,8	-	5	133	210	20	
	23		1,4	11	3	1,5	-	7	165	363	80	

* Níveis críticos dos teores de nutrientes em acículas.

A - MALAVOLTA et al. (1997); B - EMBRAPA (1999); C - JOKELA (2004)*; D - DICKENS et al. (2003)*; E - REISSMANN (1981).

Tabela 10. Concentração média de nutrientes no tecido foliar do *Pinus taeda*, aos 6 anos de idade, em 8 sítios e na média dos quatro sítios com alta e baixa produtividade.

Fazenda	Sítio	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn
		g/kg						mg/kg			
Salto	1	16,6	1,4	1,9	3,3	0,9	2,6	9,3	90	25	325
	2	16,6	1,3	1,7	3,1	0,8	2,5	6,3	90	38	792
Figueiredo	3	14,9	1,5	1,6	2,3	1,5	1,4	6,9	113	21	712
	4	14,9	1,5	1,3	2,9	1,4	2,9	10,8	126	16	448
Condessa	5	15,8	1,3	1,6	2,3	0,9	2,7	6,9	91	24	394
	6	15,8	1,7	1,9	2,6	0,8	2,7	7,3	72	32	937
Céu	7	17,5	1,9	1,6	3,8	1,4	2,4	9,0	120	29	261
	8	13,1	1,3	1,3	3,0	0,9	2,3	5,9	100	19	405
Produtividade	Alta	15,5a	1,3b	1,6a	2,9a	0,9a	0,25a	7,1a	93a	27a	479 a
	Baixa	15,7a	1,8a	1,6a	2,9a	1,2a	0,26a	8,5a	108a	24a	589 a
Coef. de variação(%)		10	17	13	19	37	8	30	30	19	42

Foi observada a relação entre as concentrações foliares de N/K, Ca/K e P/Zn nas acículas de *Pinus taeda* com a produtividade da espécie, sendo alta a relação N/K em todos os sítios (variando de 8,1 a 11,1), sugerindo que as plantas possuem uma alta demanda nutricional de K. Geralmente esta relação é sempre menor nos melhores sítios (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2005).

A relação K/Ca nas acículas é menor que 1 (próxima de 0,6) em todos os sítios, isto indica que os sítios são de baixa fertilidade, pois segundo REISSMANN & WISNIEWSKI

(2005), esta relação é sempre menor nos piores sítios onde o K é deficiente. Entretanto, a exigência do *Pinus taeda* em K é superior à exigência de Ca.

Apesar das diferenças entre sítios, quando foi realizada a análise dos sítios com alta produtividade comparada com baixa produtividade, observa-se que apenas o teor de P diferiu com $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ no de alta e $1,8 \text{ g kg}^{-1}$ no de baixa produtividade. A maior concentração nos sítios com baixa produtividade pode estar associada ao fator diluição dos nutrientes nos tecidos foliares das árvores de maior crescimento (TAMM, 1964).

Foi constatada alta relação P/Zn (variando de 34 a 93). Isso sugere que pode estar havendo uma redistribuição de P na planta muito mais dinâmica do que a do Zn, em condições de déficit nutricional.

Quanto aos teores de Cu, Zn e Mn nas acículas, verifica-se que não há deficiência desses nutrientes, enquanto os teores de Fe em todos os sítios encontram-se abaixo dos níveis adequados. Os teores de Cu nos sítios 1, 4 e 7 estão acima dos teores adequados para o *Pinus taeda*. No entanto, o teor de Zn está na faixa adequada na maioria dos sítios, exceto nos sítios 4 e 8 que se encontram um pouco abaixo da faixa adequada (Tabela 10).

Os teores de Mn na maioria dos sítios estão acima da faixa considerada adequada, exceto nos sítios 1 e 7 que estão dentro da faixa. VETTORAZZO & COUTO (1997), estudando as concentrações dos micronutrientes em *Pinus taeda* em função da idade, estação do ano, posição na copa e tipo de acículas, verificaram que das acículas do terço médio em árvores com 6 anos de idade, os teores de B, Zn, Mn, Cu e Fe foram respectivamente de 355, 24, 349, 5,5 e 158 mg kg^{-1} respectivamente.

Os teores de micronutrientes contidos nas acículas, assim como os macronutrientes, não variaram proporcionalmente conforme a produtividade. Segundo TAMM (1964), isto pode ocorrer devido ao crescimento que aumenta mais que a absorção, resultando em teores mais baixos, que é chamado de efeito de diluição. Assim, é importante considerar o crescimento da planta, a disponibilidade de nutrientes no solo e os índices de pluviosidade e de temperatura na interpretação dos resultados da análise foliar.

Quando consideramos todos os sítios e observamos a ordem dos teores de nutrientes encontrados em cada sítio, verificamos que os macronutrientes não seguem a mesma seqüência em todos os sítios e que os micronutrientes seguem a ordem citada na literatura. No sítio 1 e 2 a presença dos nutrientes se segue da seguinte ordem N>Ca>S>K>P>Mg; no sítio 3 a seqüência muda para N>Ca>K>Mg=P>S; no sítio 4 N>Ca=S>P>Mg >K; no sítio 5 e 6 fica N>S>Ca>K>P>Mg; no sítio 7 N>Ca>S>P>K>Mg; e no sítio 8 N>Ca>S>P=K>Mg. CORRÊA (2007) em seu estudo com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* observou que a ordem

dos teores de nutrientes do tecido foliar foi $N > K > Ca > Mg > P$ para macronutrientes e para micronutrientes $Mn > Fe > Zn > Cu$. Sendo esta ordem à mesma encontrada nas principais culturas.

3.5.1 Relação dos teores de nutrientes foliares com a produtividade do *Pinus*

Verificou-se que entre os macronutrientes somente o Mg e P correlacionaram-se significativamente, entretanto essa correlação com as variáveis dedométricas foi negativa (Tabela 11). Essa constatação pode indicar que nos sítios com maior concentração desses elementos no tecido a produtividade seria menor. No entanto, essa relação negativa pode estar associada ao efeito da diluição desses elementos no tecido nas árvores de maior crescimento. Vale ressaltar que os teores no tecido estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura. Já para os micronutrientes não houve correlação entre a produtividade de *Pinus taeda* e o estado nutricional das árvores.

Tabela 11. Coeficientes de correlação (r) entre os teores de nutrientes foliares e as variáveis de produtividade do *Pinus taeda* aos 6 anos de idade.

Nutrientes	DAP	Altura	Vol
N	0,18	-0,08	-0,02
P	-0,43	-0,69**	-0,52***
K	0,26	0,08	0,14
Ca	0,14	-0,09	0,08
Mg	-0,50***	-0,49***	-0,43
C	0,04	0,02	0,04
S	0,03	0,04	-0,06
Cu	-0,08	-0,24	-0,11
Fe	-0,30	-0,29	-0,26
Zn	0,32	0,13	0,02
Mn	-0,19	-0,10	-0,35

NOTA: *significativo $p < 0,1$ ** significativo $p < 0,05$ *** significativo $p < 0,01$.

Verificou-se que poucos nutrientes foliares correlacionaram-se com a produtividade de *Pinus taeda*. RIGATTO (2002), trabalhando com *Pinus taeda*, não observou correlação entre a produtividade de *Pinus taeda* e o estado nutricional das árvores. No entanto, QUINTEROS DOLDAN (1987) em um estudo no Segundo Planalto Paranaense observou correlação do crescimento em altura de *Pinus taeda* com os teores de N, Zn e Cu foliares e também com a profundidade do horizonte superficial do solo, considerando estas variáveis como as mais limitantes para o crescimento. Em um estudo feito por LASO GARICOITS (1990), o autor

encontrou correlações entre o crescimento em volume e altura total com as variáveis foliares, mostrando que o crescimento correlacionou-se com o K, Zn, Cu e o Mg. Avaliando os efeitos de atributos do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*, CARVALHO et al. (1999), observou que os teores foliares de Ca, Mg e K, interferem no crescimento desta espécie florestal.

3.6. NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA

Os teores de nutrientes acumulados na serapilheira não variaram em função da produtividade dos sítios (Tabela 12). Comparando-se os teores de nutrientes presentes na serapilheira, observou-se que estes não seguem a mesma seqüência de acúmulo de nutrientes em todos os sítios. Nos sítios 1 e 2 a presença dos nutrientes se dá da seguinte ordem: N>Ca>S>Mg>P=K; no sítio 3 seqüência é N>S>Ca>Mg>P=K, no sítio 5 N>S>Ca>Mg>K>P, no sítio 6 N>Ca>S>Mg>K>P, já nos sítios 4, 7 e 8 a seqüência muda para N>Ca>S>Mg>P>K. Uma das principais formas de ciclagem de nutrientes de um povoamento florestal no solo é a deposição e acúmulo de serapilheira. Deste modo, partes dos nutrientes absorvidos pela planta retornam ao solo após os processos de decomposição, servindo como um aporte de nutriente muito importante, sobretudo em sítios com deficiência nutricional.

Quando comparamos a produção e deposição de serapilheira nos diferentes sítios, observou-se que as maiores produções de serapilheira foram estimadas nos sítios de maiores produtividades. WISNIEWSKI (1996) apud REISSMANN & WISNIEWSKI (2005), trabalhando com plantios de *Pinus taeda* encontrou variações na produção e deposição de serapilheira nos povoamentos, obtendo maiores produções nos melhores sítios.

Nota-se que o N foi o nutriente em maior concentração na serapilheira. BALBINOT et al. (2000) trabalhando com *Pinus taeda*, na região dos Campos de Cima da Serra, RS, constataram a seguinte ordem de nutrientes acumulados na serapilheira das florestas aos 5, 10, 15 e 20 anos de idade: N>K>Ca>Mg>P. SCHUMACHER et al. (2002), encontrou a seguinte ordem de quantidades de nutrientes na serapilheira para um povoamento de *Pinus taeda* aos 18 anos de idade: N>K>Ca>S>Mg>P.

Segundo REISSMANN & WISNIEWSKI (2005), ficam armazenados na serapilheira grandes quantidades de N, Ca e P e conforme a velocidade de decomposição, esses nutrientes vão sendo liberados para as plantas ou imobilizados no solo. Os que são mineralizados podem ser absorvidos pelas raízes finas que permeiam a serapilheira acumulada no sítio ou podem até mesmo serem lixiviados pela água da chuva.

A elevada quantidade de serapilheira que se acumula na superfície se deve a fatores como o maior aporte em áreas mais produtivas, às baixas temperaturas que ocorrem na região e ao valor baixo de pH do solo, os dois últimos reduzem a taxa de decomposição dos resíduos pelos microrganismos (SCHUMACHER et al., 2002). Entretanto, os teores mais elevados de N na serapilheira, poderão estabelecer uma relação C/N mais favorável à decomposição.

Tabela 12. Concentração média de nutrientes acumulados na serapilheira de povoamentos de *Pinus taeda*, aos 6 anos de idade, em diferentes sítios.

Fazenda	Sítio	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn
		g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹		
Salto	1	12,3	0,5	0,5	5,7	1,1	3,7	6,5	1266	23	345
	2	13,6	0,8	0,8	5,1	1,4	3,6	7,8	2150	37	807
Figueiredo	3	8,8	0,3	0,3	3,0	1,0	3,6	7,2	2039	20	501
	4	8,3	0,3	0,2	3,8	1,1	3,0	4,8	2385	23	703
Condessa	5	12,3	0,4	0,5	2,6	0,8	2,7	5,3	1315	12	365
	6	10,5	0,4	0,5	3,7	1,1	2,8	5,5	682	29	769
Céu	7	8,8	0,3	0,2	5,7	1,2	3,3	4,4	749	16	419
	8	10,9	0,4	0,3	8,0	1,1	3,4	4,8	1121	19	614

A quantidade total de serapilheira em alguns sítios foi maior que a observada por outros autores (Tabela 13). SCHUMACHER et al. (2002) observaram para uma floresta de *Pinus taeda* aos 18 anos, sob um Cambissolo Húmico alumínico típico, em Cambará do Sul, RS, 16 Mg ha⁻¹; BALBINOT et al.(2000) em um estudo com *Pinus taeda*, observaram um acúmulo de serapilheira na floresta de 17,3; 19,5; 17,5 e 36,5 Mg ha⁻¹, para as idades de 5, 10, 15 e 20 anos respectivamente; e KÖNIG et al. (2002) estudando uma floresta de *Pinus elliottii* aos 36 anos em Santa Maria, RS, encontraram 17,2 Mg ha⁻¹ de serapilheira acumulada. No entanto, isto pode estar relacionado à grande diferença de estágio de desenvolvimento entre os povoamentos, onde nas florestas deste estudo são compostas por povoamentos jovens em processo de crescimento, fase que demanda grandes quantidades de nutrientes extraídos do solo, os quais são devolvidos à superfície via serapilheira. Portanto explica-se uma deposição e acúmulo mais elevado, em relação às florestas estudadas por estes autores que já se encontram em um patamar estável ou em declínio de produtividade, principalmente para fatores ambientais como a produção e acúmulo de serapilheira.

Entretanto, em um estudo realizado por SCHUMACHER et al. (2001) em uma floresta de *Acacia mearnsii* De Wild., com 6 anos de idade, verificou-se uma quantidade de serapilheira acumulada bem inferior, cerca de 13,5 Mg ha⁻¹. Tal constatação deve-se à rápida

decomposição da serapilheira acumulada sobre o solo desta espécie, devido a menor relação C/N do que a serapilheira do *Pinus taeda*.

O acúmulo de serapilheira produzida pelas espécies do gênero *Pinus* se dá devido ao tempo elevado para a decomposição, formando muitas vezes um horizonte H (humificado) com várias camadas, que como consequência disponibiliza poucos nutrientes ao solo fazendo com que os indivíduos lancem uma grande proliferação de raízes finas, que buscam absorver diretamente os nutrientes liberados da matéria orgânica (CORREIA & ANDRADE, 1999).

Considerando as diferenças na quantidade de serapilheira nos sítios mais produtivos e as diferenças na concentração de nutrientes, esses sítios tiveram maior quantidade total de nutrientes na serapilheira (Tabela 13).

Em estudo a uma floresta de *Pinus taeda* aos 18 anos, sob um Cambissolo Húmico alumínico típico, SCHUMACHER et al. (2002) verificou que a quantidade de nutrientes médios totais contidos na serapilheira foi a seguinte, em kg ha⁻¹: 48,3 de Ca; 179,7 de N; 11,4 de Mg; 112,5 de K; 18,4 de S; 10,1 de P e para os micronutrientes, foi de: 8,9 de Mn; 7,7 de Fe; 0,6 de Zn; 0,3 de B; 0,2 de Cu. BALBINOT et al. (2000) em um estudo com *Pinus taeda*, observaram que o conteúdo de macronutrientes na serapilheira de um povoamento de 5 anos de idade foi a seguinte, em kg ha⁻¹ 204,9 de N, 13,9 de P, 118,1 de K, 104,2 de Ca e de 14,7 de Mg.

A variação das quantidades de nutrientes na serapilheira de plantios de *Pinus taeda* é exemplificada por REISSMANN & WISNIEWSKI (2005), com base em dados de literatura para diversas idades e tipos de solo. De acordo com esses autores a quantidade de N varia de 61 a 725, de P de 5 a 42, de K entre 9 a 35, de Ca entre 42 a 87, de Mg entre 8 a 18, de Fe entre 20 a 153, de Mn entre 2 a 20, de Cu entre 0,1 a 0,7, de Zn entre 0,3 a 0,5 kg/ha, dependendo da quantidade depositada, idade e tipo do solo.

Tabela 13. Quantidades totais de nutrientes acumulados na serapilheira de um povoamento de *Pinus taeda*, aos 6 anos de idade, em diferentes sítios.

Fazenda	Sítio	Quant t ha ⁻¹	kg ha ⁻¹									
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn
Salto	1	22,2	300	12	13	139	27	90	0,14	28	0,5	8
	2	17,9	273	16	16	101	29	73	0,14	38	0,7	14
Figueiredo	3	13,6	139	5	5	48	15	57	0,10	28	0,3	10
	4	14,9	142	5	4	64	18	51	0,07	36	0,3	10
Condessa	5	21,2	288	10	12	60	19	64	0,11	28	0,2	8
	6	14,8	178	8	9	62	18	48	0,08	10	0,4	11
Céu	7	14,1	143	5	4	92	20	54	0,06	11	0,2	6
	8	22,3	267	10	7	195	26	84	0,11	25	0,4	14
Produtividade	Alta		254a	11a	10a	112a	23a	70a	0,12a	29a	0,5a	8a
	Baixa		130b	5b	5b	58b	15b	45b	0,07b	18b	0,3b	6a
Coef. de variação (%)			18	31	45	35	27	21	32	37	40	47

Todos os nutrientes contidos na serapilheira correlacionaram-se positivamente com as variáveis dendrométricas (Tabela 14), exceto o Mn. A correlação positiva indica que os povoamentos mais produtivos aportam mais resíduos e também se beneficiam com este aporte, através da ciclagem de nutrientes e pela preservação do solo. GONÇALVES (2002) relata que a serapilheira, além do aporte de nutrientes, faz com que a superfície do solo não receba diretamente o impacto das gotas da chuva e a radiação solar e assim reduz as perdas de água por evaporação e as amplitudes de variação térmicas e hídricas do solo ao longo do ano, além de servir como um obstáculo a movimentação de excedentes hídricos e reduzir a velocidade da água.

Tabela 14. Coeficiente de correlação (r) entre as quantidades de nutrientes contidas na serapilheira e as variáveis de produtividade do *Pinus taeda* aos 6 anos de idade.

Nutrientes	DAP	Altura	Vol
N	0,82***	0,86***	0,85***
P	0,77***	0,76***	0,66***
K	0,65***	0,62***	0,52***
Ca	0,46***	0,47***	0,61***
Mg	0,60***	0,56***	0,58***
S	0,65***	0,67***	0,75***
Cu	0,58***	0,63***	0,58***
Fe	0,50***	0,58***	0,43***
Zn	0,56***	0,53***	0,44***
Mn	0,21	0,29	0,27

NOTA: *significativo p<0,1 ** significativo p<0,05 *** significativo p<0,01

CONCLUSÕES

Em decorrência das condições de desenvolvimento das árvores de *Pinus taeda*, aos 6 anos de idade, conclui-se que:

- A qualidade do solo, em uma mesma região com clima semelhante, determina a produtividade da floresta. Os elementos morfológicos, texturais e estruturais permitem inferências sobre o comportamento do solo. Portanto, estas relevantes informações devem ser consideradas na ocasião do planejamento de estratégias mais precisas para as práticas de manejo.
- Solos rasos e compactados restringem o desenvolvimento da floresta, mesmo com níveis nutricionais no solo mais elevados; a presença de compactação ou de solos rasos contribui para a baixa produtividade do sítio.
- As análises químicas indicam que existe deficiência de nutrientes no solo, mas nas acículas do *Pinus taeda* apenas o K teve teor abaixo do limite mínimo.
- A quantidade de K e Ca e a soma de bases tiveram relação positiva com a produtividade, evidenciando a importância dos nutrientes para o crescimento do *Pinus taeda*.
- A produtividade de *Pinus taeda* nos sítios em estudo não depende de um atributo isolado e nem de todos os atributos do solo, mas da interação entre eles.
- Para elevar a produtividade da floresta, deve ser melhorada a qualidade do solo como um todo, para evitar que um fator isolado restrinja o potencial produtivo da floresta.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico-ABRAF: Ano base 2006**. Brasília, 2007.

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L. & ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:717-723, 2001.

ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, Á. L.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 0-0, 2003.

ALBERTON, A.; ALBUQUERQUE, J. A.; NEVES, C.U.; LUNARDI, A.; MACEDO, A. F. **Utilização de resíduos alcalinos da indústria de celulose para melhorias de parâmetros do solo em área de Pinus**. In: XXVII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 2006, Bonito, 2006.

ALLISON, F.E. **Soil organic matter and its role in crop production**. Amsterdam, Elsevier, 1973. p.215-345.

AMARAL, G. **Características físicas e químicas de diferentes classes de solo da zona metalúrgica mineira e a produtividade de eucalypto**. 98p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2000.

ALMEIDA, J. A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; ANDRE JÚLIO DO AMARAL, A. J. DO. ZOLDAN JÚNIOR, W.A. **Propriedades químicas de um cambissolo húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:437-445, 2005

ASSIS, R. L.; BAHIA, V. G. Práticas mecânicas e culturais de recuperação de características físicas dos solos degradados pelo cultivo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 191, p. 71-78, 1998.

AZEVEDO, A. C., DALMOLIN, R. S.D. **Apostila Didática da Disciplina de Morfologia e Gênese do Solo**. Departamento de solos – CCR – UFSM. Santa Maria, RS. 1999.

AZEVEDO, A. C., DALMOLIN, R. S.D. **Solos e Ambiente: uma introdução**. 2ª Edição. Santa Maria. Ed. Pallotti, 2006.

BAKER, J.B.; LANGDON, D. Loblolly pine. **In: Silvics Manual**. Vol.1 Conifers. United States Department of Agriculture – Forest Service, 2004, p.1018-1040.

BALBINOT, R., SCHUMACHER, M.V., HERNANDES, J.I., SUTILI, F.J. Quantidade de serapilheira e conteúdo de nutrientes em florestas de *Pinus taeda* e floresta nativa, na região dos Campos de Cima da Serra – RS. **FERTBIO** 2000.

BALLONI, E. A. **Efeitos da fertilização mineral sobre o desenvolvimento do *P. caribaea* Morelet var. *bahamensis* (Griseb) Barret et Golfari em solo de cerrado do estado de São Paulo**. Piracicaba, 1984. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. 1973. **Soil physics**. New York, J. Wiley. 498 p.

BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A.; 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 E URBANOS EM FLORESTAS, 1, 1994, Botucatu. **Anais**. Botucatu: UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1994. p. 167 – 187.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da. Nutrição e crescimento de plantações de eucaliptos. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 105-133.

BISSANI, C.A.; MEURER, E.J.; BOHNEN, H. Solos ácidos e solos afetados por sais. **Fundamentos de Química do Solo**. 2ª Ed. Porto Alegre: Gênese, 2004.

BINKLEY, D. **Forest nutrition management**. New York: A Wiley-Interscience Publication: Jon Wiley, 1986.

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Madison, **American Society of Agronomy**, 1986. p. 363-375. (Agronomy, Monogr., 9).

BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. 11. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.

BROWN, H. G.; LOEWESTEIN, H. Predicting site productivity of mixed conifer stands in Northern Idaho from soil and topographic variables. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 42, n. 6, p. 967-971, 1978.

BRUN, E. T. Relações entre a altura dominante e fatores de sítio, em povoamento de *Pinus elliottii* Engelm. Na região de Ponte Alta do Norte, SC. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, UFPR. 88 f. **Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais**, 1979.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R. & CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:386- 391, 1999.

CAMPOS, M.L.; ALMEIDA, J.A. & SOUZA, L.S. Avaliação de três áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:1123-1137, 2003

CAMARGO, O. A. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Abril, 1997. 132 p.

CASTRO, O. M. Cultivo mínimo e propriedades físicas do solo. In: Seminário sobre cultivo mínimo em florestas. **Anais...** Curitiba, 1995 p. 34-42

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**, Curitiba: UFPR/FEPEF; Campos: UENF, 1995. 451p.

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*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.39, p.51-66, jul./dez. 1999.

COILE, T. S. Soil and the growth of forest. **Advances in Agronomy**, New York, v. 4, p. 329-398, 1952.

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-Nucleo Regional Sul, 1997, 224 p.

COOPER, K. M. Physiology of VA mycorrhizal associations. In: POWELL, C. L. & BAGYARAJ, D. J. - **VA micorrhiza**. Boca Raton. CRC Press, 1984. p. 155-80.

CORRÊA, R. S. **Efeito dos atributos do solo na produtividade e qualidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis***. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CORREIA, J. R. et al. Estudo do relacionamento entre características físicas e químicas do solo e a produtividade do gênero *Pinus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 161-169, 1996.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: (Eds.). SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.197-226.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. & WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:527-535, 2003.

DAVIDE, A. C. Seleção de espécies vegetais para a recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1994, Foz de Iguaçu. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p. 111-122.

DICKENS, E.D. MOORHEAD, D.J. Mc ELVANY, B. **Pine plantation Fertilization**. Better Crops. Vol. 87, N.1, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise químicas de Solos plantas e fertilizantes**. Brasília, 1999.

EMBRAPA. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**; n. 46. Solos do Estado de Santa Catarina. - Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006.

FERNÁNDEZ, R.; RODRÍGUEZ ASPILLAGA, F.; LUPI, A.; LOPEZ, E.; PEZZUTTI, R.; CRECHI, E.; PAHR, N.; NATIUCK, M.; CORTEZ, P. **Repuesta del Pinus taeda y la Araucária angustifolia a la adición de N, P y K em la implantación.** In: SILVOARGENTINA I, Governador Virasoro, Corrientes, 2000. CD-ROM.

FENNER, P. T. **Relações entre tráfego, solo e desenvolvimento florestal na colheita de madeira.** Botucatu, 1999. 135 f. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista.

FERREIRA, M. M. **Física do solo.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 63 p.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.23: 507-514, 1999.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da; REISSMANN, C. B.; BELLOTE, A. F. J.; MARQUES, R. **Nutrição de Pinus no Sul do Brasil** – Diagnóstico e Prioridades de Pesquisa. EMBRAPA: **Documentos**, n. 60. Colombo, 23 p. nov. 2001.

FIETZ, C. R.; FOLEGATTI, M. V.; VIEIRA, S. R.; FRIZZONE, J. A. Efeito da variabilidade do armazenamento de água no solo na qualidade da irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.2, p.150-153, 1999.

FILHO, E.P; MORA, A. L ; MAESTRI, R. Interação de genótipos de *Pinus taeda* L. com locais no Sul-Sudeste do Brasil. **CERNE**, V.7, N.1, P.090-100, 2001

FILHO, J. P. N.; COUTO, E.G.; OLIVEIRA, V. A. DE; JOHNSON, M. S.; LEHMANN, J.; S. RIHA, S. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo usada na identificação de classes pedológicas de microbacias na Amazônia meridional **Revista Brasileira de Ciência do Solo** vol.31 no.1 Viçosa Jan./Feb. 2007

FISHER, R.F. BINKLEY, D. **Ecology and management of forest soils.** 3ªEd.1999.

FOGEL, R. Mycorrhizae and nutrient cycling in natural forest ecosystems. **New phytologist**, 86: 199-212, 1980.

FPL. Tecnnology transfer fact sheet. *Pinus taeda* L **USDA Forest Service** – FPL – GTR – 57, 1988.

FRANK, B. **Uma abordagem para o gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Itajaí, com ênfase no problema das enchentes.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, 1995. (Tese de Doutorado).

FREIRE, J. C. **Retenção de umidade em perfil oxissol do município de Lavras, Minas Gerais.** Piracicaba, 1975. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

FROEHLICH, H. A.; MILES, D. W. R.; ROBBINS, R. W. Soil bulk density recovery on compacted skid trails in Central Idaho. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 49, p. 1015-1017, 1985.

GEE, G.W. & BAUDER, J. Particle-size analysis. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis.** 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.383-412.

GENT, J. A., Jr., BALLARD R., HASSAN A.E., CASSEL D.K. Impact of site preparation on physical properties of Piedmont forest soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 48, p. 173-177, 1984.

GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil.** Belo Horizonte: PRODEPEF/PNVD/FAO/BRA, 1978. 45 p. (Série Técnica, 11).

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

GONÇALVES J.L.M.; MELLO, L.M. O Sistema radicular das árvores. **Nutrição e Fertilização Florestal.** IPEF. Piracicaba – SP. 2000.

GONÇALVES, J. L.M. **Conservação do solo.** In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, 2002.

GONÇALVES, J. L. M., SANTARELLI, E. G., MORAES NETO, S. P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. **Nutrição e Fertilização Florestal.** IPEF. Piracicaba – SP. 2005.

GOMES, K. ; DALLAGNOL, M. ; VIDOR, M. A. ; QUADROS, F. ; ALMEIDA, J. ; RIBEIRO, Andrea Machado Leal. **Zoneamento das Pastagens Naturais do Planalto Catarinense**. In: XXVI Reuniao da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1989. Anais da XXVI Reuniao da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Porto Alegre. v. 1. p. 250.

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 Silvicultura, Seção de Pesquisas Florestais, 1965. Não paginado (Boletim 9).

GUBIANI,P.I. REINERT, D.J. REICHERT,J.M. Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo-exatidão-precisão e tempo de processamento.**Rev. Ciência Rural, Santa Maria**, v.36,n.2, 2006.

GUERIF, J. L'analyse de la porosité: Application à l'étude du compactage des sols. In: MONIER, G. & GROSS, M.J., eds. **Soil compaction and regeneration**. Roterdan, CEE, 1987. p.122-131.

GREACEN, E. L.; SANDS, R. Compaction of forest soils: a review. **Australian journal of soil research**, V. 18, p. 163-189, 1980.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.

HERBERT, M. A. The influence of site factors on the foliar nutrient content of *Eucalyptus grandis* in Natal. **South African Forestry Journal**, Petroria, n. 156, p. 28-34, 1991.

HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970.231p.

HICKS, R. R.; FRANK JÚNIOR, P. S. Relationship of aspects to soil nutrients, species importance and biomass in a forested watershed in West Virginia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 8, p. 281-289, 1984.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. Academic Press in San Diego. Harcourt Brace & Company,1998.771p.

IBEG. **Anuário estatístico do Brasil: 1992**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. v.52.

IBGE. **Manual técnico de pedologia** – IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE,2005.

IMAFLOA/SMARTWOOD - **Resumo Público de Certificação** – KLABIN S/A - Unidade Florestal Santa Catarina - Otacílio Costa, SC, Brasil. 2004.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York, McGraw-Hill, 1941.281p.

JOKELA, E.J. **Nutrient management of southern pines**. In Dickens, E.D. Barnett, J.P. Hubbard, W.G., and E.J. Jokela (eds.). Slash Pine Symposium. USDA Forest Service Gen. Tech. Report.. 2004 In press.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **Boletim Técnico IPEF**, Piracicaba, n.41/42, p. 83-93, 1989.

KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARCK, F.E., eds. **Methods of soil analysis**.Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.499-510.

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

KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; KLEINAPUL, I. S.. **Serapilheira produzida em uma área de Floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria, RS**. In: 2º Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2002, Viçosa. 2º Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Engenharia Florestal: Inovações tecnológicas na Engenharia Florestal. Santa Maria : Editora da UFSM, 2002. p. 559-582.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.857-867, 2002

KLUTE, A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**: 2 ed. Madison, ASA/SSSA, 1986, 1188 p.

KRÜGNER, T. L; FILHO, M. T. Ocorrência de micorrizas em espécies de *Pinus* e identificação dos fungos associados. **IPEF - CIRCULAR TÉCNICA** No 139; Novembro/1981.

KRÜGNER, T. L. Associações micorrízicas em árvores florestais. **EMBRAPA /URPFCS**, Curitiba (12): 67-76. 1982.

LAL, R. The role of physical properties in maintaining productivity of soils in the tropics. In: LAL, R.; Greenland, D. J. (Ed.). **Soil physical properties and crop production in the tropics**. Chichester: J. Wiley & Sons, 1979.

LASO GARICOITS, L. S. **Estado nutricional e fatores do solo limitantes do crescimento de *Pinus taeda* L. em Telêmaco Borba**. Curitiba, 1990. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

LETEY, J. Relationship between soil physical conditions and crop production. **Adv. Soil Sci.**, 1:277-293, 1985.

LIMA, W. de P. A água do solo e o crescimento da floresta. IPEF: **Circular Técnica**. N°59.1979.

LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.

LORENZI, H; SOUZA, H.M de; TORRES, M.A.V; BACHER, L.B. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2003. 384p. il.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Ceres, 1989.292p.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.319p.

MALAVOLTA, E. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000.

MARCHIORI, J.N. **Dendrologia das gimnospermas**. Santa Maria: Ed.Da UFSM, 1996. 158p.

MARCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed.Academic Press, 1995. 889p.

MEDINA, G. P. Água no solo. In: MONIZ, A. C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Polígono, 1972. p. 45-57.

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.

MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETO, A. & KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. 3 ed. São Paulo, Nobel, 1983. 400p.

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, 1991. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MEURER, E.J. **Fundamentos de Química do Solo**. 2ª Ed. Porto Alegre: Gênese, 2004.

MORO, L. **Exportação de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* baseada em volume estimado pelo sistema SISPINUS**. Dissertação (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

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

NOVAIS, R.F. ; BARROS, N. F. ; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do Eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990.

OLIVEIRA, L.P.; PEICHL, B. Solos e conservação. **MANUAL DO TÉCNICO FLORESTAL**. Apostilas do Colégio **Florestal de Irati**. Campo Largo. INGRA S. A. 4 vol. 1986.

ORTEGA, A.; MONTEIRO, G. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. **Ecologia**, Madrid, n. 2, p. 155-184, 1988.

PILBEAM, D.J.; KIRKBY, E.A. Some aspects of the utilization of nitrate and ammonium by plants, In: MENGEL K., PILBEAM D.J. (Ed.). **Nitrogen metabolism of Plants**, Clarendon Press, Oxford, 1992. p. 55-70.

POGGIANI, F., MONTEIRO JUNIOR, E. dos S. Deposição de folheto e retorno de nutrientes ao solo numa floresta estacional semidecídua, em Piracicaba (estado de São Paulo) In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão (SP), 1990. **Anais...**, Campos do Jordão : Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990, p. 596-602.

POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R.E. de; CUNHA, G.C. da. **Práticas de ecologia florestal**. Documentos florestais, n.16. p. 1-44, 1996.

PLOTNIKOFF, M.R.; BULMER, C.E.; SCHMIDT, M.G. Soil properties and tree growth on rehabilitated forest landings in the interior cedar hemlock biogeoclimatic zone: british Columbia. **Forestry Ecology and Management**. Amsterdam, v. 146, p. 1-17. 2001.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORD, T.H. **Para Entender a Terra**. Tradução Rualdo Menegat et al. 4 Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656p.:il.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: UFPR, 1996. 446 p.

PRITCHETT, W. L.; ZWINFORD, K. R. Response of slash pine to colloidal phosphate fertilization. **Soil Science of America Proceedings**, Madison, v. 25, n. 5, p. 397-400, 1961.

PRITCHETT, W. L.; FISHER, R. F. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley and Sons, 1987. 494p.

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

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1991. 343p.

RALSTON, C.W. Recognition and mapping of site types for afforestation. In: FAO WORLD SYMPOSIUM ON MAN-MADE FOREST AND THEIR INDUSTRIAL IMPORTANCE, Canberra, 1967. **Proceedings**. Canberra, 1967. v.1, p.172-87.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; MAESTRI, M.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L.M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloesiana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**. Viçosa, v.13, n.1, 1-8, jan/jun. 1989.

REICHARDT, K.; VIEIRA, S.R. & LIBARDI, P.L. Variabilidade espacial de solos e experimentação de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 10:1-6, 1986.

REICHERT, J. M., REINERT, D. J. BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, V. 27, Julho/Dezembro de 2003

REICHERT, J. M. ; REINERT, D. J.; SILVA, V.R. da. **Compactação do solo em sistema de plantio direto: Limites críticos e mitigação.** In: E G Couto; J F Bueno. (Org.). Os (des)caminhos do uso da água na agricultura brasileira. Cuiabá-MT: Ed. UFMT - Editora Universitária, 2004, v. Único, p. 167-198.

REINERT, D.J. REICHERT,J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipo-teste. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.36,n.6, 2006.

REIS, M.F.; KRÜGNER, T.L. **Avaliação do efeito de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares no desenvolvimento de *eucalyptus grandis* em condições de casa de vegetação.** IPEF, n.43/44, p.79-83, jan./dez.1990.

REISSMANN, C.B. Exigências nutricionais nos plantios de *Pinus*. **Revista Madeira**, Ed. Especial: *Pinus*, uma alternativa de mercado. Curitiba, v. 12, n. 68. dez. 2002.

REISSMANN, C.B. **Nährelementversorgung und Wuchsleistung von Kiefernbeständen in südBrasilien.** Freiburg i. Br. Alemanha, 1981, 169 p. Tese de Doutorado.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (4 Eds.). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, p. 135-166, 2005.

REDE CATARINENSE DE INFORMAÇÕES MUNICIPAIS. Disponível no Site oficial dos municípios. [http:// www.alfredowagner.sc.gov.br](http://www.alfredowagner.sc.gov.br) (a) Acesso em: 07/08/2006.

REDE CATARINENSE DE INFORMAÇÕES MUNICIPAIS. Disponível no site oficial dos municípios. [http:// www.bocainadosul.sc.gov.br](http://www.bocainadosul.sc.gov.br) (b) Acesso em: 07/08/2006.

REDE CATARINENSE DE INFORMAÇÕES MUNICIPAIS. Disponível no site oficial dos municípios. [http:// www.otacilioocosta.sc.gov.br](http://www.otacilioocosta.sc.gov.br) (c) Acesso em: 07/08/2006.

REDE CATARINENSE DE INFORMAÇÕES MUNICIPAIS. Disponível no site oficial dos municípios. [http:// www.palmeira.sc.gov.br](http://www.palmeira.sc.gov.br) (a) Acesso em: 13/06/2007.

REDE CATARINENSE DE INFORMAÇÕES MUNICIPAIS. Disponível no site oficial dos municípios. [http:// www.pontealta.sc.gov.br](http://www.pontealta.sc.gov.br) (b) Acesso em: 13/06/2007.

RESENDE, M. **Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos.** Inf. Agropec., 11:3-18, 1985.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5.ed. Viçosa, Lavras: Editora UFPA, 2007. 322p.:il.

RIGATTO, P. A. **Influência dos Atributos do Solo sobre a Produtividade e a Qualidade da Madeira de *Pinus taeda* para Produção de Celulose Kraft**. Curitiba, 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATTOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a produtividade de *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.701- 709, 2005.

ROSA, S. F., BARBIERI, J., PISSININ, L. Z., ROSA, C.M., STANGARLIN, M., SCHUMACHER, M.V. **Estudo comparativo das características químicas e físicas do solo em campo nativo e floresta de *Pinus elliottii* ENGELM.** XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Gramado-RS, 2007. CD-Rom.

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo. Laboratório de Geomorfologia – Depto. Geografia – FFLCH – USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – IPT/FAPESP, 1997. (Mapas e relatórios).

SABATÉ, S.; GRACIA, C. A.; SÁNCHEZ, A. Likely effects of climate change and soil properties on growth of *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris*, and *Fagus sylvatica* forests in the Mediterranean region. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 156, p. 1-15, 2002.

SANTOS, D., MURPHY, S.L.S., TAUBNER, H., SMUCKER, A.J.M., HORN, R., 1997. Uniform separation of concentric surface layers from soil aggregates. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 1997, 720– 724.

SANTOS FILHO, A. Capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos do Estado do Paraná. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 7, p. 43-46, 1985.

SANTOS FILHO, A.G.; ROCHA, H.O. Principais características dos solos que influem no crescimento de *Pinus taeda* L. no segundo planalto paranaense. **Revista Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 9, n. 1/2, p. 107-111. 1987.

SEIXAS, F. **Efeito físico da colheita mecanizada de madeira sobre o solo**. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, 2002.

SILVA, I.F. Formação, Estabilidade e qualidade de agregados do solo afetados pelo uso agrícola. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 126 f. **Dissertação Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo**. 1993.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 20:113-117, 1997.

SILVA, M.L.N.; BLANCANEUX, P.; CURTI, N.; LIMA, J.M. MARQUES, J.J.G.S.M. & CARVALHO, A.M. Estabilidade resistência de agregados de um Latossolo Vermelho Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., 33:97-103, 1998.

SILVA, V. R. da. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. Santa Maria-RS. UFSM, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003. 171 p. (Tese de Doutorado em Agronomia).

SOUZA, G. S. de; LIMA, J. S.S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. O.; SILVA, A. F, da. **Análise qualitativa da degradação do solo comparando indicadores de fertilidade numa área sob mata nativa e pastagem**. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Gramado-RS, 2007. CD-Rom.

SCHENCK, N. C. Can mycorrhizae control root disease? **Plant disease**, St. Paul, 65(3): 230-4, 1981.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, 1993. 348 p.

SCHULTZ, R.P. Loblolly Pine – The ecology and culture of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). **USDA Forest Service. Agricultural Handbook** 713, 1997. 514p.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell**. 1992. 87p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ/USP, Piracicaba.

SCHUMACHER, M.V.; HOPPE, Juarez Martins. **A Floresta e o Solo**. 1º. ed. Porto Alegre: Pallotti, 1999. v. 16000. 83 p.

SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M.; BARICHELLO, L. R.; CALDEIRA, M. V. W. Quantificação do carbono orgânico em floresta de *Acacia mearnsii* De Wild em diferentes

idades. In: 2º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL. Santa Maria. 2001. **Anais...** UFSM/CCR/PPGEF. p. 387 – 400.

SCHUMACHER, M. V.; COPETI, L.; VOGEL, H. L. M. Quantificação dos nutrientes no solo e serapilheira de uma floresta de *Pinus taeda* L. aos 18 anos de idade, na região de Cambará do sul – RS. **FERTBIO** 2002.

SHIMIZU, J.Y; AMARAL, H.R.B. Variação entre procedências de *Pinus taeda*. na região de Santa Maria, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 14, p.13-18, jun. 1987.

SCOLFORO, J. R. S. Curvas de índice de sítio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v.45, p.40-47, 1992.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: The Ronald Press, 1952. 476p.

STAPE, J.L.; GOMES, A.N. Influência dos estresses hídrico e nutricional no crescimento de plantios de eucaliptos no Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. 1996. Águas de Lindóia. **Anais**. Águas de Lindóia: SBCP, p. 122-132. 1996.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS – UFRGS, 2002. 126 p.

TAMM, C. O. Determination of nutrient requirements of forest stands. **International review of forestry research**, New York, 1964. 1: 115-70.

TAYLOR, S.A. & ASHCROFT, G.L. **Physical edaphology** - The physics of irrigated and non irrigated soils. San Francisco, W.H. Freeman and Company, **1972**. 532p

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da & LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:573- 581. 1998.

TROEH, F.R.; HOBBS, J.A. & DANAHUE, R.L. **Soil and water conservation: for productivity and environment protection**. New Jersey, Prentice-Hall, 1980. 718p.

USDA FOREST SERVICE - Technology transfer, *Pinus taeda*. Disponível em <<http://www2.fpl.fs.fed.us/TechSheets/SoftwoodNA/htmlDocs/pinustaeda.html>> Acesso em: 25/02/2000.

VALERI, S. V. **Exportação de Biomassa e Nutrientes de Povoamentos de *Pinus taeda* L. Desbastados em Diferentes Idades**. Curitiba, 1988. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

VETTORAZZO, S.C. & COUTO, H.T.Z. do. Padronização de amostragem para diagnose nutricional e variações nas concentrações de nutrientes nas acículas de *Pinus taeda* L.: II. Micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 21:59-64, 1997.

VOGEL, H. L.M. **Crescimento inicial de *Pinus taeda* L. relacionando a doses de N, P e K e sua diagnose nutricional pelo DRIS**. Santa Maria. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

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

WILDING, L.P. & DREES, L.R. Spatial variability and pedology. In: Wilding, L.P.; Smeck, N.E. & HALL, G.F., eds. **Pedogenesis and soil taxonomy I. Concepts and Interactions**. Amsterdam, Elsevier, 1983. p.83-116.

WISNIEWSKI, C. ; REISSMANN, C. B.. **Deposição de Serapilheira e Nutrientes em Plantios de *Pinus taeda* L. na Região de Ponta Grossa - PR**. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba PR, v. 39, n. 2, p. 435-442, 1996.

WORRELL, R.; HAMPSON, A. The influence of some forest operations on the sustainable management of forest soils – a review. **Forestry**, (S.I.), v. 70, n. 1, p. 61-84, 1997.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, B. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:891-900, 2004.

ANEXOS

ANEXO A – Povoamento de *Pinus taeda* aos 6 anos de idade.

ANEXO B – Coleta de acículas no povoamento de *Pinus taeda*.

ANEXO C – Moldura utilizada para coleta de serapilheira em povoamento de *Pinus taeda* aos 6anos de idade.

ANEXO D - Classificação e descrição dos perfis dos sítios.

Anexo D.1 – Perfil 1 (Nitossolo Vermelho alumínico húmico –NVah)

Anexo D.2 – Perfil 2 (Neossolo Litólico húmico típico – NLht)

Anexo D.3 – Perfil 3 (Cambissolo Húmico alumínico típico - CHat)

Anexo D.4 – Perfil 4 (Cambissolo Húmico alumínico típico –CHat)

Anexo D.5 – Perfil 5 (Cambissolo Húmico alumínico típico – CHat)

Anexo D.6 – Perfil 6 (Cambissolo Háplico alítico típico – CXalts)

Anexo D.7 – Perfil 7 (Gleissolo Háplico alítico típico – GXalt)

Anexo D.8 – Perfil 8 (Cambissolo Húmico distrófico típico – CHdt)

ANEXO E - Valores médios de areia, silte, argila, grau de flocculação (GF), silte/argila, densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade, microporosidade, resistência à penetração (RP), teor de água disponível (AD), umidade gravimétrica (Ug) e umidade volumétrica (Uv) nas camadas de: 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horizonte A e *Solum* (A+B) nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

ANEXO F - Valores médios de pH, dos teores de N, P, Ca, Mg, Na, Al, H+Al, H, soma de bases (SB), saturação por Al (M), saturação por sódio (ST) e cálcio mais magnésio (Ca+Mg) nas camadas de: 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horizonte A e *Solum* (A+B) nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

ANEXO G - Quantidades absolutas de N, P, K, Ca, Mg, Na, Al e MO nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horizonte A e A mais B nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).



Anexo A. Povoamento de *Pinus taeda* aos 6 anos de idade.



Anexo B. Coleta de acículas no povoamento de *Pinus taeda*.



Anexo C. Moldura utilizada para coleta de serapilheira em povoamento de *Pinus taeda* aos 6anos de idade.



Foto: Jaime Antonio de Almeida

Anexo D. Descrição geral e a morfológica dos horizontes pedogenéticos.

ANEXO D - CLASSIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DOS PERFIS DOS SÍTIOS

ANEXO D.1 :

PERFIL: 1

CLASSIFICAÇÃO: Nitossolo Vermelho Alumínico Húmico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Palmeira-Ponte Alta, Fazenda Salto, FL 275, talhão 008B, parcela 2589. Coordenadas - 27°27'28,3" LS 50°14'19,3" LW.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL– Trincheira situada no terço superior de encosta com cerca de 8 % de declividade e sob cobertura de *Pinus taeda*.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Rastro.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Siltitos formação Rio do Rastro.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ALTITUDE: 883m

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

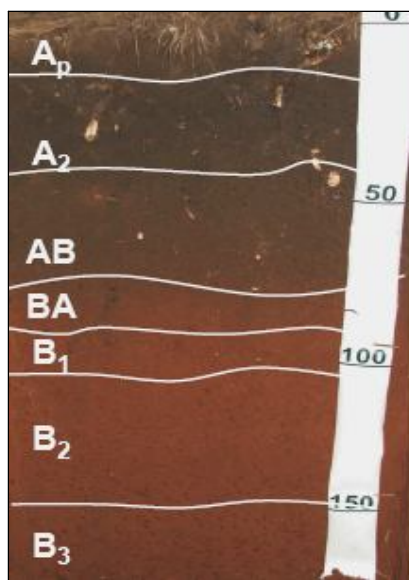
RELEVO LOCAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não

DRENAGEM – Bem a moderadamente drenado.

USO ATUAL – reflorestamento com *Pinus taeda*.

DESCRITO E COLETADO – Cedimara Arruda Santana Morales, Jaime Antonio de Almeida e Jackson Adriano Albuquerque.



Descrição Morfológica:

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição
O	2-0 cm	
Ap	0-10 cm	bruno acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); franco argiloso; muito pequena a média blocos subangulares; friável; pegajoso e plástico; raízes abundantes.
A ₂	10-42 cm	bruno acinzentado muito escuro (10YR3/2, úmido); argiloso; pequena a grande blocos subangulares; friável; pegajoso e plástico; raízes abundantes.
AB	42-74 cm	bruno escuro (7,5 YR 3/2, úmido); argilosa; pequeno a grande blocos subangulares; friável; pegajoso e muito plástico; raízes comuns.
BA	74-87 cm	bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); muito argiloso; pequena a grande blocos subangulares; firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes comuns.
B ₁	87-103 cm	vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); muito argiloso; média a grande blocos subangulares; firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes poucas.
B ₂	103-148 cm	vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argiloso; médio a grande blocos angulares; firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes poucas.
B ₃	148-200 cm	vermelho (2,5 YR 4/8, úmido); argiloso; médio a grande blocos angulares; firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes raras.
BC	200-260 cm +	Argiloso; coletado com trado.

Observação: A maior parte são raízes fasciculadas, se destacando as raízes secundárias.

ANEXO D.1		Laboratório: CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV - UDESC							
Horizontes		Granulometria da terra fina, g 100g ⁻¹							
Símbolo	Profund. cm	Areia	Silte	Argila	Argila natural	Grau de Floculação (%)	Silte/Argila		
		2-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm					
O	2-0								
Ap	0-10	32	30	38	29	23		0,79	
A2	10-42	24	24	52	21	59		0,47	
AB	42-74	22	27	51	30	42		0,53	
BA	74-87	17	17	66	33	50		0,25	
B1	87-103	15	19	66	0	100		0,28	
B2	103-148	15	26	59	0	100		0,44	
B3	148-200	21	27	52	0	100		0,53	
BC	200-260	26	29	46	0	100		0,63	
Horizontes		Umidade, cm ³ cm ⁻³			Densidade		Porosidade cm ³ cm ⁻³	pH (1:2,5)	
Símbolo	Profund. cm	0,01 MPa	1,5 MPa	Água disponível	Partícula g cm ⁻³	Solo g cm ⁻³		H ₂ O	KCL
O	2-1								
Ap	0-10	0,39	0,30	0,09	2,42	1,12	0,54	4,1	3,4
A2	10-42	0,34	0,25	0,09	2,49	1,23	0,49	4,0	3,7
AB	42-74	0,56	0,43	0,12	2,52	1,14	0,62	4,4	3,8
BA	74-87	0,52	0,46	0,07	2,63	1,41	0,53	4,3	3,8
B1	87-103	0,51	0,44	0,08	2,76	1,41	0,56	4,4	3,8
B2	103-148	0,53	0,43	0,10	2,55	1,31	0,61	4,1	3,9
B3	148-200	0,53	0,46	0,07	2,82	1,43	0,56	4,2	3,9
BC	200-260							4,6	4,0
Horizontes		C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	MO g 100g ⁻¹	Relação	Bases trocáveis cmolc dm ⁻³			
Símbolo	Profund. cm				C/N	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺¹	Na ⁺¹
O	2-0								
Ap	0-10	65	3,7	11,1	17	0,60	0,05	0,10	0,01
A2	10-42	29	1,9	4,9	15	0,22	0,04	0,05	0,03
AB	42-74	22	1,1	3,7	21	0,07	0,02	0,13	0,04
BA	74-87	19	1,0	3,2	19	0,07	0,01	0,08	0,03
B1	87-103	17	0,8	2,8	20	0,03	0,02	0,07	0,02
B2	103-148	11	0,5	1,9	23	0,02	0,02	0,03	0,02
B3	148-200	9	0,5	1,5	19	0,05	0,01	0,03	0,02
BC	200-260	14	0,4	2,3	39	0,06	0,01	0,03	0,03

Horizontes		Ca/Mg	Soma de bases (S)	Al ⁺³	H ⁺ + Al ⁺³	Saturação c/ bases (V%)	Saturação c/ alumínio (M%)	T cmolc dm ⁻³	P mg dm ⁻³			
Símbolo	Profund. cm									cmolc kg ⁻¹		
O	2-0											
Ap	0-10	11,9	0,76	5,7	20,3	3,6	88	21,1	4,5			
A2	10-42	6,0	0,34	6,3	19,6	1,7	95	20,0	0,7			
AB	42-74	2,8	0,26	5,7	15,5	1,6	96	15,8	0,4			
BA	74-87	4,6	0,19	5,4	12,0	1,5	97	12,2	< 0,1			
B1	87-103	1,6	0,14	4,5	9,4	1,5	97	9,5	< 0,1			
B2	103-148	1,3	0,08	4,5	8,4	1,0	98	8,5	0,1			
B3	148-200	4,9	0,10	3,8	6,4	1,6	97	6,5	0,2			
BC	200-260 +	5,9	0,14	4,1	5,9	2,2	97	6,1	0,9			

ANEXO D.2 :

PERFIL: 2

CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Litólico Húmico Típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Palmeira-Ponte Alta, Fazenda Salto, FL 275, talhão 004C, parcela 2586. Coordenadas - 27° 27'3,5" LS 50°12'58,9" LW.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL– Trincheira situada no terço superior de encosta (topo de elevação) e sob cobertura de *Pinus taeda*.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Rastro.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Siltitos formação Rio do Rastro.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ALTITUDE: 884m

ROCHOSIDADE – Presente a partir dos 45-60 cm.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

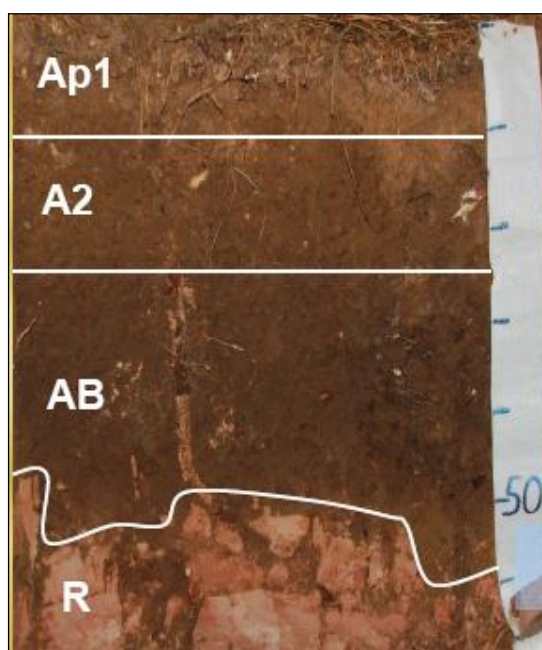
RELEVO LOCAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não

DRENAGEM – Bem a moderadamente drenado.

USO ATUAL – reflorestamento com *Pinus taeda*.

DESCRITO E COLETADO – Cednara Arruda Santana Morales, Jaime Antonio de Almeida e Jackson Adriano Albuquerque.



Descrição Morfológica:

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição
O	2-0 cm	
Ap ₁	0-11 cm	bruno (10 YR 4/3, úmido); franco argilo siltoso; grande blocos angulares; friável; pegajoso e muito plástico; raízes abundantes; transição clara e plana.
A ₂	11-25 cm	bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido); argiloso; médio blocos subangulares; friável; pegajoso e muito plástico; raízes comuns; transição clara e plana.
AB	25-45/55/60 cm	Vermelho escuro acinzentado (10 YR 3/4, úmido); argiloso; médio blocos subangulares; friável; pegajoso e muito plástico; raízes comuns; transição abrupta e irregular.
	ROCHA	

ANEXO D.2		Laboratório: CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV - UDESC							
Horizontes		Granulometria da terra fina, g 100g ⁻¹							
Símbolo	Profund. cm	Areia	Silte	Argila	Argila natural	Grau de Floculação (%)	Silte/Argila		
		2-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm					
O	2-0								
Ap1	0-11	17	49	34	30	10	1,44		
Ap2	11-25	20	39	41	23	43	0,96		
A2	25- 45/55/60	14	37	50	25	49	0,74		
Horizontes		Umidade, cm ³ cm ⁻³			Densidade		Porosidade cm ³ cm ⁻³	pH (1:2,5)	
Símbolo	Profund. cm	0,01 MPa	1,5 MPa	Água disponível	Partícula g cm ⁻³	Solo g cm ⁻³		H ₂ O	KCL
O	2-0								
Ap1	0-11	0,48	0,36	0,12	2,50	1,36	0,48	4,0	3,4
Ap2	11-25	0,48	0,41	0,07	2,42	1,38	0,52	4,1	3,6
A2	25- 45/55/60	0,46	0,37	0,10	2,70	1,24	0,55	4,2	3,6
Horizontes		C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	MO g 100g ⁻¹	Relação	Bases trocáveis cmolc dm ⁻³			
Símbolo	Profund. cm				C/N	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺¹	Na ⁺¹
O	2-0								
Ap1	0-11	39	2,1	6,6	18	0,15	0,04	0,20	0,04
Ap2	11-25	20	2,0	3,4	10	0,14	0,03	0,19	0,03
A2	25- 45/55/60	25	2,1	4,2	12	0,03	0,03	0,18	0,07
Horizontes		Ca/Mg	Soma de bases (S)	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Saturação c/ bases (V%)	Saturação c/ alumínio (M%)	T cmol _c dm ⁻³	P mg dm ⁻³
Símbolo	Profund. cm		cmolc kg ⁻¹						
O	2-0								
Ap1	0-11	4,0	0,43	10,0	18,2	2,3	96	18,6	3,2
Ap2	11-25	4,1	0,40	10,9	16,8	2,3	96	17,2	1,2
A2	25- 45/55/60	1,1	0,31	8,8	18,2	1,7	97	18,5	0,9

ANEXO D.3 :

PERFIL: 3

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Húmico Alumínico Típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Bocaina do Sul, trecho Otacílio Costa-Petrolândia-SC, por estrada não pavimentada próxima a localidade de Goiabal, entrando na estrada a direita., Fazenda Figueredo, FL 372, talhão 2, parcela 2387. Coordenadas - 27°39'10.3" LS 49°51'1.6" LW

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL– Trincheira situada no terço superior de encosta com cerca de 5 % de declividade e sob cobertura de *Pinus taeda*.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Rastro.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Siltitos formação Rio do Rastro.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ALTITUDE: 785m

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

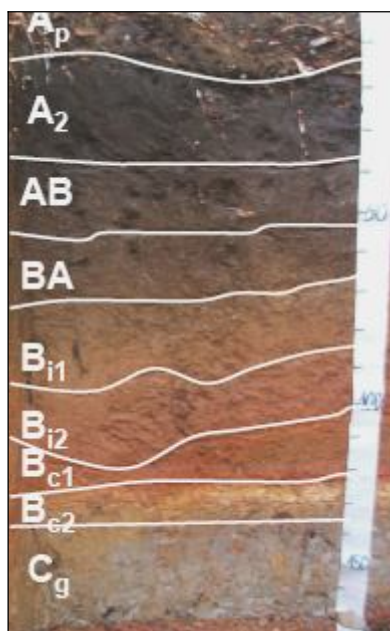
RELEVO LOCAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

USO ATUAL – reflorestamento com *Pinus taeda*.

DESCRITO E COLETADO – Cednara Arruda Santana Morales, Jaime Antonio de Almeida e Jackson Adriano Albuquerque.



Descrição Morfológica:

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição
Ap	0-15/20cm	preto (10 YR 2/1, úmido); franco argiloso; muito pequeno a médio granular; friável; pegajoso e plástico; raízes abundantes.
A ₂	15/20-38cm	bruno muito escuro (10 YR 2/2, úmido); franco argiloso; grande blocos angulares; extremamente firme; pegajoso e muito plástico; raízes abundantes.
AB	38-53cm	bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido), argiloso; grande blocos angulares; firme; pegajoso e muito plástico; raízes comuns.
BA	53-65/70cm	bruno acinzentado escuro (10 YR 4/2, úmido); argiloso; médio a grande blocos subangulares; friável; muito pegajoso e muito plástico; raízes comuns.
Bi ₁	65/70-85/90 cm	bruno amarelado escuro (10 YR 4/6, úmido); argiloso; pequeno a grande blocos angulares; friável; pegajoso e muito plástico; raízes poucas.
Bi ₂	85/90-105/115 cm	Vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido); franco argiloso; pequeno a grande blocos angulares; firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes poucas.
BC ₁	105/115-125 cm	Com predomínio do vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido) e presença amarelo avermelhado (5 YR 6/6, úmido); franco argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes raras.
BC ₂	125-130 cm	Amarelo (2.5 Y, úmido) e amarelo avermelhado (5 YR 6/6, úmido); argilo siltoso; pequeno a grande blocos subangulares; firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes raras.
C _g	130-170 cm	Com predomínio do Cinzento brunado claro (10 YR 6/2, úmido) e com inúmeros mosqueados (muitos amarelo avermelhado (5YR6/6); comuns vermelho claro (2,5YR6/8) e poucos. amarelos (2,5Y 7/8); argiloso, maciço; muito pegajoso e muito plástico; raízes raras.

Observação: Horizonte C_g fortemente drenado com mosqueados abundantes e estrutura maciça. Horizonte BC₂ de cor amarela, imediatamente acima do C_g fruto de reoxidação de compostos de Fe. Presença de concreções de Fe no BC₁ (em áreas localizadas) e algumas concreções no Bi₂.

ANEXO D.3		Laboratório: CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV - UDESC							
Horizontes		Granulometria da terra fina g 100g ⁻¹							
Símbolo	Profund. cm	Areia	Silte	Argila	Argila natural	Grau de Floculação (%)	Silte/Argila		
		2-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm					
Ap	0-15/20	28	39	33	26	21	1,19		
A2	15/20-38	25	40	35	24	30	1,14		
AB	38-53	22	33	46	18	62	0,71		
BA	53-65/70	20	34	46	31	31	0,75		
Bi1	65/70-85/90	23	35	42	33	22	0,84		
Bi2	85/90-105/115	33	33	34	0	100	0,96		
BC1	105/115-125	22	42	36	0	100	1,15		
BC2	125-130	6	42	53	0	100	0,79		
Cg	130-170	15	35	50	0	100	0,71		
Horizontes		Umidade, cm ³ cm ⁻³			Densidade		Porosidade cm ³ cm ⁻³	pH (1:2,5)	
Símbolo	Profund. cm	0,01 MPa	1,5 MPa	Água disponível	Partícula g cm ⁻³	Solo g cm ⁻³		H ₂ O	KCL
Ap	0-15/20	0,44	0,23	0,21	2,40	0,91	0,60	4,0	3,6
A2	15/20-38	0,54	0,37	0,17	2,36	1,12	0,58	4,4	3,8
AB	38-53	0,45	0,35	0,10	2,69	1,17	0,57	4,4	3,8
BA	53-65/70	0,51	0,44	0,07	2,70	1,29	0,57	4,6	3,8
Bi1	65/70-85/90	0,51	0,41	0,10	2,63	1,29	0,56	4,7	3,9
Bi2	85/90-105/115	0,47	0,39	0,08	2,68	1,60	0,48	4,7	3,8
BC1	105/115-125							5,1	3,9
BC2	125-130							4,9	3,8
Cg	130-170	0,55	0,46	0,09	2,58	1,41	0,57	4,7	3,6
Horizontes		C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	MO g 100g ⁻¹	Relação	Bases trocáveis cmolc dm ⁻³			
Símbolo	Profund. cm				C/N	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺¹	Na ⁺¹
Ap	0-15/20	48	2,9	8,3	17	0,08	0,04	0,04	0,03
A2	15/20-38	34	1,8	5,9	20	0,08	0,04	0,03	0,03
AB	38-53	22	1,8	3,7	12	0,06	0,02	0,02	0,04
BA	53-65/70	20	1,1	3,5	18	0,05	0,02	0,03	0,04
Bi1	65/70-85/90	15	1,0	2,5	15	0,04	0,01	0,03	0,02
Bi2	85/90-105/115	11	0,6	1,8	19	0,03	0,01	0,03	0,02
BC1	105/115-125	9	0,4	1,4	20	0,05	0,01	0,02	0,03
BC2	125-130	11	0,6	1,9	18	<0,01	0,01	0,04	0,03
Cg	130-170	11	0,6	1,9	18	0,01	0,02	0,03	0,03

Horizontes		Ca/Mg	Soma de bases (S)	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Saturação c/ bases (V%)	Saturação c/ alumínio (M%)	T cmol _c dm ⁻³	P mg dm ⁻³			
Símbolo	Profund. cm									cmolc kg ⁻¹		
Ap	0-15/20	1,8	0,19	6,4	16,5	1,2	97	16,7	1,3			
A2	15/20-38	2,2	0,18	4,7	18,3	0,9	96	18,5	0,6			
AB	38-53	3,8	0,14	5,3	13,0	1,1	97	13,2	0,8			
BA	53-65/70	3,0	0,13	6,4	11,2	1,1	98	11,3	0,8			
Bi1	65/70-85/90	3,8	0,09	5,1	8,7	1,1	98	8,8	1,9			
Bi2	85/90-105/115	3,3	0,10	4,6	6,3	1,5	98	6,4	0,8			
BC1	105/115-125	5,3	0,11	3,4	6,6	1,7	97	6,7	0,8			
BC2	125-130	0,0	0,08	6,0	7,3	1,1	99	7,3	1,6			
Cg	130-170	0,6	0,09	9,1	11,4	0,8	99	11,5	2,6			

ANEXO D.4 :

PERFIL: 4

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Húmico Alumínico Típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Otacílio Costa. Fazenda Figueredo, FL 372, talhão 2, parcela 2388. Coordenadas - 27° 39'4.9" LS 49°51'12.8" LW

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL– Trincheira situada no terço superior de encosta com cerca de 5 % de declividade e sob cobertura de *Pinus taeda*.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Rastro.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Siltitos formação Rio do Rastro.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ALTITUDE: 878m

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

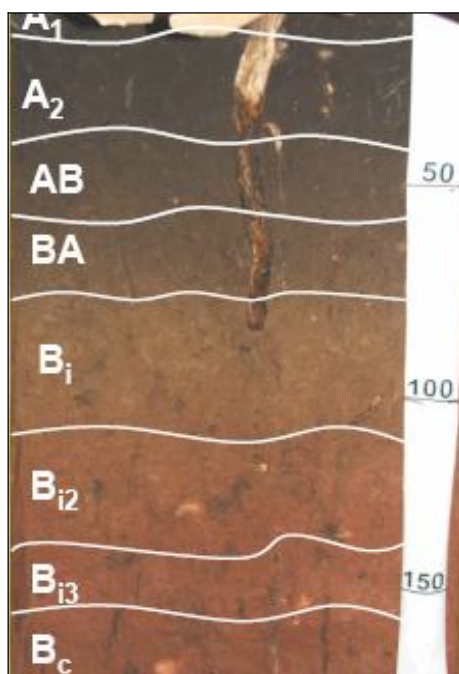
RELEVO LOCAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

USO ATUAL – reflorestamento com *Pinus taeda*.

DESCRITO E COLETADO – Cedimara Arruda Santana Morales, Jaime Antonio de Almeida e Jackson Adriano Albuquerque.



Descrição Morfológica:

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição
A ₁	0-5/10cm	preto (10 YR 2/1, seco); franco argiloso; pequeno a grande granular; solto; ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; raízes abundantes; transição abrupta e ondulada.
A ₂	5/10-42cm	bruno muito escuro (10 YR 2/2, seco); franco argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; friável; ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; raízes comuns; transição clara e plana.
AB	42-55cm	bruno (10 YR 4/3, seco); franco argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; friável; pegajoso e muito plástico; raízes comuns; transição clara e plana.
BA	55-73cm	bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido); argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; friável; muito pegajoso e muito plástico; raízes poucas; transição clara e plana.
Bi	73-120cm	bruno amarelado escuro (10 YR 4/6, úmido); argiloso; pequeno a médio blocos subangulares; muito firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes poucas; transição clara e plana.
Bi ₂	120-140cm	vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido); argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; muito firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes poucas; transição gradual e ondulada; intensa atividade biológica.
Bi ₃	140-165cm	amarelo avermelhado (5 YR 6/6, úmido); franco argiloso siltoso; pequeno a grande blocos angulares; muito firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes poucas; transição gradual e ondulada; intensa atividade biológica.
BC	165-190/200cm	amarelo avermelhado (5 YR 6/6, úmido); argiloso; pequeno a grande blocos angulares; muito firme; muito pegajoso e muito plástico; raízes raras; transição clara e ondulada; intensa atividade biológica.
C	190/200-220cm+	

ANEXO D.5 :

PERFIL: 5

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Húmico Alumínico Típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Otacílio Costa. Fazenda Condessa, FL 296, talhão 002B, parcela 2600. Coordenadas -. 27° 27'25.2" LS 50°09'27.2" LW

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL– Trincheira situada no terço superior de encosta com cerca de 5 % de declividade e sob cobertura de *Pinus taeda*.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Rastro.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Siltitos formação Rio do Rastro.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ALTITUDE: 869m

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

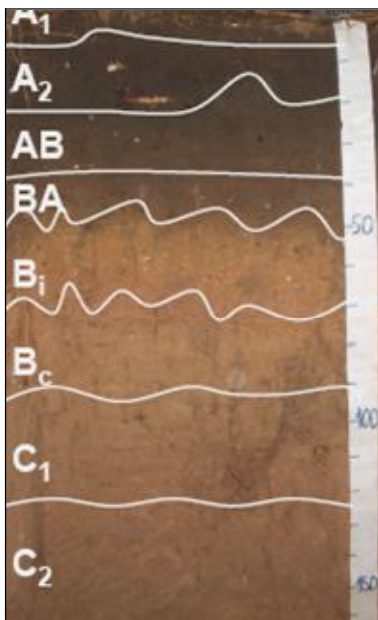
RELEVO LOCAL – Suave ondulado.

EROSÃO – Não

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

USO ATUAL – reflorestamento com *Pinus taeda*.

DESCRITO E COLETADO – Cednara Arruda Santana Morales, Jaime Antonio de Almeida e Jackson Adriano Albuquerque.



Descrição Morfológica:

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição
A ₁	0-5cm	bruno escuro (10 YR 3/3, úmido); franco argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; friável; pegajoso e plástico; raízes abundantes; transição clara e plana.
A ₂	5-23cm	preto (10 YR 2/1, úmido); franco argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; friável; ligeiramente pegajoso e plástico; raízes comuns; transição clara e plana.
AB	23-39cm	bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido); franco argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; friável; pegajoso e plástico; raízes comuns; transição clara e plana.
BA	39-48/50cm	bruno escuro (7,5 YR 3/3, úmido); franco argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; friável; muito pegajoso e muito plástico; raízes comuns; transição clara e plana.
Bi	48/50-75cm	bruno (7,5 YR 4/4, úmido); argiloso; pequeno a grande blocos angulares; friável; muito pegajoso e muito plástico; raízes poucas; transição clara e plana.
BC	75-95cm	bruno forte (7,5 YR 4/6, úmido); franco argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; friável; muito pegajoso e muito plástico; raízes poucas; transição gradual e plana.
C ₁	95-125cm	bruno forte (7,5 YR 4/6, úmido); franco; pequeno a grande blocos subangulares; friável; muito pegajoso e muito plástico; raízes poucas; transição gradual e plana.
C ₂	125-170cm	bruno forte (7,5 YR 4/6, úmido); franco; pequeno a grande blocos angulares; friável; muito pegajoso e plástico; raízes poucas; transição gradual e plana.
Crg	170cm +	

ANEXO D.6 :

PERFIL: 6

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Haplico Alítico Típico (Sômbrico)

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Otacílio Costa. Fazenda Condessa, FL 296, talhão 008B, parcela 2606. Coordenadas -. 27°26'7.8" LS 50°8'4.1" LW

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL– Trincheira situada no topo de elevação com cerca de 10 % de declividade e sob cobertura de *Pinus taeda*.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Rastro.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Siltitos formação Rio do Rastro.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ALTITUDE: 897m

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

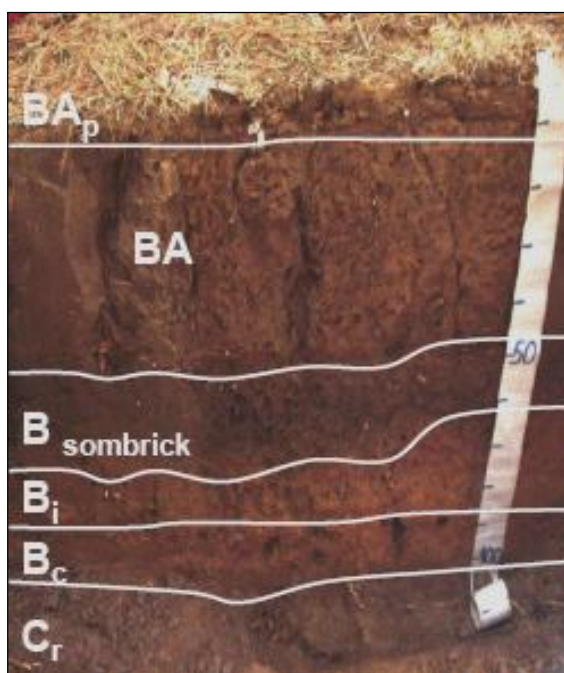
RELEVO LOCAL – Ondulado.

EROSÃO – Não

DRENAGEM – Moderadamente drenado.

USO ATUAL – reflorestamento com *Pinus taeda*.

DESCRITO E COLETADO – Cedimara Arruda Santana Morales, Jaime Antonio de Almeida e Jackson Adriano Albuquerque.



Descrição Morfológica:

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição
BA _p	0-7cm	bruno amarelado (10 YR 5/4, seco); franco argiloso; médio a grande blocos angulares; friável; muito pegajoso e plástico; raízes abundantes; transição clara e plana.
BA	7-48cm	bruno amarelado (10 YR 5/4, seco); franco argiloso; grande prismático que se desfaz em blocos angulares; firme; pegajoso e plástico; raízes abundantes; transição clara e plana.
B _{sombrik}	48-60/63cm	bruno amarelado escuro (10 YR 4/6, seco); franco argiloso; pequeno a grande blocos angulares; friável; pegajoso e plástico; raízes comuns; transição clara e plana.
Bi	60/63-82cm	bruno forte (7,5 YR 4/6, úmido); franco argiloso; médio a grande blocos angulares; friável; pegajoso e plástico; raízes poucas; transição clara e plana.
BC	82-97/100cm	bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido); franco argiloso; pequeno a grande blocos angulares; friável; pegajoso e plástico; raízes poucas; transição ondulada.
Cr	97/100cm +	

ANEXO D.7 :

PERFIL: 7

CLASSIFICAÇÃO: Gleissolo Háptico Alítico Típico - (Cripto Gleissolo)

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Alfredo Wagner. Fazenda Céu. FL 212, talhão 9, parcela 2368. Coordenadas - 27°36'7.8" LS 49°18'21.4" LW

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL– Trincheira situada no topo de elevação com cerca de 10 % de declividade e sob cobertura de *Pinus taeda*.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Rio do Rastro.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Siltitos formação Rio do Rastro.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ALTITUDE: 962m

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

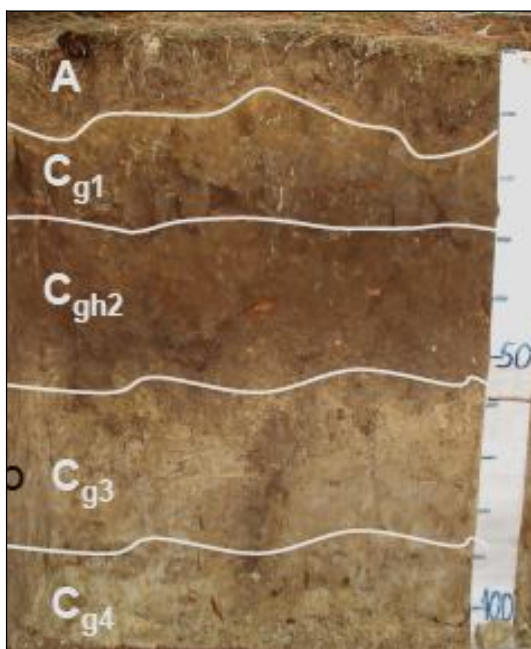
RELEVO LOCAL – Ondulado.

EROSÃO – Não

DRENAGEM – Mal a imperfeitamente drenado.

USO ATUAL – reflorestamento com *Pinus taeda*.

DESCRITO E COLETADO – Cedimara Arruda Santana Morales, Jaime Antonio de Almeida e Jackson Adriano Albuquerque.



Descrição Morfológica:

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição
A	0-8/14 cm	bruno acinzentado escuro (10 YR 4/2, úmido); franco siltoso; pequeno a grande blocos subangulares; friável; pegajoso e plástico; raízes abundantes; transição abrupta e ondulada.
Cg ₁	8/14-26 cm	bruno amarelado escuro (10 YR 4/4, úmido); franco argiloso; maciço; friável; pegajoso e plástico; raízes poucas a comuns; transição clara e plana; zonas de reoxidação de Fe no topo do Cg ₁
Cgh ₂	26-54/60 cm	bruno escuro (10 YR 3/3, úmido); franco argiloso; maciço; friável; ligeiramente pegajoso e plástico; raízes comuns; transição clara e ondulada.
Cg ₃	54/60 - 85/92cm	cinzento claro (10 YR 7/2, úmido); franco argiloso; maciço; friável; pegajoso e plástico; raízes poucas; transição gradual e ondulada.
Cg ₄	85/92 – 105cm +	cinzento claro (10 YR 7/1, úmido); franco siltoso; médio a grande blocos angulares; friável; muito pegajoso e plástico; raízes raras; transição clara e plana.

ANEXO D.7		Laboratório: CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV - UDESC							
Horizontes		Granulometria da terra fina, g 100g ⁻¹							
Símbolo	Profund. cm	Areia	Silte	Argila	Argila natural	Grau de Floculação (%)	Silte/Argila		
		2-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm					
A	0-8/14	33	53	14	14	1	3,67		
Cg ₁	8/14-26	26	37	36	23	3	1,03		
Cgh ₂	26-54/60	33	37	29	28	37	1,28		
Cg ₃	54/60 - 85/92	31	38	31	30	1	1,25		
Cg ₄	85/92 – 105 +	26	50	23	23	1	2,18		
Horizontes		Umidade, cm ³ cm ⁻³			Densidade		Porosidade cm ³ cm ⁻³	pH (1:2,5)	
Símbolo	Profund. cm	0,01 MPa	1,5 MPa	Água disponível	Partícula g cm ⁻³	Solo g cm ⁻³		H ₂ O	KCL
A	0-8/14	0,44	0,32	0,12	2,44	1,26	0,54	4,0	3,3
Cg ₁	8/14-26	0,51	0,40	0,11	2,71	1,53	0,49	4,2	3,5
Cgh ₂	26-54/60	0,61	0,51	0,10	2,61	1,32	0,59	4,4	3,7
Cg ₃	54/60 - 85/92	0,49	0,38	0,11	2,59	1,61	0,49	4,5	3,7
Cg ₄	85/92 – 105 +	0,47	0,36	0,11	2,51	1,61	0,48	4,6	3,6
Horizontes		C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	MO g 100g ⁻¹	Relação	Bases trocáveis cmolc dm ⁻³			
Símbolo	Profund. cm				C/N	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺¹	Na ⁺¹
A	0-8/14	25	1,3	4,3	19	0,06	0,03	0,05	0,03
Cg ₁	8/14-26	17	1,7	3,0	10	0,15	0,03	0,04	0,02
Cgh ₂	26-54/60	16	0,9	2,8	18	0,04	0,02	0,04	0,02
Cg ₃	54/60 - 85/92	11	0,6	1,9	20	0,02	0,02	0,04	0,03
Cg ₄	85/92 – 105 +	12	0,6	2,0	19	0,03	0,02	0,05	0,03
Horizontes		Ca/Mg	Soma de bases (S)	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Saturação c/ bases (V%)	Saturação c/ alumínio (M%)	T cmol _c dm ⁻³	P mg/dm ³
Símbolo	Profund. cm		cmolc.kg ⁻¹						
A	0-8/14	0,1	0,2	5,9	10,4	1,5	97	10,6	0,6
Cg ₁	8/14-26	0,2	0,2	14,5	20,3	1,2	98	20,5	< 0,1
Cgh ₂	26-54/60	0,1	0,1	6,7	13,0	1,0	98	13,2	0,4
Cg ₃	54/60 - 85/92	0,0	0,1	8,5	11,6	0,9	99	11,7	< 0,1
Cg ₄	85/92 – 105 +	0,0	0,1	10,9	11,9	1,1	99	12,0	< 0,1

ANEXO D.8 :

PERFIL: 8

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Húmico Distrófico Típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Alfredo Wagner. Fazenda Céu, FL 212, talhão 9, parcela 2369. Coordenadas - 27° 36'5.7" LS 49°18'50.1" LW

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL– Trincheira situada no terço superior de elevação com cerca de 12 % de declividade e sob cobertura de *Pinus taeda*.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA –

MATERIAL ORIGINÁRIO -.

PEDREGOSIDADE – Não pedregoso.

ALTITUDE: 1005 m

ROCHOSIDADE – Não rochoso.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

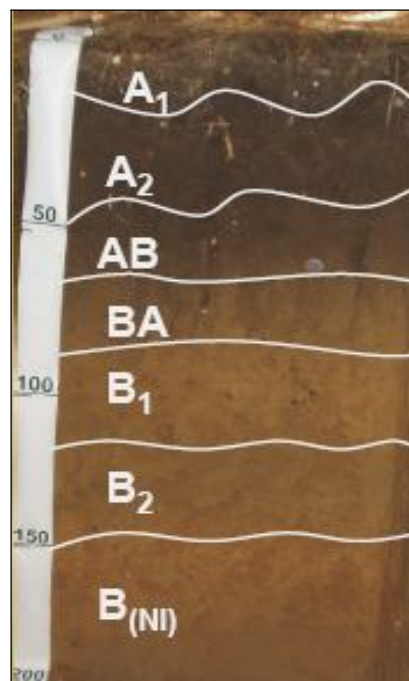
RELEVO LOCAL – Ondulado.

EROSÃO – Não

DRENAGEM – Bem a moderadamente drenado

USO ATUAL – reflorestamento com *Pinus taeda*.

DESCRITO E COLETADO – Cedimara Arruda Santana, Jaime Antonio de Almeida e Jackson Adriano Albuquerque.



Descrição Morfológica:

Horizonte	Profundidade (cm)	Descrição
A ₁	0-18cm	preto (10 YR 2/1, úmido); franco; pequeno a grande blocos subangulares; friável; ligeiramente pegajoso e plástico; raízes abundantes.
A ₂	18-50cm	bruno muito escuro (10 YR 2/2, úmido); franco argilo arenoso; ; pequeno a grande blocos subangulares; muito friável; ligeiramente pegajoso e plástico; raízes comuns.
AB	50-65cm	bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido); franco argiloso; pequeno a grande blocos subangulares; friável; pegajoso e plástico; raízes poucas.
BA	65-77cm	bruno amarelado escuro (10 YR 4/5, úmido); franco argiloso; pequeno a grande blocos angulares; firme; pegajoso e plástico; raízes poucas.
B ₁	77-120cm	bruno amarelado escuro (10 YR 4/6, úmido); franco argilo arenoso; pequeno a grande blocos angulares; firme; pegajoso e plástico; raízes poucas a raras.
B ₂	120-147cm	bruno amarelado (10 YR 5/4, úmido); franco argilo arenoso; médio a grande blocos angulares; firme; pegajoso e plástico; raízes raras.
B(NI)	147-200cm +	bruno amarelado (10 YR 5/4, úmido); franco argiloso; ; médio a grande blocos angulares; friável; pegajoso e plástico; raízes raras.

Observação: Presença de micorrizas.

ANEXO D.8		Laboratório: CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV - UDESC							
Horizontes		Granulometria da terra fina, g 100g ⁻¹							
Símbolo	Profund. cm	Areia	Silte	Argila	Argila natural	Grau de Floculação (%)	Silte/Argila		
		2-0,05 mm	0,05-0,002 mm	<0,002 mm					
A ₁	0-18	46	31	22	21	6	1,39		
A ₂	18-50	53	27	20	18	6	1,38		
AB	50-65	42	28	30	20	35	0,92		
BA	65-77	41	30	28	25	13	1,07		
B ₁	77-120	47	21	32	29	10	0,65		
B ₂	120-147	47	24	29	29	2	0,83		
B(NI)	147-200	28	36	36	0	100	1,01		
Horizontes		Umidade, cm ³ cm ⁻³			Densidade		Porosidade cm ³ cm ⁻³	pH (1:2,5)	
Símbolo	Profund. cm	0,1 MPa	1,5 MPa	Água disponível	Partícula g cm ⁻³	Solo g cm ⁻³		H ₂ O	KCL
A ₁	0-18	0,48	0,34	0,14	2,52	0,79	0,41	4,3	3,6
A ₂	18-50	0,53	0,35	0,18	2,55	1,13	0,58	4,2	3,8
AB	50-65	0,49	0,39	0,10	2,56	1,35	0,54	4,6	3,9
BA	65-77	0,46	0,39	0,07	2,51	1,35	0,52	4,7	3,9
B ₁	77-120	0,45	0,38	0,06	2,51	1,30	0,52	4,9	3,9
B ₂	120-147				2,66	1,42	0,48	4,8	3,8
B(NI)	147-200	0,46	0,36	0,10	2,58	1,63	0,46	4,7	3,7
Horizontes		C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	MO g 100g ⁻¹	Relação	Bases trocáveis cmolc dm ⁻³			
Símbolo	Profund. cm				C/N	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺¹	Na ⁺¹
A ₁	0-18	55	2,6	9,6	21	0,19	0,02	0,05	0,03
A ₂	18-50	29	1,4	5,5	21	0,05	0,02	0,03	0,02
AB	50-65	16	0,9	2,8	18	0,06	0,02	0,02	0,02
BA	65-77	15	0,8	2,6	18	0,05	0,02	0,02	0,03
B ₁	77-120	16	0,6	2,8	29	0,04	0,02	0,03	0,02
B ₂	120-147	15	0,5	2,6	31	0,04	0,04	0,03	0,03
B(NI)	147-200	8	0,4	1,3	19	0,03	0,03	0,05	0,03

Horizontes		Ca/Mg	Soma de bases (S)	Al ⁺³	H ⁺ +Al ⁺³	Saturação c/ bases (V%)	Saturação c/ alumínio (M%)	T cmol _c dm ⁻³	P mg dm ⁻³
Símbolo	Profund. cm								
				cmolc kg ⁻¹					
A ₁	0-18	0,2	0,3	6,7	16,8	1,7	96	17,1	0,5
A ₂	18-50	0,1	0,1	6,1	15,0	0,8	98	15,1	0,2
AB	50-65	0,1	0,1	5,1	11,4	1,1	98	11,5	0,7
BA	65-77	0,1	0,1	4,5	11,4	0,9	98	11,5	0,5
B ₁	77-120	0,1	0,1	3,7	8,6	1,2	97	8,7	1,6
B ₂	120-147	0,1	0,1	4,1	8,3	1,7	97	8,4	1,3
B(NI)	147-200	0,1	0,1	9,1	12,2	1,1	99	12,3	2,2

Anexo E. Valores médios de areia, silte, argila, grau de flocação (GF), silte/argila, densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade, microporosidade, resistência à penetração (RP), teor de água disponível (AD), umidade gravimétrica (Ug) e umidade volumétrica (Uv) nas camadas de: 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horizonte A e *Solum* (A+B) nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

Perfil	Prof	Areia	Silte	Arg	GF	SilArg	Ds	PT	Macro	Micro	RP	AD	Ug	Uv
		g 100g ⁻¹			%		g cm ⁻³	cm cm ⁻³			kg cm ⁻²	cm cm ⁻³	g g ⁻¹	
P1 (NVah)	20	27,8	27,2	45,0	41	0,6	1,17	0,51	0,09	0,42	2,48	0,09	0,31	0,36
	40	25,8	25,8	48,5	50	0,5	1,20	0,50	0,08	0,42	2,35	0,09	0,31	0,37
	60	24,5	26,1	49,4	48	0,5	1,18	0,54	0,09	0,45	2,18	0,10	0,31	0,37
	100	22,0	24,0	54,0	54	0,5	1,23	0,55	0,08	0,47	1,98	0,10	0,30	0,37
	A	24,0	26,3	49,8	47	0,5	1,17	0,55	0,10	0,46	2,11	0,10	0,31	0,36
	A+B	19,9	25,0	53,9	76	0,5	1,29	0,56	0,07	0,49	1,81	0,09	0,27	0,35
P2 (NLht)	20	18,28	44,66	37,06	25	1,23	1,37	0,50	0,04	0,46	3,70	0,10	0,26	0,35
	40	16,70	41,07	42,23	36	1,01	1,32	0,52	0,06	0,46	3,16	0,09	0,26	0,34
	60	15,66	39,66	44,69	40	0,92	1,30	0,53	0,07	0,46	2,89	0,10	0,26	0,33
	100	15,66	39,66	44,69	40	0,92	1,30	0,53	0,07	0,46	2,89	0,10	0,26	0,33
	A	15,98	40,09	43,93	39	0,95	1,31	0,52	0,07	0,46	2,97	0,10	0,26	0,33
	A+B	15,98	40,09	43,93	39	0,95	1,31	0,52	0,07	0,46	2,97	0,10	0,26	0,33
P3 (CHat)	20	27,67	39,23	33,10	22	1,19	0,93	0,60	0,19	0,41	3,21	0,20	0,29	0,27
	40	26,06	39,26	34,68	28	1,14	1,03	0,59	0,12	0,47	3,32	0,18	0,29	0,30
	60	24,40	37,24	38,36	35	1,00	1,09	0,58	0,10	0,48	3,25	0,15	0,29	0,31
	100	24,87	36,04	39,09	41	0,95	1,21	0,56	0,08	0,48	3,07	0,13	0,27	0,32
	A	24,97	37,62	37,41	36	1,04	1,06	0,58	0,11	0,48	3,30	0,16	0,29	0,31
	A+B	25,50	35,57	38,47	45	0,94	1,24	0,55	0,08	0,48	3,06	0,12	0,26	0,32
P4 (CHat)	20	25,74	42,86	31,40	19	1,39	1,27	0,55	0,06	0,49	3,71	0,13	0,27	0,34
	40	24,62	42,48	32,90	21	1,31	1,29	0,55	0,04	0,51	3,73	0,13	0,27	0,35
	60	23,57	41,23	35,20	23	1,21	1,29	0,55	0,05	0,50	3,32	0,12	0,27	0,35
	100	22,11	36,67	40,72	28	0,96	1,28	0,55	0,05	0,50	2,86	0,10	0,27	0,34
	A	24,26	42,10	33,64	22	1,27	1,27	0,55	0,05	0,50	3,46	0,12	0,27	0,34
	A+B	21,21	35,94	43,15	50	0,89	1,35	0,54	0,04	0,50	2,70	0,09	0,26	0,35

Continuação

Perfil	Prof	Areia	Silte	Arg	GF	SilArg	Ds	PT	Macro	Micro	RP	AD	Ug	Uv	
		g 100g ⁻¹			%		g cm ⁻³	cm cm ⁻³		kg cm ⁻²	cm cm ⁻³	g g ⁻¹			
P5 (CHat)	20	29,22	38,68	32,10	50,38	1,21	1,05	0,56	0,07	0,51	2,08	0,03	0,32	0,34	
	40	27,13	39,25	33,62	42,08	1,17	1,08	0,58	0,08	0,51	1,95	0,06	0,31	0,34	
	60	24,60	39,15	36,25	36,06	1,10	1,13	0,58	0,07	0,52	1,87	0,09	0,30	0,34	
	100	24,98	38,87	36,15	23,82	1,11	1,25	0,56	0,05	0,51	1,83	0,11	0,28	0,34	
	A	27,19	39,25	33,56	42,18	1,17	1,08	0,58	0,08	0,51	1,95	0,06	0,31	0,34	
	A+B	22,75	39,05	38,20	31,30	1,05	1,16	0,58	0,06	0,53	1,84	0,10	0,30	0,34	
P6 (CXalts)	20	30,07	33,43	36,50	21,01	0,92	1,65	0,46	0,02	0,44	3,77	0,10	0,19	0,32	
	40	29,48	33,67	36,85	24,06	0,91	1,65	0,47	0,01	0,46	3,79	0,10	0,19	0,32	
	60	28,85	33,67	37,48	23,53	0,90	1,60	0,49	0,02	0,47	3,53	0,09	0,20	0,32	
	100	27,85	36,67	34,98	17,34	1,07	1,54	0,49	0,03	0,46	2,80	0,09	0,21	0,32	
	A
	A+B	28,5	34,4	37,0	22,5	0,8	1,42	0,45	0,02	0,43	2,90	0,08	0,19	0,29	
P7 (GXalt)	20	29,81	45,89	24,30	1,93	2,48	1,38	0,51	0,05	0,47	2,40	0,12	0,23	0,32	
	40	30,55	41,62	27,83	14,31	1,84	1,38	0,53	0,03	0,50	2,25	0,11	0,23	0,32	
	60	31,38	40,25	28,37	20,07	1,65	1,38	0,55	0,03	0,52	2,10	0,11	0,22	0,31	
	100	30,63	40,90	28,47	12,44	1,60	1,47	0,52	0,03	0,50	1,74	0,11	0,23	0,34	
	A	32,70	52,90	14,40	1,37	3,67	1,26	0,54	0,08	0,46	2,27	0,12	0,20	0,25	
	A+B	32,70	52,90	14,40	1,37	3,67	1,26	0,54	0,08	0,46	2,27	0,12	0,20	0,25	
P8 (CHdt)	20	47,12	30,76	22,12	6,10	1,39	0,82	0,43	0,07	0,35	2,10	0,14	0,27	0,22	
	40	50,26	28,88	20,86	5,96	1,38	0,97	0,51	0,08	0,43	2,29	0,16	0,26	0,25	
	60	49,33	28,43	22,24	10,77	1,31	1,06	0,52	0,08	0,45	2,40	0,15	0,25	0,27	
	100	47,33	26,95	25,72	12,08	1,11	1,17	0,52	0,08	0,45	2,71	0,11	0,23	0,27	
	A	48,73	28,40	22,87	12,63	1,28	1,08	0,53	0,08	0,45	2,43	0,15	0,25	0,27	
	A+B	40,19	29,69	29,62	42,29	1,03	1,36	0,49	0,06	0,44	2,81	0,08	0,21	0,29	

Anexo F. Valores médios de pH, dos teores de N, P, Ca, Mg, Na, Al, H+Al, H, soma de bases (SB), saturação por Al (M), saturação por sódio (ST) e cálcio mais magnésio (Ca+Mg) nas camadas de: 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horizonte A e *Solum* (A+B) nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalts) e P8 (CHdt).

Perfil	Prof	pH			N g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	H	SB	M	ST	Ca+Mg
		H ₂ O	SMP	KCL													
P1 NVah	20	4,1	4,4	3,5	2,8	2,6	0,08	0,41	0,04	0,02	5,9	20,0	14,0	0,55	91	0,1	0,45
	40	4,0	4,4	3,6	2,3	1,6	0,06	0,32	0,04	0,03	6,1	19,8	13,7	0,45	93	0,1	0,36
	60	4,1	4,4	3,7	1,9	1,2	0,08	0,24	0,04	0,03	6,0	18,5	12,5	0,39	94	0,2	0,27
	100	4,2	4,5	3,7	1,5	0,7	0,09	0,16	0,03	0,03	5,7	16,1	10,4	0,31	95	0,2	0,19
	A	4,2	4,4	3,7	1,8	1,1	0,09	0,21	0,03	0,03	5,9	17,9	12,0	0,36	94	0,2	0,24
	A+B	4,1	4,4	3,6	1,0	0,4	0,06	0,09	0,02	0,02	4,7	11,7	7,0	0,20	89	0,2	0,11
P2 NLht	20	4,0	4,1	3,5	2,1	2,3	0,20	0,14	0,04	0,04	10,4	17,6	7,2	0,41	96	0,2	0,18
	40	4,1	4,1	3,6	2,1	1,6	0,19	0,10	0,03	0,05	9,8	17,7	7,8	0,37	96	0,3	0,13
	60	4,1	3,6	3,1	1,8	1,3	0,16	0,07	0,03	0,05	8,4	15,6	7,2	0,31	84	0,3	0,10
	100	4,1	3,6	3,1	1,8	1,3	0,16	0,07	0,03	0,05	8,4	15,6	7,2	0,31	84	0,3	0,10
	A	4,2	4,1	3,6	2,1	1,5	0,19	0,08	0,03	0,06	9,7	18,0	8,3	0,36	97	0,3	0,11
	A+B	4,2	4,1	3,6	2,1	1,5	0,19	0,08	0,03	0,06	9,7	18,0	8,3	0,36	97	0,3	0,11
P3 CHat	20	4,1	4,4	3,7	2,7	1,2	0,04	0,08	0,04	0,03	6,2	16,7	10,6	0,19	97	0,2	0,12
	40	4,3	4,3	3,8	2,2	0,9	0,03	0,08	0,04	0,03	5,5	17,3	11,8	0,18	97	0,2	0,11
	60	4,3	4,3	3,8	2,0	0,9	0,03	0,07	0,03	0,04	5,5	15,6	10,1	0,17	97	0,2	0,10
	100	4,5	4,4	3,8	1,6	1,1	0,03	0,06	0,02	0,03	5,4	12,8	7,4	0,14	97	0,3	0,08
	A	4,3	4,3	3,8	2,1	0,9	0,03	0,07	0,03	0,04	5,4	16,2	10,8	0,17	97	0,2	0,11
	A+B	4,3	4,4	3,7	1,3	0,8	0,02	0,05	0,02	0,03	4,4	10,8	6,5	0,12	76	0,2	0,07
P4 CHat	20	4,5	4,5	3,7	2,3	3,9	0,04	0,07	0,03	0,04	7,6	18,7	11,0	0,17	98	0,2	0,10
	40	4,5	4,4	3,7	2,2	3,8	0,03	0,05	0,03	0,03	7,9	18,3	10,4	0,15	98	0,2	0,08
	60	4,4	4,3	3,6	1,9	3,6	0,03	0,05	0,03	0,03	7,4	16,9	9,5	0,14	95	0,1	0,08
	100	4,5	4,4	3,7	1,5	3,5	0,03	0,05	0,02	0,02	6,9	14,2	7,3	0,13	96	0,2	0,08
	A	4,4	4,3	3,6	1,9	3,6	0,03	0,06	0,03	0,03	7,5	16,9	9,4	0,14	95	0,1	0,08
	A+B	4,5	4,4	3,7	1,0	2,2	0,03	0,04	0,02	0,02	5,6	10,9	5,3	0,10	85	0,2	0,06

Continuação...

Perfil	Prof	pH			N g kg ⁻¹	P ⁽¹⁾ mg dm ⁻³	K ⁽¹⁾	Ca ⁽¹⁾	Mg	Na	Al	H+Al	H	SB ⁽¹⁾	M	ST	Ca+Mg	
		H ₂ O	SMP	KCl														----- cmolc dm ⁻³ -----
P5 CHat	20	3,8	4,4	3,6	2,5	0,8	0,08	0,08	0,03	0,03	6,8	16,9	10,1	0,23	97	0,2	0,12	
	40	4,0	4,4	3,7	2,0	0,7	0,08	0,07	0,03	0,02	6,3	16,5	10,2	0,21	97	0,1	0,10	
	60	4,2	4,5	3,7	1,5	0,5	0,08	0,07	0,03	0,02	6,1	15,3	9,2	0,19	97	0,1	0,10	
	100	4,3	4,5	3,8	1,0	0,3	0,07	0,05	0,02	0,02	6,2	12,6	6,4	0,16	97	0,2	0,07	
	A	4,0	4,4	3,7	2,0	0,7	0,08	0,07	0,03	0,02	6,3	16,4	10,1	0,21	97	0,1	0,10	
	A+B	4,2	4,5	3,7	1,3	0,5	0,07	0,06	0,03	0,02	6,2	13,9	7,8	0,18	97	0,2	0,09	
P6 CXalts	20	4,0	4,3	3,5	1,3	2,2	0,04	0,02	0,02	0,02	8,8	13,6	4,8	0,10	99	0,2	0,04	
	40	3,9	4,3	3,6	1,2	2,0	0,03	0,01	0,02	0,02	8,9	13,9	5,0	0,09	99	0,1	0,03	
	60	4,0	4,3	3,6	1,2	2,0	0,03	0,01	0,02	0,02	8,6	14,2	5,5	0,09	99	0,1	0,04	
	100	3,9	3,9	3,4	1,0	1,8	0,03	0,02	0,02	0,02	7,4	11,5	4,1	0,09	91	0,2	0,04	
	A																	
	A+B	3,9	3,9	3,3	1,0	1,8	0,03	0,02	0,02	0,02	7,5	12,2	4,7	0,09	89	0,2	0,04	
P7 GXalt	20	4,1	4,2	3,4	1,5	0,3	0,04	0,10	0,03	0,03	9,7	14,8	5,1	0,20	98	0,2	0,13	
	40	4,2	4,3	3,5	1,3	0,3	0,04	0,09	0,03	0,02	9,4	15,0	5,6	0,18	98	0,2	0,12	
	60	4,3	4,4	3,6	1,2	0,3	0,04	0,07	0,03	0,02	8,6	14,3	5,7	0,17	98	0,2	0,10	
	100	4,4	4,4	3,6	0,9	0,1	0,04	0,05	0,02	0,03	8,8	13,2	4,4	0,15	98	0,2	0,07	
	A	4,2	3,6	2,6	1,0	0,4	0,04	0,05	0,03	0,02	4,6	8,2	3,5	0,13	76	0,2	0,08	
	A+B	4,2	4,3	3,5	1,0	0,4	0,04	0,05	0,03	0,02	4,6	8,2	3,5	0,13	76	0,2	0,08	
P8 CHdt	20	4,3	4,7	3,6	2,5	0,5	0,05	0,18	0,02	0,03	6,69	16,65	9,96	0,28	96	0,2	0,20	
	40	4,3	4,9	3,7	1,9	0,3	0,04	0,11	0,02	0,03	6,42	15,83	9,42	0,20	97	0,2	0,13	
	60	4,3	4,9	3,7	1,7	0,4	0,03	0,09	0,02	0,03	6,15	14,95	8,80	0,18	97	0,2	0,11	
	100	4,6	5,0	3,8	1,4	1,0	0,04	0,08	0,03	0,03	6,29	14,78	8,49	0,18	120	0,3	0,11	
	A	4,3	4,9	3,8	1,6	0,4	0,03	0,09	0,02	0,03	6,07	14,68	8,61	0,17	97	0,2	0,11	
	A+B	4,1	4,2	3,4	0,8	1,1	0,03	0,05	0,02	0,02	5,63	10,79	5,16	0,13	88	0,2	0,07	

Anexo G. Quantidades absolutas de N, P, K, Ca, Mg, Na, Al e MO nas camadas de 0 a 20 cm; 0 a 40 cm; 0 a 60 cm, 0 a 100 cm, Horizonte A e A mais B nos perfis P1 (NVah), P2 (NLht), P3 (CHat), P4 (CHat), P5 (CHat), P6 (CXalts), P7 (GXalt) e P8 (CHdt).

Perfil	Prof	N	P	K	Ca	Mg	Na	Al	MO
		ton ha ⁻¹			kg ha ⁻¹			ton ha ⁻¹	
P1 NVah	20	5,8	3,5	147	12	14	57	1,4	160
	40	6,6	3,0	155	14	20	65	1,7	177
	60	5,8	2,5	122	13	23	96	1,8	166
	100	4,4	1,6	83	10	20	93	1,5	133
	A	5,4	2,2	107	12	24	110	1,8	160
	A+B	3,2	0,9	49	8	17	69	1,5	104
P2 NLht	20	3,5	3,3	45	7	13	118	1,6	85
	40	4,9	2,8	35	8	25	148	1,9	105
	60	4,8	2,4	27	7	26	139	1,8	100
	100	4,8	2,4	27	7	0	0	1,8	100
	A	5,5	2,8	31	8	30	160	2,0	116
	A+B	5,5	2,8	31	8	0	0	2,0	98
P3 CHat	20	4,5	2,2	29	10	14	29	1,1	133
	40	4,2	1,7	30	9	14	23	1,0	131
	60	3,7	1,5	26	7	14	20	0,9	109
	100	3,0	1,9	21	5	12	20	0,9	88
	A	4,0	1,5	27	7	14	21	0,9	115
	A+B	2,6	1,4	18	4	10	15	0,7	75
P4 CHat	20	6,5	9,7	28	9	16	33	1,0	179
	40	7,7	11,7	30	11	17	39	1,1	216
	60	5,9	9,2	26	9	13	31	1,0	166
	100	4,8	9,3	26	8	12	29	1,2	137
	A	6,2	9,5	26	9	14	32	1,0	174
	A+B	3,3	5,8	20	6	11	27	1,1	97
P5 CHat	20	3,5	1,0	26	6	9	45	0,9	97
	40	3,0	0,9	24	6	8	49	0,9	88
	60	2,4	0,7	23	6	8	50	1,1	81
	100	1,8	0,4	18	6	10	52	1,3	76
	A	3,1	0,9	24	6	8	49	0,9	89
	A+B	2,2	0,7	24	6	9	55	1,3	82
P6 CXalts	20	5,6	8,5	9	11	19	56	4,0	131
	40	6,6	10,0	9	13	22	65	4,8	153
	60	5,9	8,8	9	12	20	57	4,2	135
	100	4,2	6,6	13	9	16	42	3,0	94
	A	-	-	-	-	-	-	-	-
	A+B	4,5	7,0	10	9	17	45	3,2	106
P7 GXalt	20	2,8	0,4	35	7	9	28	1,6	63
	40	3,3	0,8	39	8	13	40	2,0	82
	60	3,4	0,9	37	9	16	47	2,2	92
	100	3,0	0,3	29	9	21	51	2,6	87
	A	1,4	0,6	12	4	6	19	0,6	47
	A+B	1,4	0,6	12	4	6	19	0,6	81
P8 CHdt	20	3,8	0,7	29	53	4	11	1,0	140
	40	4,4	0,6	33	43	7	15	1,5	161
	60	4,1	0,7	31	38	7	14	1,5	147
	100	3,6	2,8	37	39	10	20	1,6	143
	A	3,9	0,7	30	37	7	14	1,4	140
	A+B	2,8	5,6	57	30	14	22	2,5	105