

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**ATRIBUTOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE  
*Eucalyptus* spp. NA METADE SUL DO  
RIO GRANDE DO SUL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Bruno Pimentel Morales**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2013**



**ATRIBUTOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE *Eucalyptus*  
spp. NA METADE SUL DO RIO GRANDE DO SUL**

**Bruno Pimentel Morales**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**

**Orientador: Prof. José Miguel Reichert**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo autor.

Morales, Bruno Pimentel

Atributos do Solo e produtividade de *Eucalyptus* spp. na metade Sul do Rio Grande do Sul / Bruno Pimentel Morales. – 2013.

159 p.; 30cm

Orientador: José Miguel Reichert

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2013.

1. Produtividade florestal 2. *Eucalyptus saligna*  
3. *Eucalyptus dunnii* 4. Solos Florestais 5. Atributos do solo  
I. Reichert, José Miguel II. Título.

---

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Bruno Pimentel Morales. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço Eletrônico: brunocmpc@gmail.com

---

**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Centro de Ciências Rurais**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

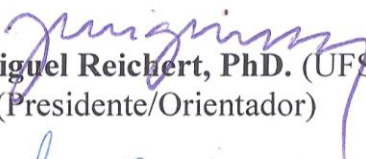
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**ATRIBUTOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE *Eucalyptus* spp.  
NA METADE SUL DO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por  
**Bruno Pimentel Morales**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Florestal**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

  
**José Miguel Reichert, PhD. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

  
**Douglas Rodrigo Kaiser, Dr. (UFFS)**

  
**Eduardo Page Floriano, Dr. (UNIPAMPA)**

Santa Maria, 29 de abril de 2013.



## **Ofereço**

Com amor,

A minha mãe, Ivone Pimentel, pelo incentivo, amor,  
carinho e exemplo de caráter e determinação a ser  
seguido nos desafios da vida.

A minha esposa, Cedinara Arruda Santana Morales,  
pelo apoio incondicional, carinho e paciência.





## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, que possibilitaram a realização deste mestrado;

A empresa Celulose Riograndense CMPC pela oportunidade, pelo apoio técnico, logístico e financeiro na realização desta pesquisa; em especial aos Engenheiros Florestais José Baptista e Elias Frank Aguiar pelo apoio, oportunidade e incentivo tão importantes ao desenvolvimento deste trabalho;

Ao professor PhD. José Miguel Reichert pela oportunidade, ensinamentos e colocações durante a orientação do trabalho;

A minha esposa, Engenheira Florestal Cedinara Arruda Santana Morales, pela determinação, comprometimento e apoio antes, durante e após a realização do trabalho;

Ao Pedro Henrique Borges, futuro Engenheiro Florestal, pelo auxílio, comprometimento e amizade em todos os momentos;

A meu pai, Mario Morales, e as minhas irmãs, Rosângela, Roberta, Mariana, Júlia, pelo carinho, apoio e aprendizado.

Aos colegas de empresa que colaboraram com o presente trabalho, Engenheiros Florestais Juliana Gomes e Lucas Zancan Pissinin e aos Geógrafos Maycon Damasceno e Mariana Costa Pereira;

Aos professores componentes da banca examinadora Dr. Douglas Rodrigo Kaiser e Dr. Eduardo Floriano Pagel pelos questionamentos, sugestões e melhorias aos presente trabalho;

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Cerlene da Silva Machado (Tita) e a Rone Maria Rachele De David, pela paciência e auxílio;

Aos colegas de curso, pela ajuda e amizade em todos os momentos.

Aos colegas integrantes do Laboratório de Física do Solo, pela ajuda.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho.

Obrigado!



## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ATRIBUTOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE *Eucalyptus* spp. NA METADE SUL DO RIO GRANDE DO SUL**

AUTOR: BRUNO PIMENTEL MORALES

ORIENTADOR: JOSÉ MIGUEL REICHERT

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 29 de abril de 2013.

O emprego de técnicas para determinação da capacidade produtiva de um sítio florestal depende de sua sensibilidade para avaliar ou prever a interação entre os fatores genéticos da espécie e o ambiente (clima, solo, fisiografia). O presente trabalho desenvolvido na região da Metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul teve como objetivo avaliar a influência dos atributos do solo, em diferentes classes de solo, com a capacidade produtiva através da altura dominante ( $h_{100}$ ) o *Eucalyptus saligna* (clone 32864) e plantios seminais de *Eucalyptus dunnii*. Desta forma, selecionaram-se 16 parcelas de inventário florestal com base no material genético e variáveis dendrométricas como a altura dominante ( $h_{100}$ ), incremento médio anual (IMA) e volume de madeira com casca ( $m^3/ha^{-1}$ ) projetados para os sete anos, sendo 9 parcelas de *E. dunnii* e 7 parcelas de *E. Saligna*. Em cada sítio selecionado abriu-se trincheiras para classificação do solo, coleta de amostras para análises químicas (pH, MO, Ca, Mg, Al, P, S, K, Zn, Cu, B, CTC<sub>ph7</sub>, V) físicas (granulometria, densidade de partícula e do solo, porosidade total, macro e microporosidade, curva de retenção de água no solo, condutividade hidráulica saturada) e coleta de serapilheira. Os perfis/parcelas apresentaram variações quanto as classes de solos, altura dominante, índice de sítio, material de origem, características morfológicas, químicas e físicas do solo e quantidade de serapilheira. Foram analisadas 4 classes de solos representativas da região do estudo: Argissolos (PVe, PVd, PBACd, PBACe, PAd), Neossolos (RRd), Luvisolos (TCo) e Cambissolo (CXbd). A altura dominante ( $h_{100}$ ) apresenta altura mínima de 22,9 m (Perfil 13 - RRd) e máxima de 29,3 m (Perfil 10 - TCo) para *E. dunnii* e para o clone *E. saligna* o IS apresenta altura mínima de 22,4 m (Perfil 11 - PAd) e 28,7 m (Perfil 16 - PVe). A análise estatística entre altura dominante ( $h_{100}$ ) e os atributos físicos, químicos e morfológicos do solo foi realizada através do emprego da análise de regressão múltipla buscando-se verificar a significância das variáveis de entrada para determinação da altura dominante. As equações que melhor relacionaram a altura dominante ( $h_{100}$ ) com os atributos do solo foram as oriundas das camadas de 10 a 20 cm e da camada de 60 a 80 cm quando considerados os dois materiais genéticos. Entretanto, quando os materiais genéticos foram avaliados separadamente as equações que melhor relacionaram o índice de sítio com os atributos do solo foram as equações oriundas das camadas de 10 a 20 cm e 20 a 40 cm para *E. dunnii*, 40 a 60 cm e 60 a 80 cm para o clone de *E. saligna*, evidenciando relações distintas entre os materiais genéticos e o solo nos perfis analisados. A profundidade dos horizontes A+B, o silte, a matéria orgânica e os teores de boro, de potássio e cálcio foram os atributos que mais contribuíram nos modelos para explicar a capacidade produtiva nos perfis analisados através da altura dominante ( $h_{100}$ ).

**Palavras-chave:** *Eucalyptus saligna*. *Eucalyptus dunnii*. Altura dominante. Argissolo. Cambissolo. Luvisolo. Neossolo.



## ABSTRACT

Master Dissertation  
Forest Engineering Graduate Program  
Universidade Federal de Santa Maria

### **SOIL ATTRIBUTES AND *Eucalyptus* spp. PRODUCTIVITY IN THE SOUTHERN PART OF THE RIO GRANDE DO SUL STATE**

AUTHOR: BRUNO PIMENTEL MORALES

ADVISOR: JOSÉ MIGUEL REICHERT

Place e Date: Santa Maria, April 29, 2013.

The use of techniques for determining the productive capacity of a forest site depends on its sensitivity to evaluate or to predict the interaction between the genetic factors of the species and the environment (climate, soil, physiography). This work was developed in the southern part of Rio Grande do Sul state and aimed to evaluate the influence of soil properties in different soil classes, with the production capacity by the dominant height ( $h_{100}$ ) for *Eucalyptus saligna* (clone 32864) and seminal plantations of *Eucalyptus dunnii*. Thus, we selected 16 inventory plots based on genetic material and dendrometric variables as the dominant height ( $h_{100}$ ), mean annual increment (MAI), volume of wood with bark ( $m^3/ha^{-1}$ ) designed for seven years. From these 16 plots, nine plots were *E. dunnii* and seven plots were *E. saligna*. In each selected site trenches were opened to classify the soil, to collect soil samples for chemical (pH, MO, Ca, Mg, Al, P, S, K, Zn, Cu, B, CTC,  $ph_7$ , V) and physical analysis (particle size, particle density and soil porosity, macro and microporosity, soil water retention curve, saturated hydraulic conductivity) and to collect litter. Profiles/plots showed variations in soil classes, site index, source material, morphological, chemical and physical soil characteristics and amount of litter. We analyzed four classes of representative soils of the study region: Argissolos (PVe, PVd, PBACd, PBACe, PAd), Neossolos (RRd), Luvisolos (TCo) and Cambissolos (CXbd). The dominant height ( $h_{100}$ ) showed a minimum height of 22.9 m (Profile 13 - RRd) and maximum height of 29.3 m (Profile 10-TCo) for *E. dunnii* and for the clone *E. saligna* the IS showed a minimum height of 22.4 m (Profile 11-PAd) and maximum of 28.7 m (Profile 16-PVe). The statistical analysis between dominant height ( $h_{100}$ ) and the physical, chemical and morphological soil characteristics was performed by the use of multiple regression analysis, which aimed to verify the significance of the input variables to determine the dominant height. The equations that best correlated the dominant height to soil attributes were derived from the layers 10-20 cm and 60-80 cm when were considered both genetic materials. However, when genetic materials were evaluated separately the equations that best correlated the dominant height to soil attributes were derived from the layers 10-20 cm and 20-40 cm for *E. dunnii*, and from the layers 40 - 60 cm and 60 - 80 cm for clone *E. saligna*, which shows the different relations between the genetic material and the analyzed soil profiles. The depth of the A + B horizons, the silt, the organic matter and the concentration of boron, potassium and calcium were the attributes that gave the highest contribution in the models to explain the productive capacity of the profiles analyzed by dominant height.

**Keywords:** *Eucalyptus saligna*. *Eucalyptus dunnii*. Dominant height. Argissolo. Cambissolo. Luvisolo. Neossolo.



## LISTA DE FIGURAS

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figura 1 –  | Localização geográfica dos hortos florestais estudados.....   | 39 |
| Figura 2 –  | Mapa das diferentes formações geológicas e de materiais de origem onde estão inseridas as áreas de estudo.....  | 45 |
| Figura 3 –  | Trincheira aberta para a coleta de amostras de solo (A). Equipamento utilizado para amostragem e amostragem em patamares (B).....   | 49 |
| Figura 4 –  | Densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total, macroporosidade e microporosidade médias dos perfis P1(PBACd), P2 (PVd), P3 (CXbd) e P4 (RRd).....                           | 58 |
| Figura 5 –  | Densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total, macroporosidade e microporosidade médias dos perfis P5 (RRd), P6 (PBACe), P7 (PAd) e P8 (RRd).....                           | 59 |
| Figura 6 –  | Densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total, macroporosidade e microporosidade médias dos perfis P9 (TCo), P10 (TCo), P11 (PAd) e P12 (PVd).....                          | 60 |
| Figura 7 –  | Densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total, macroporosidade e microporosidade médias dos perfis P13 (RRd), P14 (TCo), P15 (PVe) e P16 (PVe).....                         | 61 |
| Figura 8 –  | Armazenamento de água no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente em profundidade, dos perfis P1(PBACd), P2 (PVd), P3 (CXbd), P4 (RRd), P5 (RRd) e P6 (PBACe)..... | 63 |
| Figura 9 –  | Armazenamento de água no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente em profundidade, dos perfis P7 (PAd), P8 (RRd), P9 (TCo), P10 (TCo), P11 (PAd) e P12 (PVd).....  | 64 |
| Figura 10 – | Armazenamento de água no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente em profundidade, dos perfis P13 (RRd), P14 (TCo), P15 (PVe) e P16 (PVe).....                     | 65 |
| Figura 11 – | Curva de retenção de água no solo, dos perfis P1(PBACd), P2 (PVd), P3 (CXbd), P4 (RRd), P5 (RRd) e P6 (PBACe), das diferentes classes de solo estudadas.....                              | 67 |
| Figura 12 – | Curva de retenção de água no solo, dos perfis P7 (PAd), P8 (RRd), P9 (TCo), P10 (TCo), P11 (PAd) e P12 (PVd), das diferentes classes de solo estudadas...                                 | 69 |
| Figura 13 – | Curva de retenção de água no solo, dos perfis P13 (RRd), P14 (TCo), P15 (PVe) e P16 (PVe), das diferentes classes de solo estudadas.....  | 70 |
| Figura 14 – | Relação entre a condutividade hidráulica saturada e a macroporosidade do solo nas classes de solo mais representativas deste estudo.....  | 71 |





## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Hortos florestais, nº do perfil, espécie (material genético) e classe de solo das áreas em estudo. ....  | 40 |
| Tabela 2 – Variáveis meteorológicas de São Gabriel (RS) nas estações do ano e anual, média de 1976 a 2005.....  | 46 |
| Tabela 3 – Análise química do solo com valores pH em água (pH), teores de matéria orgânica (MO), de fósforo (P), enxofre (S) e potássio (K), saturação por bases (V) e alumínio (Al), teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio trocável (Al), capacidade de troca de cátions potencial (CTC <sub>pH7</sub> ), teores de zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B). .... | 76 |
| Tabela 4 – Teores médios de nutrientes acumulados na serapilheira de povoamentos de <i>Eucalyptus saligna</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> , aos 6 anos de idade, em diferentes sítios. ....  | 80 |
| Tabela 5 – Quantidade média de nutrientes acumulados na serapilheira de povoamentos de <i>Eucalyptus saligna</i> e <i>Eucalyptus dunnii</i> , aos 6 anos de idade, em diferentes sítios.....  | 81 |
| Tabela 6 – Resultados dos dados dendrométricos gerados a partir de equações utilizadas pela empresa CMPC para 7 anos e da última medição nas parcelas de cada perfil para para <i>Eucalyptus saligna</i> . ....   | 84 |
| Tabela 7 – Resultados dos dados dendrométricos gerados a partir de equações utilizadas pela empresa CMPC para 7 anos e da última medição nas parcelas de cada perfil para para <i>Eucalyptus dunnii</i> . ....  | 84 |
| Tabela 8 – Equações de regressão múltipla selecionadas por camada de solo para os materiais genéticos em separado e conjuntamente.....  | 88 |
| Tabela 9 – Variáveis dependentes consideradas para o ajuste de regressão múltipla para estimar a altura dominante ( $h_{100}$ ) de <i>E. saligna</i> e <i>E. dunnii</i> cultivados na região da metade Sul do RS, aos 7 anos de idade. ....   | 89 |



## LISTA DE ANEXOS

|                  |   |     |
|------------------|---|-----|
| <b>ANEXO A1</b>  | – Argissolo Bruno-Acinzentado Distrófico abruptico (PBACd), perfil 1. ....    | 105 |
| <b>ANEXO A2</b>  | – Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVd), perfil 2.....                   | 108 |
| <b>ANEXO A3</b>  | – Cambissolo Háptico Distroférico/Tb Distrófico típico (CXbd), perfil 3. .... | 111 |
| <b>ANEXO A4</b>  | – Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), perfil 4.....                  | 114 |
| <b>ANEXO A5</b>  | – Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), perfil 5. ....                 | 117 |
| <b>ANEXO A6</b>  | – Argissolo Bruno-Acinzentado Eutrófico típico (PBACe), perfil 6. ....        | 120 |
| <b>ANEXO A7</b>  | – Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd), perfil 7.....                    | 123 |
| <b>ANEXO A8</b>  | – Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), perfil 8.....                  | 126 |
| <b>ANEXO A9</b>  | – Luvissole Crômico Órtico típico (TCo), perfil 9.....                        | 129 |
| <b>ANEXO A10</b> | – Luvissole Crômico Órtico típico (TCo), perfil 10.....                       | 132 |
| <b>ANEXO A11</b> | – Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd), perfil 11.....                   | 135 |
| <b>ANEXO A12</b> | – Argissolo Vermelho Distrófico abruptico (PVd), perfil 12.....               | 138 |
| <b>ANEXO A13</b> | – Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), perfil 13.....                 | 141 |
| <b>ANEXO A14</b> | – Luvissole Crômico Órtico típico (TCo), perfil 14.....                       | 144 |
| <b>ANEXO A15</b> | – Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe), perfil 15.....  | 147 |
| <b>ANEXO A16</b> | – Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe), perfil 16.....  | 150 |



## LISTA DE APÊNDICES

|   |     |
|---|-----|
| <b>APÊNDICE A</b> –Composição granulométrica das camadas dos solos presentes no estudo. .   | 155 |
| <b>APÊNDICE B</b> – Densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (macro), microporosidade (micro), e condutividade hidráulica saturada (Ksat) dos perfis das classes de solos estudadas..... | 158 |



## SUMÁRIO

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>23</b>  |
| <b>1.1 Hipótese .....</b>  | <b>24</b>  |
| <b>1.2 Objetivos.....</b>  | <b>24</b>  |
| 1.2.1 Objetivos específicos.....   | 25         |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>  | <b>27</b>  |
| <b>2.1 Gênero <i>Eucalyptus</i>: perspectiva do Brasil .....</b>   | <b>27</b>  |
| 2.1.1 Espécie <i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden.....   | 28         |
| 2.1.2 Espécie <i>Eucalyptus saligna</i> SMITH.....   | 28         |
| <b>2.2 Sítio florestal e a capacidade produtiva.....</b>   | <b>29</b>  |
| <b>2.3 Geologia e Material de origem .....</b>   | <b>30</b>  |
| <b>2.4 Atributos físicos do solo .....</b>   | <b>31</b>  |
| <b>2.5 Atributos químicos do solo .....</b>  | <b>33</b>  |
| <b>2.6 Ciclagem de nutrientes.....</b>   | <b>36</b>  |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>  | <b>39</b>  |
| <b>3.1 Caracterização das áreas de estudo .....</b>  | <b>39</b>  |
| 3.1.1 Inventário florestal.....  | 47         |
| 3.1.2 Localização dos perfis e abertura das trincheiras .....  | 48         |
| 3.1.3 Amostragem do solo.....  | 49         |
| 3.1.4 Amostragem de serapilheira .....   | 50         |
| 3.2 Determinações do solo.....   | 51         |
| 3.2.1 Determinações químicas do solo .....   | 51         |
| 3.2.2 Determinações físicas do solo .....  | 51         |
| <b>3.3 Análise estatística.....</b>  | <b>52</b>  |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>  | <b>55</b>  |
| <b>4.1 Atributos físicos do solo .....</b>   | <b>55</b>  |
| <b>4.2 Atributos químicos do solo .....</b>  | <b>72</b>  |
| <b>4.3 Serapilheira .....</b>  | <b>80</b>  |
| <b>4.4 Relações entre a produtividade de <i>E. dunnii</i> e clone de <i>E. saligna</i> e os atributos do solo.....</b> | <b>82</b>  |
| <b>4.5 Análise de regressão múltipla para determinação da altura dominante (<math>h_{100}</math>).....</b>             | <b>85</b>  |
| <b>5 CONCLUSÕES.....</b>   | <b>91</b>  |
| <b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>  | <b>93</b>  |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>103</b> |





# 1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda de produtos de origem vegetal/animal, em virtude do crescente aumento da população humana tem levado os setores produtivos a almejam maiores produtividades, de modo a atender a progressiva demanda global nos mais diferentes setores (agrícola, florestal e industrial). Desta forma, surge em todas as esferas do agronegócio a preocupação com a sustentabilidade da produção em relação aos recursos naturais disponíveis (solo, água e ar).

Diante deste quadro a preocupação com o plantio de florestas de rápido crescimento, principalmente de eucalipto, não poderia estar distante desta realidade. Segundo relatório da Abraf (2012), o Brasil tem uma área total de florestas plantadas de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. de aproximadamente 6.500.000 ha dos quais 74,8 % correspondem a plantios de *Eucalyptus* sp. Áreas destinadas aos plantios de eucalipto no RS totalizaram até 2011 aproximadamente 280.000 ha, o que representa 5,7% do total de áreas destinadas ao plantio da espécie no Brasil.

Dado o impacto social, ambiental e da cadeia produtiva do eucalipto fica notório a inclusão do tema em projetos de pesquisa nas diferentes esferas que adicionem e forneçam informações nas diversas áreas envolvidas, desde interações ecológicas, produtividade, melhoramento genético, sustentabilidade e impactos sócio-econômicos das comunidades envolvidas.

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 das práticas de conservação do solo. Em síntese, a estimativa da produtividade do sítio e seu mapeamento identificam as probabilidades e riscos para o manejo de plantios florestais, servindo como base para o planejamento de curto, médio e longo prazo, seja local ou regional (SCOLFORO, 1992). 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).

A adaptação do material genético aos fatores edafoclimáticos bem como o emprego de práticas silviculturais apropriadas são fundamentais ao pleno estabelecimento de povoamentos florestais. Dentro das estratégias de manejo, amplamente empregadas na silvicultura de

*Eucalyptus* sp., que proporcionaram consideráveis ganhos em produtividade, estão o melhoramento e a clonagem de indivíduos superiores, acompanhamento nutricional de plantios e viveiros, prescrições de fertilização, técnicas de preparo de solo, mapeamento de solos e tratos culturais.

Desta forma o estudo dos atributos do solo e sua relação com o desenvolvimento e produtividade de povoamentos florestais busca contribuir com o emprego de práticas silviculturais, visando a sustentabilidade do potencial do sítio bem como a diminuição do impacto aos recursos naturais (solo, água e ar) ao longo de sucessivas rotações.

## 1.1 Hipótese

A hipótese testada no presente estudo para a produtividade de plantios seminais *Eucalyptus dunnii* Maidem e clonais de *Eucalyptus saligna* (clone 32864) em relação aos atributos do solo são:

- i) a produtividade das espécies apresenta maior relação com os atributos físicos dos solos na região do estudo;
- ii) é possível modelar a capacidade de produção dos diferentes sítios em função de seus atributos físicos, químicos e morfológicos;
- iii) a capacidade de produção dos diferentes sítios apresentam relações diferenciadas em virtude da espécie.

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral do estudo foi analisar a influência dos atributos do solo, em diferentes classes de solo, representativas da região analisada, com a produtividade e variáveis dendrométricas de um material de propagação clonal *E. saligna* (clone 32864) e *E. dunnii* de origem seminal empregados amplamente em plantios comerciais manejados para produção de celulose e madeira serrada no estado do RS.

### 1.2.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste estudo foram:

Determinar e avaliar os atributos físicos e químicos do solo nos principais tipos de solos destinados ao cultivo de *Eucalyptus* spp. na região de São Gabriel -RS;

Relacionar os atributos físicos e químicos do solo com a produtividade dos diferentes materiais genéticos, clone de *E. saligna* e *E. dunnii* de origem seminal;

Avaliar a capacidade produtiva das principais classes de solos e verificar o grau de limitação oferecido ao cultivo de *Eucalyptus* spp.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Gênero *Eucalyptus*: perspectiva do Brasil

O gênero *Eucalyptus* possui mais de 600 espécies descritas (LIMA, 1996). Este elevado número de espécies confere ao eucalipto grande possibilidade de expansão geográfica e econômica, uma vez que estes materiais genéticos são adaptados às mais diversas condições edafoclimáticas e atendem a inúmeros tipos de explorações econômicas.

No Brasil este gênero foi introduzido no início do século XIX, com evidências de que as primeiras árvores teriam sido plantadas em 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro (PEREIRA et al., 2000). No entanto, teve seus primeiros ensaios de reflorestamento em 1868, no Rio Grande do Sul, e posteriormente teve expansão em larga escala, graças ao trabalho pioneiro de Navarro de Andrade, iniciado em 1903. Hoje mais de um século depois, conforme a Abraf (2012), a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* no Brasil totaliza 4.873.952 ha (74,8% do total de plantios florestais do Brasil), sendo que o segmento de papel e celulose concentra 71,2% da área plantada, seguido pelos segmentos de siderurgia a carvão vegetal (18,4%), painéis de madeira industrializada (6,8%) e produtores independentes (3,6%).

A produtividade do gênero *Eucalyptus* atinge hoje números que partem de 35 a 50 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, dependendo da região edafoclimática (MORAES et al., 2012). Os estudos de seleção de espécies e materiais genéticos foram responsáveis pela expansão da atividade florestal, não somente na indústria de celulose e papel. O aumento da demanda de madeira como matéria-prima para a fabricação de chapas de madeira e outros, e as rápidas mudanças tecnológicas resultaram em um aumento adicional do reflorestamento com eucalipto, colocando-o na posição do gênero mais plantado no mundo (VALE, 2004).

As espécies de *Eucalyptus* economicamente importantes para as condições da Região Sul do Brasil constituem um pequeno número, sendo eles representados pelas espécies: *Eucalyptus dunnii*, *E. benthamii*, *E. saligna* e *E. Grandis*. Essas espécies são de boa aptidão para a produção de madeira para fins energéticos e/ou sólidos madeiráveis (FILHO et al., 2006).

### 2.1.1 Espécie *Eucalyptus dunnii* Maiden

Entre as espécies de *Eucalyptus*, o *Eucalyptus dunnii* tem se destacado na região Sul, pelo rápido crescimento e excelente forma e, principalmente, por sua tolerância a injúrias causadas pela geada (JUNIOR; WENDLING, 2003). Pelas características denotadas na origem, é potencialmente apta para o Sul do Brasil, suportando até -5°C (MORA; GARCIA, 2000) sob condições de aclimação prévia por gradual abaixamento de temperatura na estação fria, suportando até 22 geadas anuais contra oito geadas anuais de *E. saligna* (FAO, 1981).

Em suas áreas de origem, *E. dunnii* cresce bem em solos úmidos de alta fertilidade natural, principalmente de origem basáltica. Porém, essa espécie também vegeta adequadamente em solos derivados de rochas sedimentares que tenham drenagem livre, especialmente nos originários de argilito (BOLAND et al., 1984). Segundo Barros et al. (1990) as condições climáticas na região de ocorrência natural de *E. dunnii* e do *E. saligna* são bastantes similares.

Avaliações realizadas em *E. dunnii* aos 10 anos mostram que a espécie tem índices de sítio maiores em solos com textura gradacional e menores em solos com mudança textural. Solos uniformes apresentam resultados intermediários, pois contemplam tanto solos bem, quanto mal drenados ou mesmo estruturados ou com estrutura fraca (GRANT et al., 2010).

### 2.1.2 Espécie *Eucalyptus saligna* SMITH

O *Eucalyptus saligna* é frequentemente confundido com *E. grandis*, porém, produz madeira de maior densidade e apresenta menor susceptibilidade à deficiência do elemento mineral boro. A maior sensibilidade ao frio em relação a *E. dunnii* limita os plantios dessa espécie, sendo considerada apta para a região de transição entre clima tropical e subtropical (FILHO et al., 2006).

Em seu local de origem, a espécie se desenvolve melhor em neossolos flúvicos (solos aluviais) de boa qualidade, do tipo areno-siltoso. Outros solos são os argissolos (solos podzólicos) e os solos formados a partir de rochas de origem vulcânica. De forma geral, os

solos na região de origem da espécie possuem boa capacidade de retenção de água, porém, são bem drenados (BOLAND et al., 1984).

## **2.2 Sítio florestal e a capacidade produtiva**

Sítio florestal é um local que apresenta uma combinação de vários fatores ambientais, sejam eles topográficos, climáticos, atributos do solo e competitivos, que interagem entre si e assim influenciam no crescimento das árvores.

A capacidade produtiva de um sítio florestal pode ser avaliada através do emprego de métodos diretos, mensurando o efeito específico dos fatores ambientais no local em relação à espécie presente, ou através da análise dos fatores do ambiente de maneira combinada (método indireto) de maneira independente da espécie (MENEZES, 2005). 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). Assim, sempre que se pretender implantar um empreendimento florestal em uma determinada região, é necessário ter um amplo conhecimento das necessidades da espécie a ser plantada, bem com o potencial produtivo do local. Esses conhecimentos permitem classificar o local em diferentes classes de sítio para a espécie considerada (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

Neste contexto, a capacidade produtiva de um sítio depende, fundamentalmente, das condições do solo e do meio ambiente. A classe de solo agrega importantes informações, como a profundidade do solo, a classe textural, o teor de matéria orgânica, os níveis de nutrientes, a atividade química da fração coloidal, a presença de camadas compactadas e a percolação de água. As informações do ambiente 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 rochiosidade (ORTEGA; MONTEIRO, 1988).

Para Schneider e Schneider (2008), é plenamente compreensível que o solo seja um fator muito influente no potencial produtivo de um local, especialmente pelos aspectos físicos, químicos e biológicos. Pois, segundo eles, com um perfeito conhecimento das exigências de cada espécie, pode-se estabelecer uma boa correlação entre a capacidade produtiva e as características do solo.

## 2.3 Geologia e Material de origem

A região que compreende os perfis do presente estudo localiza-se na transição de duas províncias geomorfológicas, com origens geológicas distintas. A província do Escudo Sul-riograndense que é geologicamente complexa e mais antiga, formada por rochas de composição granítica associadas a cinturões de rochas metamórficas como xistos, mármore, gnaisses e quartzitos. A província da Depressão Central que é uma área de rochas sedimentares diversificadas que circunda o Escudo Sul-riograndense (STRECK et al., 2008).

A natureza dos materiais de origem influencia profundamente as características do solo. Sua composição química e mineralógica influenciam o intemperismo e a vegetação natural (BRADY; WEIL, 2013).

A interação dos fatores ambientais com o material de origem, o clima, a biota, o relevo e o tempo desencadeiam processos pedogenéticos. No entanto, as relações entre o relevo e a formação do solo são muito diversificadas. Há efeitos diretos do relevo nos processos de formação dos solos e efeitos indiretos por meio da influência do relevo em outros fatores ambientais (KAMPF; CURI, 2012).

A composição da rocha (material de origem) influencia a velocidade de intemperização da rocha e afeta o suprimento de elementos e a composição solo. Rochas félsicas (ricas em feldspatos e sílica) fornecem baixos teores de Ca, Mg, Fe, Mn favorecendo a formação de caulinita enquanto rochas máficas (ricas em minerais ferromagnesianos e plagioclásios) fornecem altos teores de cátions básicos e de ferro favorecendo a formação de esmectita em ambientes de lixiviação restrita ou de caulinita e óxidos de ferro e gibsitita em condições de intemperismo intenso (KÄMPF; STRECK, 2010).

O clima é o fator de formação do solo que tem maior influência no teor de MO, de N, na reação (pH) e na saturação por bases do solo. Também tem efeito significativo na profundidade do solo e na textura, além de ser um dos fatores que altera o tipo de argilomineral formado (KAMPF; CURI, 2012). Como regra geral, a natureza do material de origem tem efeito mais significativo em solos “recém-formados”, diminuindo esse efeito à medida que os solos evoluem ao longo do tempo, com a progressiva alteração dos minerais e a lixiviação dos elementos mais solúveis (KÄMPF; STRECK, 2010).

Segundo Lemos et al. (1973), os granitos e gnaisses constituem grande parte do Escudo e de modo geral estas rochas dão origem a solos com elevados teores de areia grossa em relação a areia fina. Os granitos, em geral, dão origem a solos com textura mais grosseira



e teores elevados de cascalho, enquanto os xistos originam solos rasos, ligeiramente ácidos a neutros e com saturação de bases alta.

Os granitos são caracterizados por serem rochas ígneas plutônicas, cujo resfriamento lento em profundidade gera granulação grosseira e apresenta-se rico em Si, Na e K em sua composição. O xisto (rocha laminada) e a gnaiss (rocha bandada) são rochas metamórficas decorrentes da recristalização de rochas pré-existentes sob alta temperatura ou pressão (STRECK et al. , 2008).

## **2.4 Atributos físicos do solo**

As propriedades físicas do solo influenciam o modo como ele funciona num ecossistema, mas também a melhor forma de manejá-lo ( BRADY; WEIL, 2013). Dentre os fatores de natureza física que influem no crescimento das plantas destacam-se a estrutura e a textura do solo que estão associados à densidade, espaço poroso, umidade, taxa de infiltração de água (MEURER, 2007).

A textura representa a distribuição das partículas sólidas minerais (areia, silte, argila) e apresenta grande estabilidade no tempo (FERREIRA, 2010). Estas frações apresentam características bastante diferenciadas tanto do ponto de vista físico e químico quanto do ponto de vista mineralógico, influenciando em grande parte os processos que governam a dinâmica do solo (AMARO FILHO et at., 2008). Afetam a dinâmica da adesão e coesão entre as partículas do solo, resistência do solo a tração, dinâmica da água no solo e a capacidade de troca catiônica (KLEIN, 2012; STRECK, 2008).

Conforme Azevedo e Dalmolin (2006), a textura do solo influencia o fluxo e a qualidade da água superficial e subsuperficial e também o comportamento dos elementos químicos. 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.

Já a estrutura do solo consiste no arranjo das partículas de areia, silte e argila em agregados estáveis que são unidades secundárias compostas de partículas do solo unidas por

substâncias orgânicas, óxidos de ferro, carbonatos, argilominerais e (ou) sílica (CURI; KAMPF, 2012). Desta forma, segundo Dexter (1988), a disposição espacial de partículas coloidais de argila num flóculo, o arranjo de torrões num solo lavrado, o complexo de canais formado por minhocas, a variabilidade da resistência do solo à penetração das raízes, de um lugar para outro, são aspectos da estrutura, vistos em diferentes escalas.

A estrutura do solo apresenta natureza dinâmica no qual a alteração do espaço poroso determina um novo comportamento nos processos que envolvem as relações solo-água-plantas (FERREIRA, 2010). Assim, a estrutura pode ser alterada, ao contrário da textura, através de práticas agrícolas, podendo ser melhorada ou degradada (REICHARDT; TIM, 2004).

A qualidade estrutural exerce grande influência na disponibilidade de água por determinar o volume de solo explorado pelo sistema radicular (REICHERT et al., 2011). Conforme Forsythe (1967), um solo bem estruturado é aquele que mantém a funcionalidade do seu sistema poroso de forma que os processos dinâmicos do solo são mantidos (aeração e movimento da água) em taxas adequadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

A densidade do solo descreve o estado da estrutura do solo, e difere da densidade de partícula por considerar o arranjo das partículas do solo, isto é o espaço poroso (KLEIN, 2012). É um atributo que varia com o tempo (por processos naturais de adensamento) e/ou com as práticas de manejo do solo, trânsito de máquinas, incorporação de matéria orgânica (AMARO FILHO et al., 2008) e é dependente da mineralogia, textura, conteúdo de matéria orgânica e estrutura do solo.

Em condições de elevada densidade natural ou pela compactação artificial, ocorre restrições 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), uma vez que a resistência do solo é aumentada e a porosidade total é reduzida às custas dos poros maiores. Com isso, o conteúdo volumétrico de água e a capacidade de campo são aumentados, enquanto a aeração, a taxa de infiltração de água e a condutividade hidráulica do solo saturado são reduzidas. Conseqüentemente, o escoamento superficial de água pode aumentar e o crescimento das plantas pode ser reduzido em virtude da diminuição da disponibilidade de água, da restrição ao crescimento das raízes e pela aeração deficiente (REICHERT et al., 2007).

A disponibilidade de água no solo às plantas é tradicionalmente compreendida e caracterizada através do conceito de água disponível, no qual a água disponível é a quantidade de água compreendida entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP). No entanto, segundo Klein (2012), nem toda a água retida entre a capacidade de

campo e o ponto de murchamento permanente é disponível as plantas. Carlesso (1995) e Jong van Lier (2010) contestam a maneira tradicional de avaliar a água disponível no solo, argumentando que o crescimento de plantas pode ser retardado antes que o ponto de murcha seja atingido, embora a extração de água pelas raízes possa continuar acima de  $-1,5$  MPa, ou que as plantas podem extrair água do solo mesmo quando a umidade estiver acima da capacidade de campo.

A disponibilidade de água para as plantas é uma propriedade que interfere no crescimento e produtividade das plantas, especialmente das árvores (FIETZ et al., 1999; AMARAL, 2000). A capacidade do solo em reter e disponibilizar a água são dependentes de suas características pedogenéticas, como a textura, mineralogia e profundidade efetiva do sistema radicular e, também, da quantidade e geometria do sistema poroso (KAISER, 2010).

No entanto, a capacidade de armazenamento de água no solo tem um limite que é determinado por características físicas do solo inerentes à sua composição e a fatores relacionados ao manejo. Quanto mais argiloso for o solo, maior quantidade de água ficará retida nele, em comparação a solos menos argilosos. Porém, a maior quantidade de água armazenada muitas vezes não está disponível para as plantas, ou seja, o potencial matricial que essa água está adsorvida às partículas do solo é maior que a capacidade das plantas em extraí-la. Existe, portanto, diferença entre água armazenada no solo e água disponível para as plantas pois, no solo, existe uma proporção de poros de pequeno diâmetro que retém a água a tensões superiores à capacidade de extração pelas plantas (SILVA, 2003).

A geometria e a distribuição de poros por tamanho controlam a transmissão e o armazenamento da água no solo, como também estabelecem a aeração e o espaço adequado para o crescimento radicular (SILVA et al., 2010).

Neste contexto, pode se dizer que o ambiente físico é o fator mais importante na produtividade do sítio, pois afeta propriedades do solo como o fluxo de água, ar e calor, a resistência do solo à penetração de raízes e a disponibilidade de nutrientes (LAL, 1979).

## **2.5 Atributos químicos do solo**

A presença de nutrientes é um dos aspectos fundamentais que garantem a boa qualidade dos solos. Um solo produtivo é um solo fértil, ou seja, que contém nutrientes essenciais em quantidades adequadas e balanceadas para o normal crescimento e

desenvolvimento das plantas cultivadas. A baixa fertilidade dos solos podem ser por causas naturais ou antrópicas. Como causas naturais destacam-se a gênese e o intemperismo do solo como os principais fatores causadores da baixa fertilidade, e como causa antrópica destaca-se o manejo inadequado do solo (LOPES; GUILHERME, 2007).

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). No que tange aos aspectos do solo, a interação entre nutrientes, solo e raízes é mais complexa, pois os processos de movimentação (expansão e contração do solo) dependem do teor de água além de sua disponibilidade no solo. A interação entre as raízes finas também está ligada a densidade do solo, pois a maior densidade requer maior concentração de nutrientes na solução para satisfazer a demanda das árvores (RIBEIRO et al., 1987). Para a boa nutrição das árvores é necessário balancear a sua demanda com a oferta de nutrientes, no tempo e no espaço, tarefa muito difícil em ciclos curtos (BARROS et. al. 2000).

Diversos elementos químicos são indispensáveis à vida vegetal, já que sem eles, as plantas não conseguem completar o seu ciclo de vida. Do ponto de vista fisiológico, todos os elementos essenciais são nutrientes. Os elementos que ocorrem em teores mais elevados nas plantas são denominados macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) (RAIJ, 1991). No entanto, Camargos (2005), ressalta que embora sejam requeridos em menor quantidade, os micronutrientes como boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) são tão necessários às plantas quanto os macronutrientes, sendo esta separação meramente quantitativa (pelos teores encontrados nas plantas), podendo variar entre as diferentes espécies.

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.

Grande parte dos solos agrícolas das regiões tropicais e subtropicais apresentam limitações ao crescimento de muitas culturas em virtude dos efeitos da acidez excessiva. Os efeitos da reação do solo (pH) sobre as plantas podem ser diretos (disponibilidade de elementos essenciais a nutrição da planta, solubilidade do elemento, atividade de microorganismos, condições físicas, etc.) ou indiretos que estão relacionados com as

propriedades químicas do solo (reações de sorção, dessorção, precipitação) (MEURER, 2007).

Os macronutrientes, como N, K, Ca, Mg e S, por efeitos diretos ou indiretos apresentam maior disponibilidade para as plantas em pH na faixa de 6-6,5. O P, na maioria dos solos brasileiros, é muito pouco disponível em condição de acidez. No entanto, os micronutrientes, com exceção do Mo, são mais disponíveis em condição de pH mais ácido (MEURER, 2007).

Segundo Bissani et al. (2004), solos ácidos com pH abaixo de 5,5 possuem teores de Al, Zn e Mn tóxicos às plantas e deficiências de elementos como Ca, Mg, P, Mo e B. Entretanto, solos com pH acima de 7,5 podem ter baixa disponibilidade de P, Mn, Zn e Cu e/ou excesso de sais. Neste contexto, segundo Brady e Weil (2013), salienta-se que com o aumento do pH aumenta a capacidade de troca de cátions.

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). As variações dos valores da CTC demonstram as condições de intemperismo do solo, pois onde o intemperismo foi pouco intenso os valores de CTC são bem mais elevados do que aqueles desenvolvidos sob intemperismo mais intenso. Em contraste, os níveis de capacidade de troca de ânions (CTA) tende a ser muito maior em solos desenvolvidos sob condições de intemperismo intenso (BRADY; WEIL, 2013).

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 (por exemplo no Vertissolo) (MEURER, 2004).

Outro fator importante para a CTC do solo é a matéria orgânica, que contribui de 20 a 90 % da CTC das camadas superficiais de solos minerais e praticamente, toda a CTC de solos orgânicos (SILVA; MENDONÇA, 2007). 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).

A matéria orgânica do solo é originada pelas plantas, minerais e microorganismos que nele habitam, sendo que a vegetação é a principal fonte, seja pela deposição de material (ramos e folhas) ou contribuição das raízes. Solos sob uso florestal normalmente possuem maior conteúdo de matéria orgânica que solos sob uso agrícola, devido à maior deposição de material e à menor taxa de mineralização da matéria orgânica na floresta (MIRANDA, 2005). Neste solos, 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 sob uso florestal 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).

Assim, a matéria orgânica (MO) é um dos melhores indicadores de qualidade do solo, pois se relaciona com inúmeras propriedades físicas, químicas e biológicas (REICHERT et al., 2003).

## **2.6 Ciclagem de nutrientes**

Diversos estudos comprovam que a manutenção dos ecossistemas florestais depende da ciclagem de nutrientes via produção e decomposição da serapilheira, sendo este o mais importante processo de transferência de nutrientes proveniente do material vegetal e/ou animal presente na superfície do solo. Portanto, a velocidade com que esses nutrientes presentes no solo vão ser reciclados vai influenciar diretamente na produtividade primária da floresta.

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 encontra-se em vários estágios de decomposição, sobre um delgado horizonte A mineral, parcialmente misturada (BRADY; WEIL, 2013).

Sua deposição é uma das principais formas de transferência nos ecossistemas florestais e parte fundamental dos ciclos biogeoquímicos (POGGIANI; MONTEIRO JR, 1990). 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).

Segundo Caldeira et al. (2008), a quantidade de serapilheira sobre o solo varia em função da composição de espécies, da intensidade da cobertura florestal, do estágio sucessional, da idade, da época da coleta, do tipo de floresta e do local. Além desses fatores, outros como, condições edafoclimáticas e regime hídrico, condições climáticas, sítio, sub bosque, manejo silvicultural, proporção de copa, bem como taxa de decomposição e distúrbios naturais, tais quais fogo e ataque de insetos, ou artificiais, como a remoção da serapilheira e cultivos, ocorridos na floresta ou no povoamento, também influenciam no acúmulo de serapilheira.

É um processo importante pelo qual as plantas modificam o solo em que crescem, bem como o curso do seu desenvolvimento, adequando-o a um ambiente próprio para as gerações futuras da mesma vegetação (BRADY; WEIL, 2013).

A quantidade de serapilheira e seu conteúdo de nutrientes aportados ao solo refletem na capacidade produtiva e no potencial de recuperação ambiental das espécies, devido as modificações geradas nas características químicas do solo. A deposição e a subsequente decomposição das folhas é o principal caminho para a transferência de carbono e nutrientes da planta para o solo. A deposição capacita à retenção de nutrientes, minimizando a lixiviação através do solo e a decomposição permite o retorno ao solo dos nutrientes absorvidos pela planta (SHUMACHER et al., 2004)

No entanto, os nutrientes contidos na serapilheira são lentamente liberados e servem como 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.

Neste contexto, Viera (2012), afirma que o manejo eficiente de uma plantação com espécies arbóreas está ligado diretamente à ciclagem de nutrientes, e devem-se obter informações necessárias para que ocorra um fluxo contínuo entre o que é depositado sobre o solo, com a queda de resíduos, e o que é assimilado novamente pelas raízes.

Para Golley (1983), os estudos de ciclagem de nutrientes permitem estimar os estoques de nutrientes presentes nos compartimentos dos ecossistemas e as transferências entre eles. Além disso, podem retratar as estratégias das comunidades para enfrentar as adversidades ambientais.

Cabe salientar também, segundo Seixas (1998), que a presença de uma camada orgânica sobre o solo minimiza o impacto do tráfego, protegendo a superfície do solo mineral, uma vez que, é através da movimentação de máquinas e equipamentos na floresta, por ocasião da colheita, que resulta na maior compactação do solo, influenciando a expansão do sistema radicular, com conseqüências sobre a produtividade da floresta.

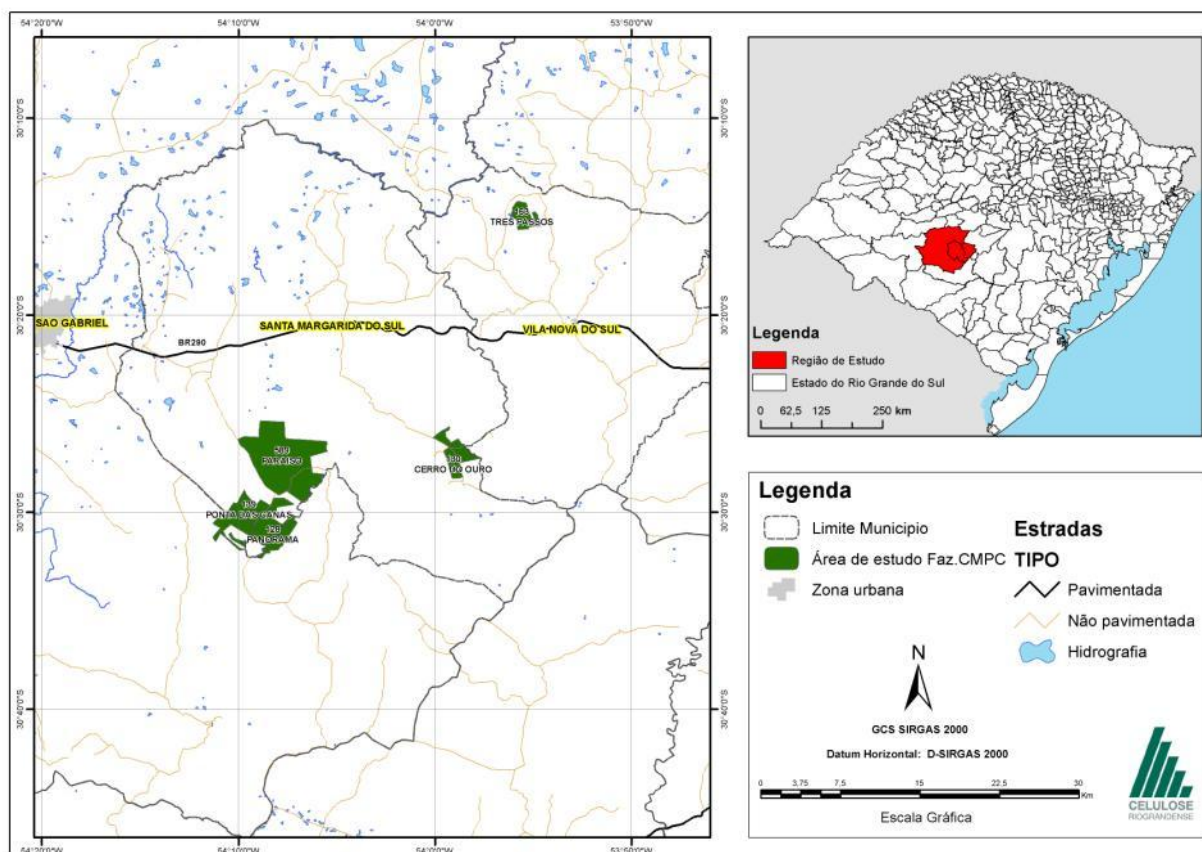
Neste contexto, verifica-se que os atributos do solo, sejam eles químicos, físicos ou biológicos, as condições climáticas, genéticas e a interação ambiente-população podem ser determinantes para manejar com sustentabilidade os plantios florestais.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização das áreas de estudo

O presente estudo foi realizado em áreas da região da Campanha no estado do Rio Grande do Sul, nos municípios de Santa Margarida do Sul, São Gabriel e Vila Nova do Sul, destinadas ao cultivo de clones de *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus dunnii* de origem seminal, pertencente à empresa Celulose Riograndens CMPC (Figura 1).



**Figura 1** – Localização geográfica dos hortos florestais estudados

As áreas em estudo estão inseridas na região fisiográfica da Campanha do Rio Grande do Sul (FORTES, 1959) e Unidade de Paisagem Natural DP2 (FEPAM, 2012).

As classes de solos estudadas foram classificadas, conforme critérios preconizados no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006), como Argissolo Bruno Acinzentado Distrófico abruptico (PBACd), Argissolo Bruno Acinzentado Eutrófico típico (PBACe), Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVd), Argissolo Vermelho Distrófico abruptico (PVd), Argissolo Vermelho Eutrófico latossólico (PVe), Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd), Cambissolo Háptico Distrófico típico (CXbd), Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd) e Luvisolo Crômico Órtico típico (TCo) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Hortos florestais, nº do perfil, espécie (material genético) e classe de solo das áreas em estudo.

| Horto Florestal | Perfil | Espécie          | Classes de solo                                  |
|-----------------|--------|------------------|--|
| Panorama        | 1      | <i>E.dunnii</i>  | Argissolo Bruno Acinzentado Distrófico abruptico |
| Panorama        | 2      | <i>E.dunnii</i>  | Argissolo Vermelho Distrófico típico             |
| Panorama        | 3      | <i>E.saligna</i> | Cambissolo Háptico Distrófico típico             |
| Panorama        | 4      | <i>E.saligna</i> | Neossolo Regolítico Distrófico típico            |
| Panorama        | 5      | <i>E.saligna</i> | Neossolo Regolítico Distrófico típico            |
| Ponta das Canas | 6      | <i>E.dunnii</i>  | Argissolo Bruno Acinzentado Eutrófico típico     |
| Ponta das Canas | 7      | <i>E.dunnii</i>  | Argissolo Amarelo Distrófico típico              |
| Panorama        | 8      | <i>E.dunnii</i>  | Neossolo Regolítico Distrófico típico            |
| Panorama        | 9      | <i>E.dunnii</i>  | Luvisolo Crômico Órtico típico                   |
| Panorama        | 10     | <i>E.dunnii</i>  | Luvisolo Crômico Órtico típico                   |
| Ponta das Canas | 11     | <i>E.saligna</i> | Argissolo Amarelo Distrófico típico              |
| Ponta das Canas | 12     | <i>E.saligna</i> | Argissolo Vermelho Distrófico abruptico          |
| Paraíso         | 13     | <i>E.dunnii</i>  | Neossolo Regolítico Distrófico típico            |
| Cerro do Ouro   | 14     | <i>E.saligna</i> | Luvisolo Crômico Órtico típico                   |
| Três Passos     | 15     | <i>E.saligna</i> | Argissolo Vermelho Eutrófico latossólico         |
| Três Passos     | 16     | <i>E.dunnii</i>  | Argissolo Vermelho Eutrófico latossólico         |

Os perfis do presente estudo apresentam-se sob diferentes formações geológicas e de materiais de origem (Figura 2). A geologia, dos perfis P15 (PVe) e P16 (PVe), esta inserida na Formação Rio Bonito composta na maior parte por sedimentos paleozóicos (250 - 300 milhões de anos) como arenitos, siltitos, folhelhos carbonosos e carvão formado sob ambiente flúvio-deltaico, litorâneo e marinho plataformal. Os perfis localizados nos hortos florestais

Panorama (P1 - PBACd; P2 - PVd; P3 - CXbd; P4 e P8 - RRd; P9 e P10 – TCo), Ponta das Canas (P6 -PBACe; P7 e P11 - PAd; P12 - PVd) e Paraíso (P13 - RRd) encontram-se no Complexo Cambaí dentro da zona geológica do Domínio São Gabriel constituído de rochas de origem plutônica (granitos) e metamórficas (xistos e gnaisses) do período Pré-Cambriano (730 - 750 milhões de anos). O perfil P14 (TCo), localizado no horto florestal Cerro do Ouro, pertence a Formação Acampamento Velho constituído de rochas ígneas ácidas e básicas do período Cambriano ( aproximadamente 570 milhões de anos) (RAMGRAB et al., 2004).

#### Perfil 1: Argissolo Bruno-Acinzentado Distrófico abrupto (PBACd)

Compreende um solo pouco profundo, com espessura do *solum* entre  $> 50$  cm e  $\leq 100$  cm, situado em relevo ondulado, moderadamente drenado, material de origem, produto da decomposição das rochas do Complexo Cambaí, com presença de muitas raízes nos horizontes A1 (0-22 cm) e A2 (22-38 cm), poucas no Bt (38-70/100 cm), apresenta linha de pedra (pigmatito) na base do horizonte Bt (Anexo – A1).

#### Perfil 2: Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVd)

Solo profundo, com espessura do *solum* entre  $> 100$  cm e  $\leq 200$  cm, situado em relevo ondulado, bem drenado, com material de origem, produto da decomposição de rochas granito-gnássicas, com presença de muitas raízes no horizontes A1 (0-17 cm) e A2 (17-33 cm), poucas no BA (33-48 cm) e raras Bt1 (48-60 cm) Bt2 (60-100 cm) com linha de pedra na base do horizonte Bt2 (Anexo – A2).

#### Perfil 3: Cambissolo Háptico Distrófico típico (CXbd)

Solo pouco profundo, com espessura do *solum* entre  $> 50$  cm e  $\leq 100$  cm, situado em relevo ondulado, moderadamente drenado, com material de origem, produto da decomposição de rochas granito-gnássicas (Complexo Cambaí), com presença de muitas raízes nos horizontes A (0-22 cm), comuns no AB (22-55 cm) e raras no Bi (55-95 cm) apresentando 15 a 20 % de fragmentos de rocha em volume no horizonte Bi (Anexo – A3).

#### Perfil 4: Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd)

Solo pouco profundo, com espessura do *solum* entre  $> 50$  cm e  $\leq 100$  cm, situado em relevo ondulado, moderadamente drenado, com material de origem, produto da decomposição

de rochas granito-gnássicas (Complexo Cambaí), com presença comum de raízes nos horizontes A (0-50/65), poucas no ACr (50/65-65/95) e raras no Cr (65/95-110 cm) presença entre 5 % e 40 % de fragmentos de rocha em volume, respectivamente, nos horizontes ACr e Cr (Anexo – A4).

#### Perfil 5: Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd)

Solo profundo, com espessura do *solum* entre  $> 100$  cm e  $\leq 200$  cm, situado em relevo ondulado, moderadamente drenado, com material de origem, produto da decomposição de rochas granito-gnássicas (Complexo Cambaí), com presença de muitas raízes nos horizontes A1 (0-45 cm) comuns no A2 (45-75 cm) e AC (75-108 cm), presença de linha de pedras no base do AC (108 cm) (Anexo – A5).

#### Perfil 6: Argissolo Bruno-Acinzentado Eutrófico típico (PBACe)

Compreende um solo profundo, com espessura do *solum* entre  $> 100$  cm e  $\leq 200$  cm, situado em relevo ondulado, moderadamente drenado, com material de origem, produto da decomposição de rochas granito-gnássicas do Complexo Cambaí, com presença de muitas raízes nos horizontes A1 (0-31 cm) e A2 (31-48 cm) e comuns no AB (48-60 cm) e Bt (60-100 cm) (Anexo – A6).

#### Perfil 7: Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd)

Solo profundo, com espessura do *solum* entre  $> 100$  cm e  $\leq 200$  cm, situado em relevo ondulado, bem a moderadamente drenado, material de origem, produto da decomposição de rochas granito-gnássicas do Complexo Cambaí, com presença de muitas raízes nos horizontes A (0-25 cm) e AB (25-46 cm) poucas no BA (45-65 cm) e raras no Bt1 (65-90 cm) e Bt2 (90-120 cm) (Anexo – A7).

#### Perfil 8: Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd)

Solo profundo, com espessura do *solum* entre  $> 100$  cm e  $\leq 200$  cm, situado em relevo ondulado, moderadamente drenado, material de origem, produto da decomposição de rochas granito-gnássicas (Complexo Cambaí), com presença de muitas raízes nos horizontes A1 (0-45 cm) comuns no A2 (45-75 cm) e AC (75-108 cm), presença de linha de pedras no base do AC (108 cm) (Anexo – A8).

Perfil 9: Luvissole Crômico Órtico típico (TCo)

Solo pouco profundo, com espessura do *solum* entre  $> 50$  cm e  $\leq 100$  cm, situado em relevo ondulado, moderadamente drenado, com material de origem, produto decomposição de xistos (Complexo Cambaí), presença de muitas raízes no horizonte A (0-27 cm), poucas no Bt (27-61 cm) e raras no CB (61-85 cm). Presença de linha de pedra na base do horizonte A (27 cm) (Anexo – A9).

Perfil 10: Luvissole Crômico Órtico típico (TCo)

Solo pouco profundo, com espessura do *solum* entre  $> 50$  cm e  $\leq 100$  cm, situado em relevo ondulado, moderadamente drenado, com material de origem, produto da decomposição de rochas metamórficas xistos (Complexo Cambaí), presença de muitas raízes no horizonte A (0-24 cm), poucas no Bt1 (24-41 cm) e raras Bt2 (41-65 cm) e no CB (65-80/95cm). Presença de linha de pedra na base do horizonte A (24 cm) (Anexo – A10).

Perfil 11: Argissolo Amarelo distrófico típico (PAd)

Solo profundo, com espessura do *solum* entre  $> 100$  cm e  $\leq 200$  cm, situado em relevo ondulado, bem a moderadamente drenado, material de origem, produto decomposição das rochas do Complexo Cambaí, com presença de muitas raízes nos horizontes A1 (0-18 cm) e A2 (18-25 cm), comuns no BA (35-50 cm) e raras no Bt1 (50-88 cm) e Bt2 (88-112+ cm) (Anexo – A11).

Perfil 12: Argissolo Vermelho Distrófico abrupto (PVd)

Solo profundo, com espessura do *solum* entre  $> 100$  cm e  $\leq 200$  cm, situado em relevo suave ondulado, bem a moderadamente drenado, com material de origem, produto da decomposição de rochas do Complexo Cambaí, com presença de raízes abundantes nos horizontes A (0-27 cm) poucas no BA (27-49 cm) e Bt1 (49-88 cm) e raras no Bt2 (88-133 cm) e Bt3 (133-170 cm) (Anexo – A12).

Perfil 13: Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd)

Solo raso, com espessura do *solum*  $\leq 50$  cm, situado em relevo ondulado, moderadamente drenado, material de origem, produto da decomposição de rochas granito-gnássicas (Complexo Cambaí), com presença comum de raízes nos horizontes A (0-25 cm) e

poucas no horizonte AC (25-42 cm), ocorrem línguas de material AC que penetram no horizonte Cr (Anexo – A13).

**Perfil 14: Luvissole Crômico Órtico típico (TCo)**

Solo profundo, com espessura do solum entre  $> 100$  cm e  $\leq 200$  cm, situado em relevo ondulado, moderadamente drenado, material de origem, produto da decomposição de rochas ígneas ácidas e básicas (Formação Acampamento Velho), presença muitas raízes no horizonte A (0-24/38 cm), comuns no Bt (35/46-50/85 cm) e raras BC (50/85-70/100ncm). Presença de linha de pedra entre os horizontes A e Bt (24/38-35/46 cm) (Anexo – A14).

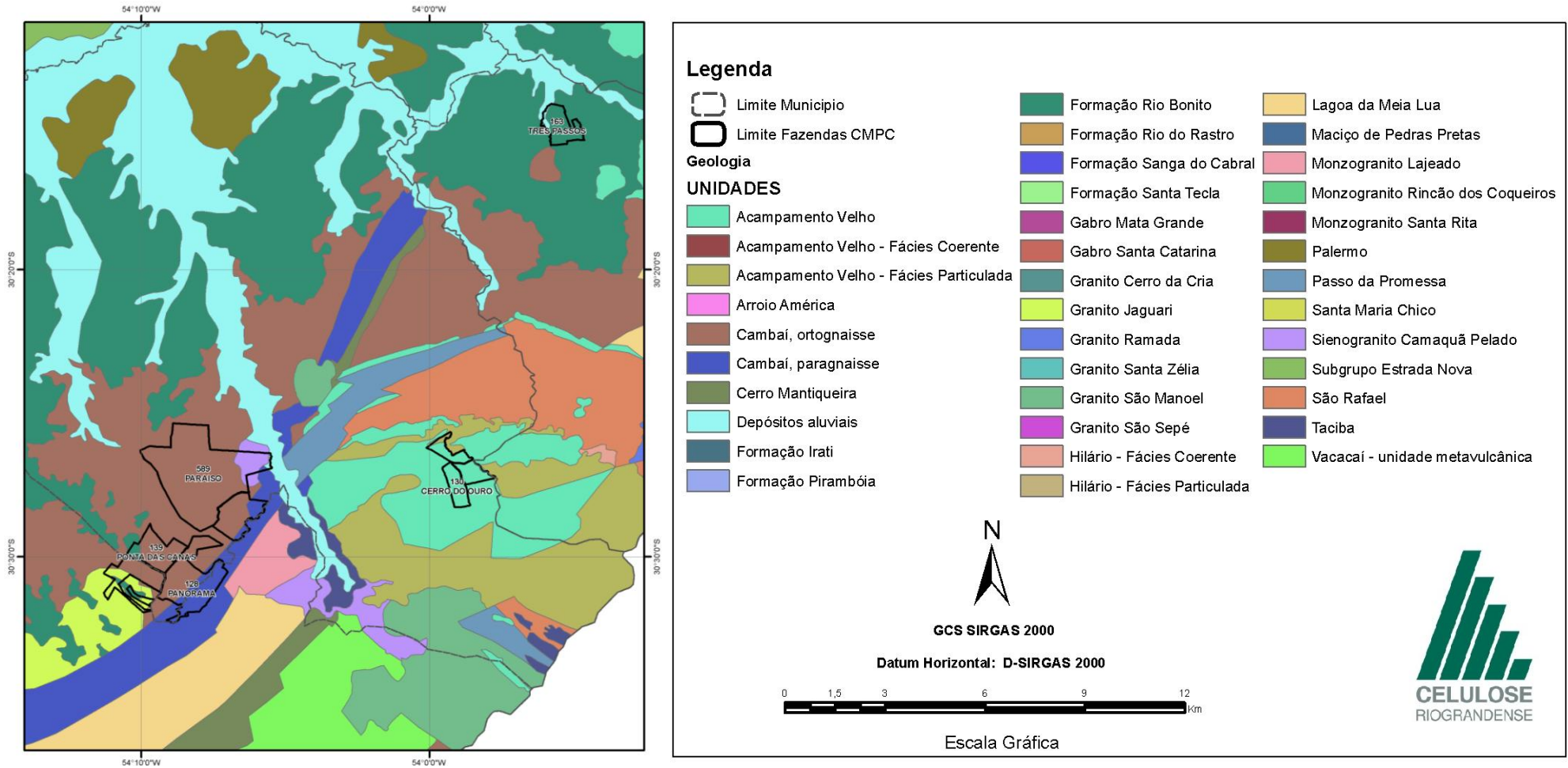
**Perfil 15: Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe)**

Solo profundo, com espessura do solum entre  $> 100$  cm e  $\leq 200$  cm, situado em relevo suave ondulado, bem drenado, material de origem, produto da decomposição de arenitos e siltitos da Formação Rio Bonito, com presença de raízes abundantes nos horizontes Ap (0-10 cm) e A (10-40 cm), comuns no BA (40-62 cm) e raras no Bt1 (62-79 cm) , Bt2 (79-112 cm) e Bw (112-140 cm) (Anexo – A16).

**Perfil 16: Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe)**

Solo profundo, espessura do solum entre  $> 100$  cm e  $\leq 200$  cm, situado em relevo suave ondulado, bem drenado, material de origem, produto da decomposição de arenitos e siltitos da Formação Rio Bonito, com presença de raízes abundantes nos horizontes Ap (0-12 cm) e A (12-39 cm), comuns no BA (39-67 cm), raras no Bt1 (67-76 cm) e Bt2 (76-118 cm) (Anexo – A16).

**Figura 2** – Mapa das diferentes formações geológicas e de materiais de origem onde estão inseridas as áreas de estudo.



Adaptado de Ramgrab et al., 2004.

O clima da região, segundo o sistema internacional de classificação climática de Köppen, é classificado como subtropical úmido (Cfa), com chuva bem distribuída durante o ano (nenhum mês com precipitações inferiores a 60 mm) e temperatura média do mês mais quente, superior a 22°C. Na Tabela 2 são apresentados os dados referentes a estação meteorológica da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - Fepagro localizada em São Gabriel – RS.

**Tabela 2** – Variáveis meteorológicas de São Gabriel (RS) nas estações do ano e anual, média de 1976 a 2005.

| Variável meteorológica        | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média  |
|-------------------------------|-------|--------|---------|-----------|--------|
| Temperatura do ar - média °C  | 24,8  | 19,8   | 14,4    | 19,2      | 19,5   |
| Temperatura do ar - máxima °C | 30,6  | 25,0   | 19,3    | 24,7      | 24,9   |
| Temperatura do ar - mínima °C | 19,0  | 14,6   | 9,5     | 13,7      | 14,2   |
| Precipitação (mm)             | 327,1 | 391,5  | 327     | 378,3     | 1423,9 |
| Evapotranspiração potencial   | 401,9 | 221,3  | 103,3   | 213,6     | 940,2  |
| Umidade relativa do ar (%)    | 67,9  | 76,5   | 79,6    | 72,7      | 74,2   |

Fonte dos dados: FEPAGRO, 2012.

Em cada um dos cinco hortos florestais foram selecionados sítios, considerando-se a variação dos atributos dendrométricos em parcelas permanentes de inventário, produtividade da floresta, material genético e a classe de solo em levantamento preliminar cedido pela empresa.

Assim, foram selecionados 16 sítios, sendo sete em povoamentos clonais de *Eucalyptus saligna* Smith e nove em povoamentos com *Eucalyptus dunnii* de origem seminal, implantados ao longo do segundo semestre de 2006. Todos os sítios pesquisados encontravam-se no primeiro ciclo de plantio. Cabe ainda ressaltar que os povoamentos foram implantados com uma densidade inicial de 1111 mudas por hectare nos plantios com *E.saligna* e 1333 mudas, por hectare, nos plantios com *E.dunnii*.

Em todos os hortos, concomitantemente aos preparos do solo, foram incorporados ao solo 500 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato natural. Em torno de 20 dias após o plantio, as mudas receberam uma nova adubação (adubação de arranque) com NPK (06-30-06) sendo 100 g por planta, distribuídos em duas covas laterais, distanciadas 10 a 15 cm de cada muda e a uma



profundidade aproximada entre 6 a 8 cm. Posteriormente, entre o 4º e 6º mês foram realizados os primeiros tratos culturais que consistem em capina química em área total e posterior adubação de cobertura manual com 150 g por planta de NPK (12-00-20) mais Boro a 0,7%, conforme norma da empresa. No segundo período de tratos culturais foi realizada capina química entre o 9º e 14º meses, após implantação, conforme a mato-competição existente no local. Logo após, realizou-se uma adubação de manutenção mecanizada com NPK (24-00-26), utilizando a recomendação de 200 kg por hectare.

### 3.1.1 Inventário florestal

As parcelas amostrais foram alocadas e marcadas de acordo com os procedimentos internos da empresa. As parcelas selecionadas são circulares de 400 m<sup>2</sup> com raio de 11,28 m sendo mensuradas todas as circunferências a altura do peito (CAP), dos indivíduos vivos, altura das 4 árvores dominantes, e altura das 2 fileiras centrais a cada medição, a partir dos 2 anos.

Posteriormente, foram utilizadas equações para estimar as alturas, volumes e números de árvores, a partir dos dados medidos no inventário florestal.

As funções utilizadas para a prognose da produção são:

#### **Altura dominante:**

*Eucalyptus saligna* :

$$\text{Schumacher} - \ln ( h_{100} ) = \beta_0 + \beta_1 \cdot I^{b_2}$$

*Eucalyptus dunnii*:

$$\text{Backman} - \ln ( h_{100} ) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln I + \beta_2 \cdot \ln^2 I$$

#### **Volume:**

$$\text{Clutter} - \ln V_2 = b_0 + b_1 \cdot (I_1/I_2) + b_2 \cdot S + b_3 \cdot \ln B_2 + \varepsilon$$

$$\ln B_2 = \ln B_1 \cdot (I_1/I_2) + b_4 \cdot (1 - I_1/I_2) + b_5 \cdot (1 - I_1/I_2) \cdot S + \varepsilon$$

$$\text{em que: } \beta_4 = \beta_3 \cdot \alpha_0 \text{ e } \beta_5 = \beta_3 \cdot \alpha_1$$

Onde:

$h_{100}$  – altura dominante

$\ln$  = logaritmo neperiano;

$V_2$  = volume futuro por hectare;

$I_1$  = idade presente;

$I_2$  = idade futura;

$B_1$  = área basal presente por hectare;

$B_2$  = área basal futura por hectare;

$S$  = índice de local;

$b_0 \dots b_5$  = parâmetros do modelos;

$\varepsilon$  = erro aleatório.

### 3.1.2 Localização dos perfis e abertura das trincheiras

Os perfis foram selecionados através da análise do mapeamento de solos da empresa e parcelas de inventário permanente, instaladas nos povoamentos, a partir de 2 anos de idade. A determinação dos perfis levou em consideração o mapeamento inicial de solos buscando alocar os dois materiais em classes de solos representativas dos povoamentos da região do estudo e as variáveis dendrométricas das medições das parcelas ao segundo, terceiro e quarto ano de idade.

As variáveis dendrométricas utilizadas para seleção foram as alturas das árvores dominantes ( $h_{100}$ ), o volume com casca  $m^3/ha$ , o incremento médio anual (IMA)  $m^3/ha/ano$ , o número de árvores vivas por hectare das parcelas, buscando expressar a produtividade dos materiais genéticos em diferentes classes de solo.

Após a escolha das parcelas, procederam-se aberturas das trincheiras com auxílio de retroescavadeira e o acabamento realizado de forma manual, sendo coletadas as amostras de solo do perfil na parede menos alterada.

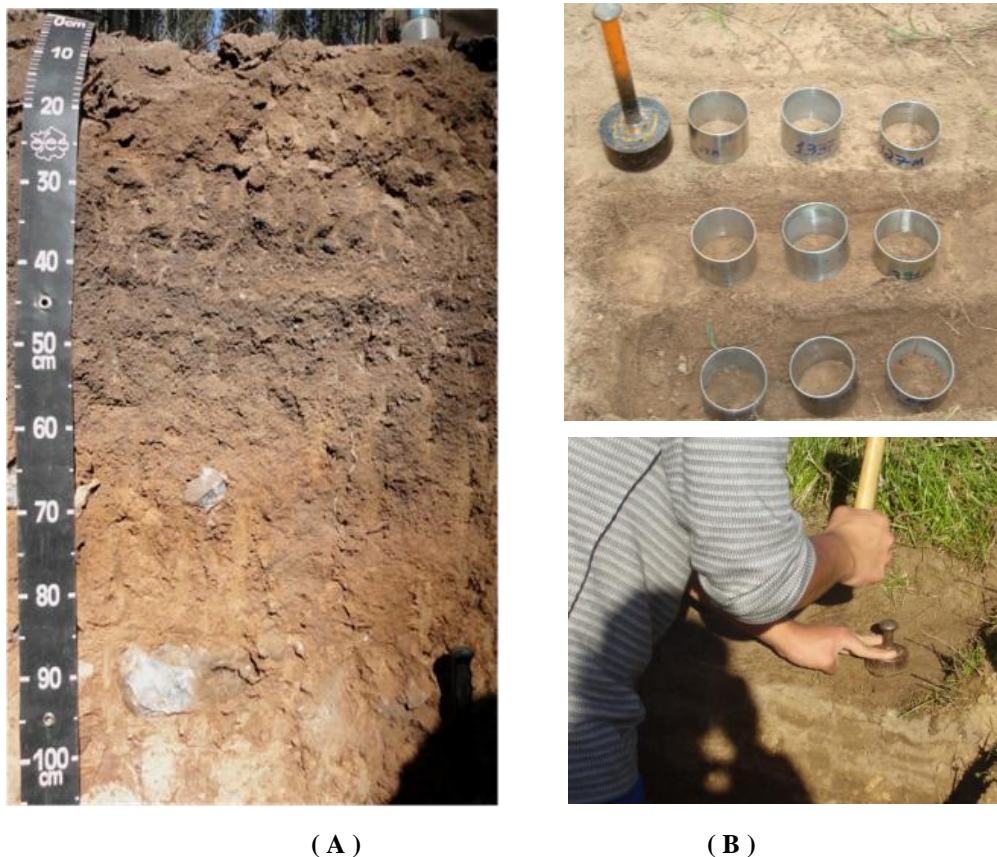
Posteriormente, realizou-se nova classificação do solo nas parcelas selecionadas a fim de apurar com exatidão a classe de solo em que estava alocada a parcela, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solos (EMBRAPA, 2006).

### 3.1.3 Amostragem do solo

A amostragem do solo foi realizada através de coleta de amostras com estrutura preservada (seis camadas) e com estrutura não preservada em (sete profundidades): 0 a 5 , 5 a 10, 10 a 20, 20 a 40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm (estrutura não preservada) e 0 a 10, 10 a 20, 20 a 40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm (estrutura preservada).

As amostras de solo com estrutura não preservada foram destinadas para a determinação da granulometria, da densidade de partículas e para análise química do solo (pH em água, carbono orgânico total, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, boro, zinco e alumínio) sendo esta última realizada no Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria.

As coletas das amostras com estrutura preservada foram realizadas em patamares, conforme ilustrado na Figura 3, sendo a sua altura estabelecida conforme a profundidade da camada.



**Figura 3** – Trincheira aberta para a coleta de amostras de solo (A). Equipamento utilizado para amostragem e amostragem em patamares (B).

As coletas de amostras com estrutura preservada (Figura 3) foram realizadas nas camadas centrais de cada profundidade ( 0 a 10, 10 a 20, 20 a 40, 40 a 60, 60 a 80, 80 a 100 cm ), sendo nove repetições por profundidade, totalizando 54 amostras por perfil.

Para determinação do conteúdo de água disponível e a curva de retenção de água foram coletadas 3 amostras, em anéis de 5,5 cm de diâmetro por 3,0 cm de altura, em cada camada do solo.

Da mesma maneira foram coletadas 6 amostras com estrutura preservada, em anéis de 4 cm de altura e 5,7 cm de diâmetro, para a determinação da condutividade hidráulica saturada do solo e resistência a penetração (não apresentada neste estudo).

Posteriormente, as amostras foram enviadas para o laboratório de Física do Solo da UFSM onde foram encaminhadas para as determinações.

#### 3.1.4 Amostragem de serapilheira

Dentro de cada parcela procedeu-se a coleta de 15 amostras serapilheira. Foram alocados aleatoriamente 3 pontos por parcela amostral do inventário florestal, não alterados em função da trincheira, onde coletaram-se em cada ponto 5 sub-amostras com o auxílio de uma moldura quadrada de madeira, medindo 25 cm x 25 cm (0,0625 m<sup>2</sup>). Sendo identificadas e encaminhadas para secagem em estufa a 70 °C até obtenção de peso constante.

Posteriormente, cada sub-amostra foi pesada e este material foi homogeneizado e retirou-se assim uma amostra, resultando em 3 amostras compostas por parcela. Estas foram encaminhadas para o Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, onde foram moídas em moinho do tipo Wiley e encaminhadas para determinação analítica dos macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S, e dos micronutrientes: B, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo a metodologia sugerida por TEDESCO et al. (1995) e MIYAZAWA et al. (1999).

## 3.2 Determinações do solo

### 3.2.1 Determinações químicas do solo

Para as determinações das propriedades químicas do solo, foi realizada a análise de pH em água, Co, P, K, Ca, Mg, S, Cu, B, Zn e Al. Estas determinações químicas seguiram a metodologia descrita em TEDESCO et al. (1995).

O P e K disponíveis foram obtidos pelo extrator de Mehlich.

### 3.2.2 Determinações físicas do solo

A granulometria do solo foi determinada conforme o método da pipeta (EMBRAPA, 1997), no qual foi quantificado na terra fina o teor de argila (fração menor que 0,002 mm), o de silte (0,002 – 0,05 mm), o de areia fina (0,05 – 0,20 mm) e o de areia grossa (fração superior a 0,02 mm). As frações mais grosseiras foram separadas com peneira de 2mm.

A densidade de partículas pelo método do balão volumétrico modificado (GUBIANI et al., 2006), sendo utilizadas para as determinações solo proveniente das amostras não preservadas.

A densidade do solo foi determinada pelo método do cilindro (EMBRAPA, 1997). As amostras de solo com estrutura preservada coletadas em cilindros metálicos foram secas em estufa a 105°C, por aproximadamente 48 horas, até peso constante e, posteriormente, foram pesadas.

A microporosidade foi determinada em amostras com estrutura preservada, nas quais os cilindros metálicos, contendo as amostras, foram submetidos à saturação por 24 horas. Posteriormente, estes foram colocados em mesa de tensão com 60 cm de coluna de água (-6kPa). A porosidade total foi estimada subtraindo-se o peso do solo saturado pelo peso desse solo seco. A macroporosidade foi calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

A condutividade hidráulica em solo saturado (Ksat) foi determinada em laboratório, utilizando amostras com estrutura preservada. A Ksat foi determinada nas amostras que

saturaram em água durante 24 horas, coletando-se e medindo-se a quantidade de água percolada através da amostra de solo, mediante a aplicação de uma carga hidráulica constante de 3 cm de coluna d'água, conforme (EMBRAPA, 1997).

A curva característica de água no solo e o conteúdo de água disponível foram determinados com amostras com estrutura preservada nos potenciais de 1 kPa; 6 kPa e 10 kPa em mesa de tensão, e 33 kPa, 70 kPa e 100 kPa, em membrana de Richards. Na amplitude de potencial de 500 kPa, 1000 kPa e a 1500 kPa, foram usadas amostras com estrutura alterada, determinadas em potenciômetro de ponto de orvalho (WP4), com os valores da umidade volumétrica do solo e o potencial matricial, conforme Van Genuchten (1980).

O conteúdo de água disponível (AD) no solo foi calculado pela subtração do valor de umidade volumétrica do solo correspondente à capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ), obtido na tensão de água de 10 kPa, pelo valor da umidade no ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ), obtido na tensão de 1500 kPa.

Com os valores de umidade nas tensões de 6, 10, 33, 70, 100, 500, 1000 e 1500 kPa, foi realizado o ajuste da curva de retenção água no solo (CRA) utilizando o modelo de van Genuchten (1980) por meio do programa SWRC (*Soil Water Retention Curve*) (DOURADO-NETO et al., 2001), seguindo a equação:

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + (\alpha\psi)^n\right]^m}$$

onde:  $\theta$  = umidade volumétrica ( $m^3 m^{-3}$ );  $\theta_r$  = umidade residual ( $m^3 m^{-3}$ );  $\theta_s$  = umidade de saturação ( $m^3 m^{-3}$ );  $\psi$  = potencial matricial (kPa);  $\alpha$ ,  $n$ ,  $m$  = parâmetros de ajuste da curva de retenção de água, sendo adotada a restrição em que  $m = 1 - (1/n)$ .

### 3.3 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi feita através de regressão com as características físicas, químicas e morfológicas do solo. No entanto, primeiramente foram realizados alguns procedimentos para verificar se as variáveis independentes atendem aos condicionantes da regressão através do programa SAS. Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk a fim de verificar a normalidade da distribuição em cada camada avaliada.

Para verificar as relações entre variáveis independentes foi realizada a correlação linear de Pearson onde foi verificado que algumas variáveis independentes apresentaram alta correlação com alto nível de significância. Posteriormente realizou-se análise do Fator de Inflação de Variância (VIF) através da opção COLLIN VIF no SAS System. Todas as variáveis independentes que apresentaram valores de VIF acima de 10 foram retiradas da análise de regressão múltipla a fim de evitar a multicolinearidade entre variáveis presentes no modelo. Após a verificação dos condicionantes de regressão foi realizada a modelagem de regressão através do procedimento de regressão stepwise.





## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Atributos físicos do solo

A determinação da composição granulométrica (Apêndice A) é muito importante para o entendimento do comportamento e manejo do solo. Na classificação do solo ou em estudos dos atributos do solo, como neste estudo, esta é a primeira e mais importante propriedade a ser analisada, pois é a partir desta informação que muitas inferências podem ser feitas. No entanto, é importante salientar que fragmentos grosseiros maiores que 2 mm de diâmetro, como cascalhos, podem afetar o comportamento do solo, mas não são considerados como parte da fração terra fina, para a qual o termo textura do solo é aplicado. Entretanto, estes fragmentos grosseiros são extremamente importantes, uma vez que podem reduzir o volume disponível de solo para retenção de água e crescimento de raízes e em solos densos, os espaços entre estes fragmentos podem fornecer caminhos para drenagem de água e penetração de raízes.

Neste contexto, a análise da composição granulométrica das camadas dos solos indicou o predomínio da fração areia (partículas grosseiras) sobre as frações cascalho, silte e argila (partículas finas) nas camadas superficiais do solo em quase todas as classes de solo presentes no estudo (Apêndice A), exceto no perfil 10 (TCo) em que há predomínio da fração argila até 80 cm de profundidade. No entanto, o teor de areia tendeu a diminuir e a quantidade de argila a aumentar com a profundidade na maioria das classes de solo. Já, a quantidade de cascalho aumentou com a profundidade na maioria dos perfis, com exceção dos perfis P4(RRd), P9 (TCo), P10 (TCo) e P14 (TCo) em que diminuíram com a profundidade.

Sampietro (2013), estudando algumas propriedades físicas do solo em áreas de implantação de plantios de *Eucalyptus* sp. na região de São Gabriel, verificou no Argissolo Vermelho Distrófico, em média até 60 cm profundidade, 27,5 g kg<sup>-1</sup> de cascalho, 147 g kg<sup>-1</sup> de argila, 689 g kg<sup>-1</sup> de areia e 182 g kg<sup>-1</sup> de silte, no Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico 15,35 g kg<sup>-1</sup> de cascalho, 136 g kg<sup>-1</sup> argila, 689 g kg<sup>-1</sup> areia e 175 g kg<sup>-1</sup> de silte e no Cambissolo Háptico Tb Distrófico, 171,72 g kg<sup>-1</sup> de cascalho, 122g kg<sup>-1</sup> argila, 651 g kg<sup>-1</sup> areia e 227 g kg<sup>-1</sup> de silte, sendo observado também um acréscimo de argila e cascalho em profundidade.

Esta variação textural, de arenoso a argiloso, entre as camadas superficiais e subsuperficiais do solo impõem algumas vezes dificuldades quanto ao uso agrícola e florestal desses solos, uma vez que esta característica favorece à baixa retenção de umidade, o que facilita a rápida perda de água no período de estiagem, com reflexos na produtividade das culturas, principalmente no que se refere a época de implantação dos plantios florestais onde as mudas necessitam de uma quantidade mínima de umidade para o seu pleno estabelecimento. Da mesma forma, em períodos chuvosos estes solos são mais suscetíveis ao encharcamento temporário nessas camadas, promovendo um ambiente de redução. Podendo favorecer a paralisação do crescimento do sistema radicular pelo fato deste ser sensível à falta de oxigênio no solo. Outro fator importante a ser observado é à possibilidade de ocorrer erosão no período chuvoso em virtude do gradiente textural que favorece a saturação temporária devido a baixa percolação e escoamento superficial de alguns solos.

Outra relação importante é a relação silte/argila que serve para avaliar o estágio de intemperismo dos solos, principalmente para solos de textura franco arenosa ou mais fina. Conforme a Embrapa (2006), os valores inferiores a 0,7 em solos de textura média ou inferior a 0,6 em solos de textura argilosa ou muito argilosa indicam um alto grau de intemperismo. Os valores da relação silte/argila na maioria das camadas dos perfis (65% das camadas) (Apêndice A), são superiores aos citados pela bibliografia indicando que esses solos possuem grau de intemperismo relativamente baixo. Destaca-se o Luvissole (P10 - TCo) e os Neossolos (P4, P5 e P8 - RRd) que apresentam relação silte/argila superior a 1, assim como os encontrados por Stürmer (2008), em Neossolos regolíticos do rebordo do planalto do RS.

Os valores médios de densidade do solo variaram de 1,12 a 1,6 g.cm<sup>-3</sup> nos perfis estudados (Figuras 4, 5, 6 e 7) e (Apêndice B). Na maioria dos perfis, as menores densidades encontram-se na camada de 0-10 cm, exceto os perfis P4 (RRd) , P7 (PAd), P11 (PAd), P12 (PVd), P13 (RRd) e P15 (Pve) que variaram em profundidade. Estas menores densidades do solo na camada superficial (0 – 10 cm) podem ser atribuídas à manutenção da matéria orgânica na superfície do solo (CAVICHOLI et al., 2003; RIGATTO et al., 2005; BOGNOLA et al., 2010; MORALES et al., 2010; ABRÃO, 2011).

Os valores de densidade na maioria das camadas tendem a aumentar com a profundidade do perfil, e isto pode ser atribuído às pressões exercidas pelas camadas superiores provocando um maior adensamento nessas camadas. Cabe ressaltar, neste caso, que a movimentação de material fino das camadas superficiais, através da eluviação, também pode contribuir para a redução dos espaços porosos aumentando a densidade do solo nessas camadas. Este aumento da densidade do solo diminui a infiltração de água e provoca alteração

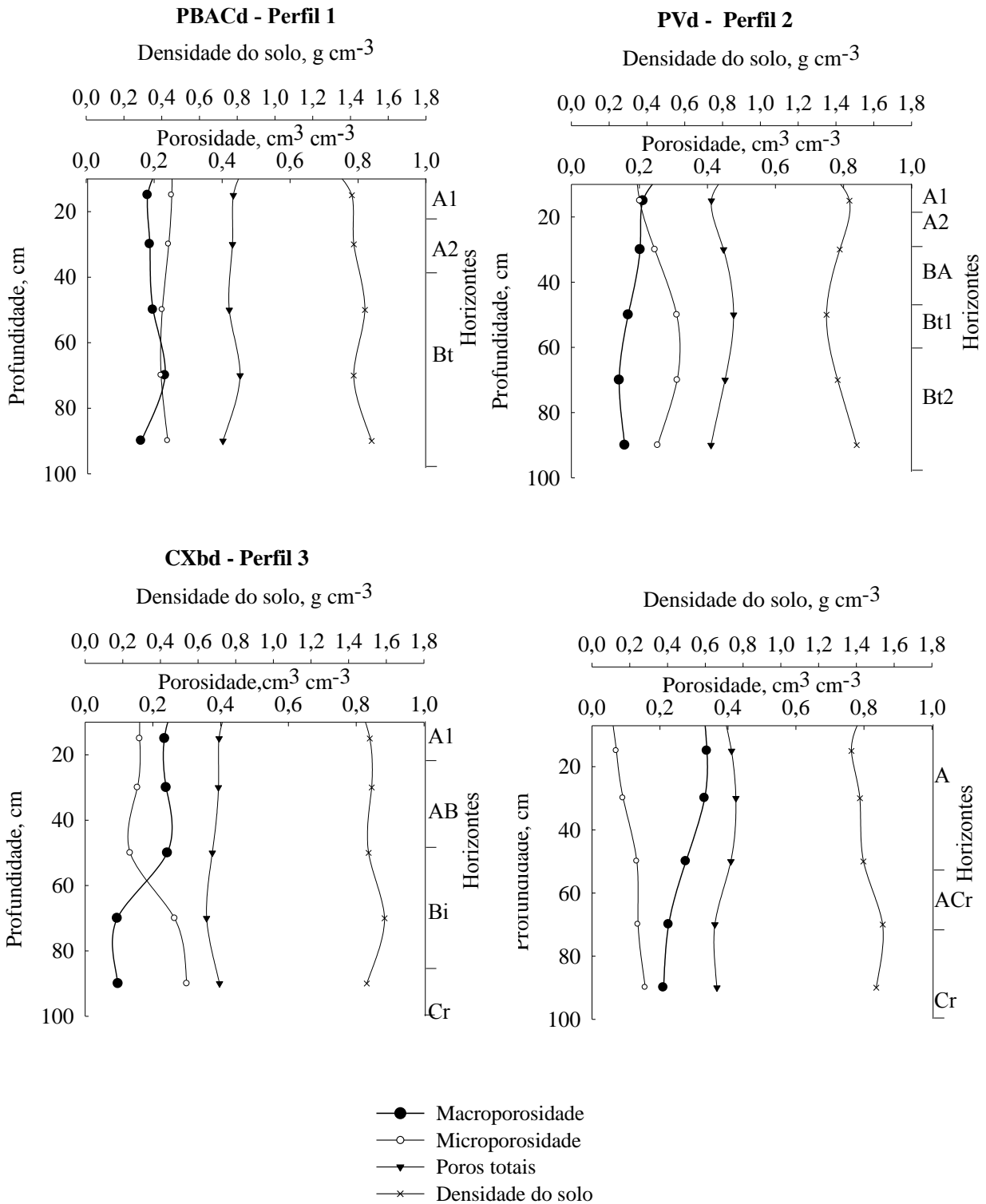
não só no tamanho, mas também na continuidade dos poros, podendo causar uma drenagem interna deficiente e assim reduzir também o movimento de água para as raízes, o que pode prejudicar o crescimento das plantas. Ribeiro et al. (1987), estudando o efeito da interação água-densidade do solo sobre a difusão, medida pelo conteúdo de P no exsudato xilemático de mudas de eucalipto, em experimento com raízes subdivididas, obtiveram resultados que indicaram que a difusão de P no solo utilizado foi fortemente reduzida pelo decréscimo da umidade do solo ou pelo aumento de sua densidade.

No entanto, os valores de densidade do solo, na maioria das camadas dos perfis estudados, não atingiram os níveis críticos estabelecidos pelas bibliografias, com exceção dos perfis P3 (CXbd) na camada de 60-80 cm; P6 (PBACe) na camada 60-80 cm; P7 (PAd) na camada de 80-100 cm e no P15 (PVe) nas camadas de 10-20, 20-40 e 40-60 cm.

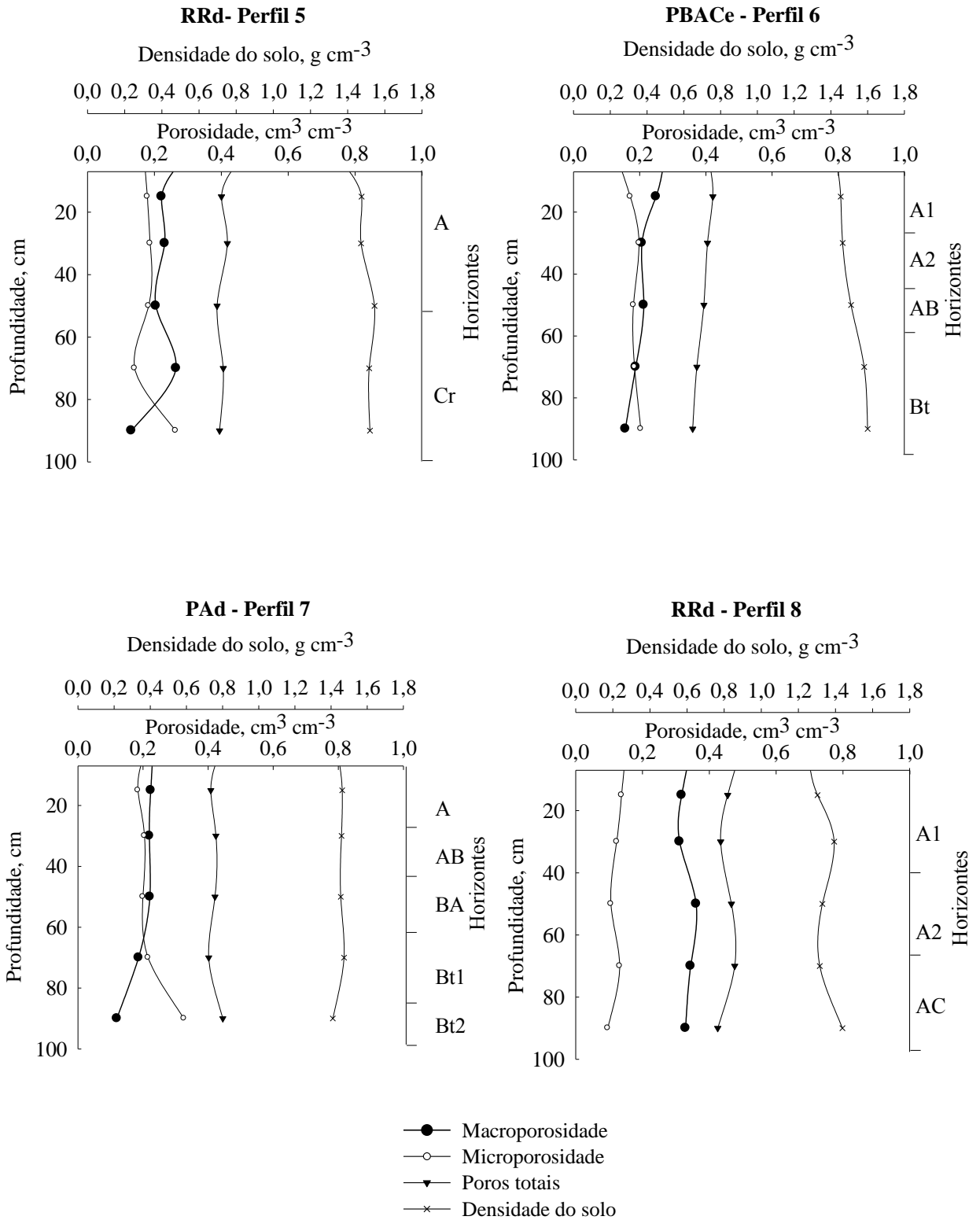
Segundo Camargo (1997), os valores críticos de densidade do solo para solos de textura franco-argilosa a argilosa estão em torno de  $1,50 \text{ g cm}^{-3}$  enquanto que para solos arenosos a franco arenosos por volta de  $1,85 \text{ g cm}^{-3}$ . No entanto, para espécies florestais de rápido crescimento, Gent et al. (1984) consideram que valores de  $1,58 \text{ g cm}^{-3}$  em solos de textura argilosa na camada de 0 a 0,15 m são limitantes, sendo que, para a camada de 0,1 a 0,25 m quando os valores se aproximam de  $1,80 \text{ g cm}^{-3}$  o crescimento de raízes cessa. Embora ainda exista uma dificuldade para definir e, conseqüentemente, adotar um valor crítico para a densidade do solo, Reinert et al. (2003) através de vários estudos com cultivo de ciclo curto 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 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 diferentes perfis de solo e camadas estudadas a porosidade total variou de 0,36 a  $0,57 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  (Apêndice B), diminuindo geralmente com o aumento da densidade do solo, pois é dependente da densidade do solo e de partículas (Figura 4, 5, 6 e 7). A relação inversa da porosidade total com relação à densidade do solo ocorre devido à forma laminar das argilas e ao aumento do seu teor, apresentando uma tendência a se ajustarem face a face, diminuindo os espaços vazios (REICHERT et al., 2007).

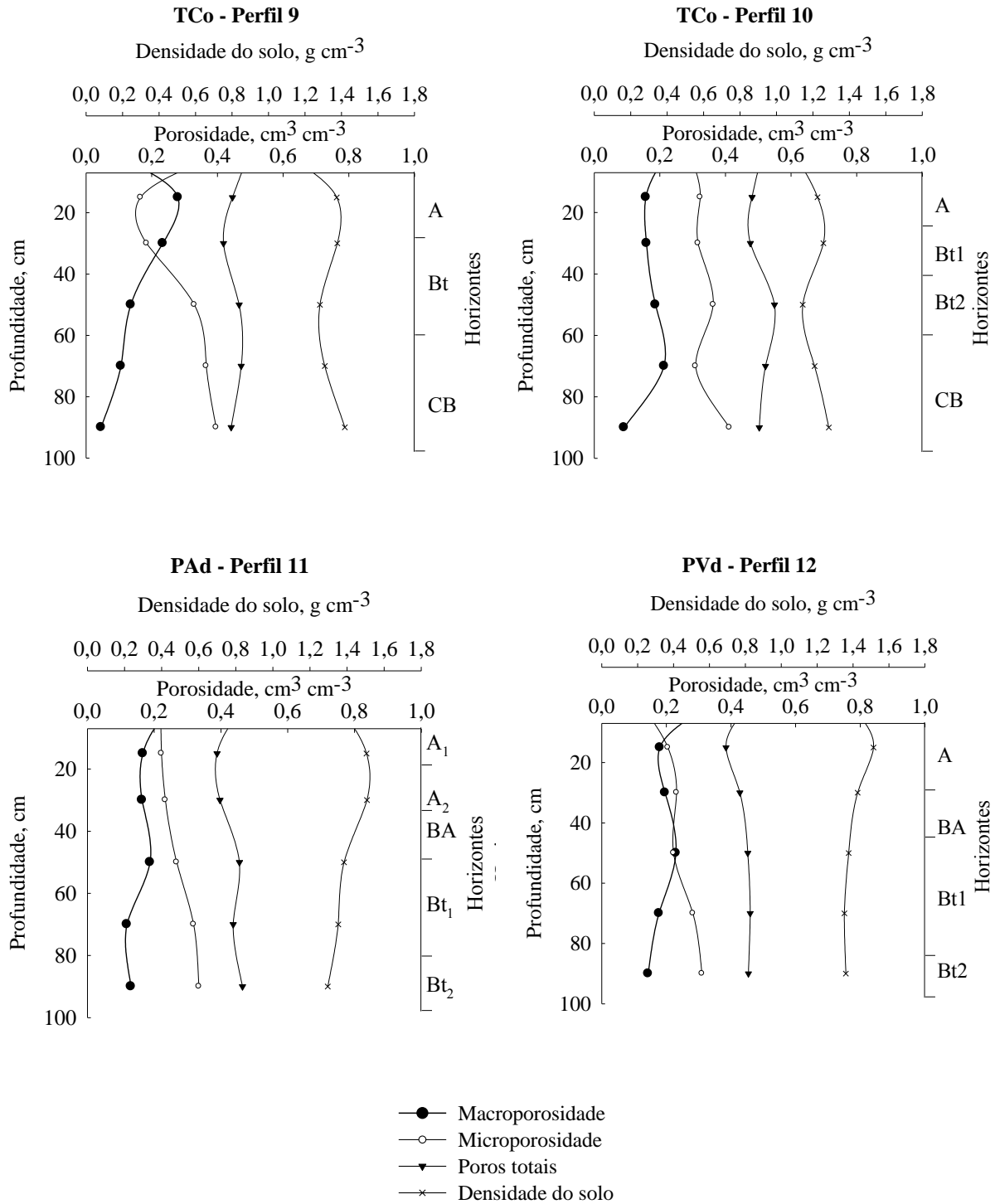
Abrão (2010), estudando as alterações físicas e químicas de um Cambissolo Húmico em povoamentos de *Pinus taeda* verificou que a elevação da densidade do solo ocorreu conjuntamente com a redução da porosidade total, as quais se mostraram altamente correlacionadas.



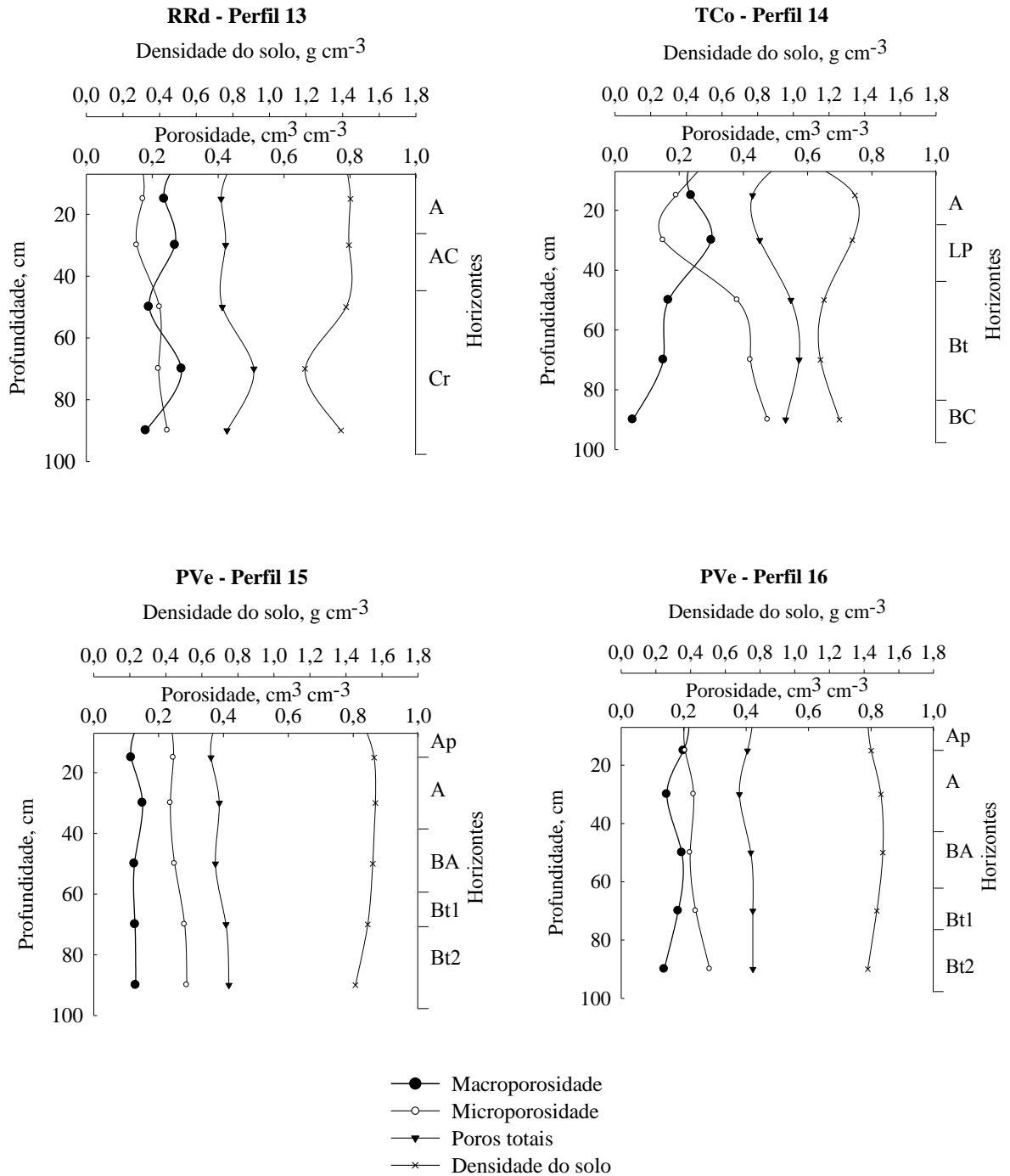
**Figura 4** – Densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total, macroporosidade e microporosidade médias dos perfis P1(PBACd), P2 (PVd), P3 (CXbd) e P4 (RRd).



**Figura 5** – Densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total, macroporosidade e microporosidade médias dos perfis P5 (RRd), P6 (PBACe), P7 (PAd) e P8 (RRd).



**Figura 6** – Densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total, macroporosidade e microporosidade médias dos perfis P9 (TCo), P10 (TCo), P11 (PAd) e P12 (PVd).



**Figura 7** – Densidade do solo, densidade de partícula, porosidade total, macroporosidade e microporosidade médias dos perfis P13 (RRd), P14 (TCo), P15 (PVe) e P16 (PVe).

De acordo com Prevedello (1996), a porosidade total, está dentro da faixa adequada, embora esta possa ter variações em função da textura, teor de matéria orgânica e densidade do solo. Segundo o mesmo autor, embora exista uma grande variação em relação à porosidade

total dos solos, em solos arenosos, varia entre 0,35 a 0,50  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , enquanto para solos argilosos, varia entre 0,40 a 0,65  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ .

A quantidade de macroporos na maioria das camadas dos perfis estudados é alta em relação à quantidade de microporos, pois um solo ideal 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; REICHERT et al., 2007).

Verifica-se que os macroporos variaram de 0,05 a 0,36  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  nas camadas dos solos e a quantidade de microporos variou de 0,06 a 0,48  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ .

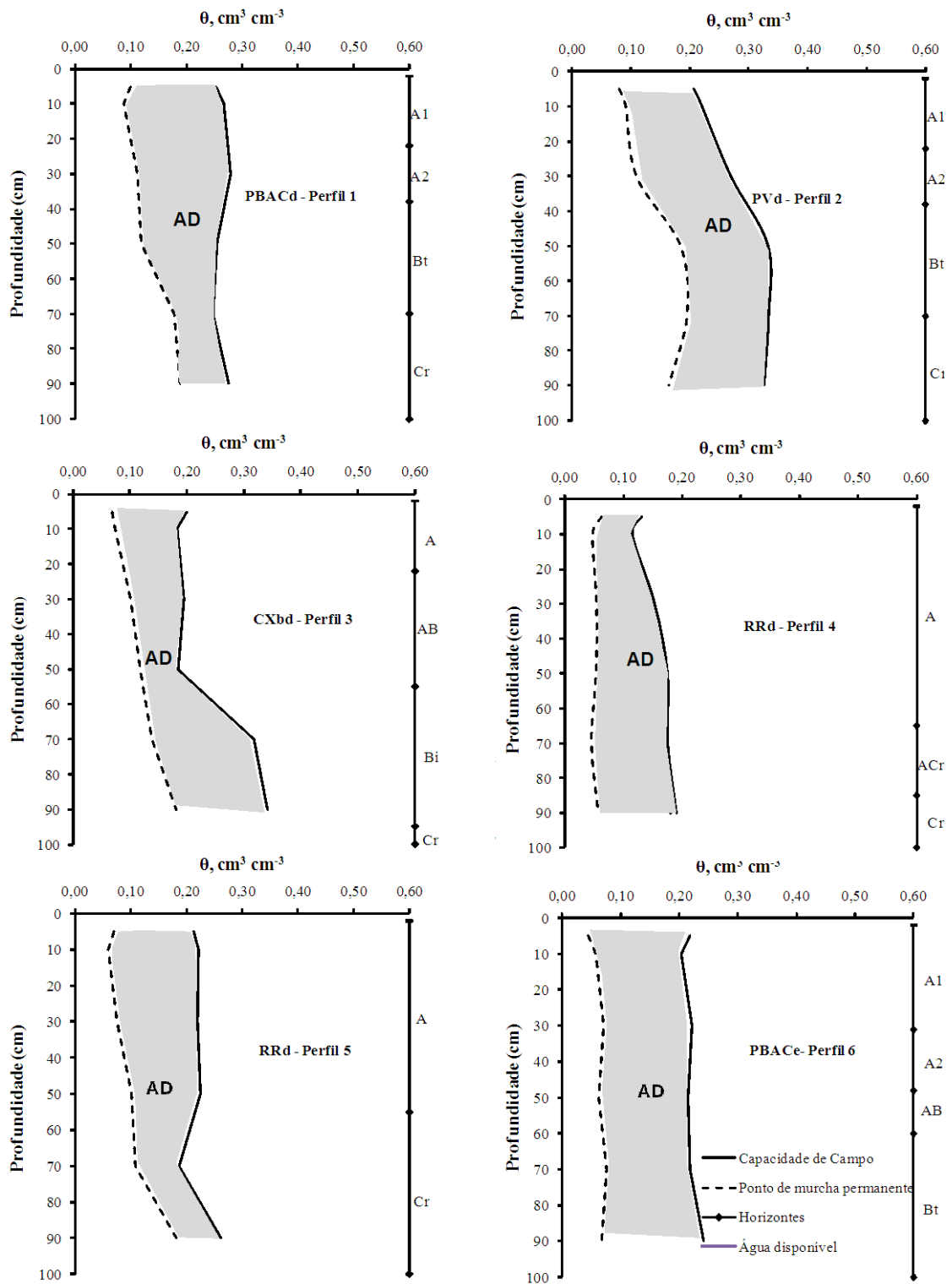
Observou-se que com o aumento das frações grosseiras (cascalho e areia grossa) as quantidades de microporos diminuíram, fato que pode ser verificado nas figuras 4, 5, 6 e 7, especialmente nos Neossolos (P4, P5, P8 e P13 - RRd). Este aumento da quantidade de macroporos em detrimento da quantidade de microporos influencia na retenção de água destes solos, caracterizando-os como solos com alta capacidade de infiltração de água, mas com baixa capacidade de retenção de água. Segundo, Sauer e Logsdon, (2002), a presença de frações grosseiras aumenta a quantidade de espaços vazios entre as partículas, o que reduz a densidade e permite a formação de canais e fissuras.

Para Correia et al., (1996), a capacidade de retenção de água do solo é um dos fatores que pode limitar o crescimento do eucalipto, principalmente em solos com maiores teores de areia grossa que tendem a uma redução da capacidade de armazenamento de água e transporte de nutrientes no solo.

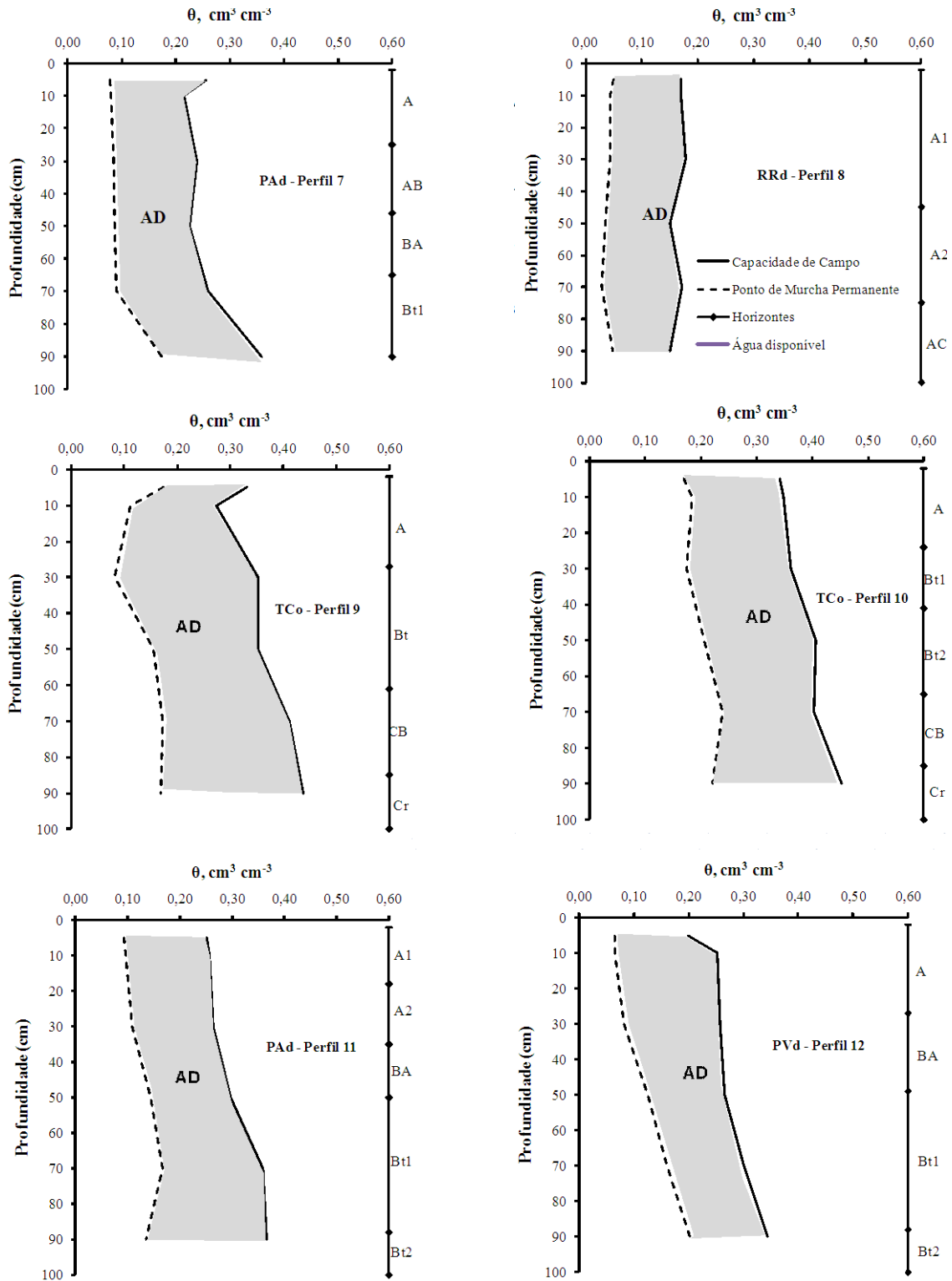
O volume de água armazenado entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente variou conforme a classe de solo e com a profundidade da camada (Figura 8, 9 e 10). Esta variação do volume de água entre camadas pode ser atribuída à variação da textura do solo, ao tipo de argila, ao teor de matéria orgânica, à densidade do solo ou à variação da porosidade do solo, mais especificamente, atribuído a microporosidade uma vez que esta é responsável pela retenção de água no solo.

Observou-se também que os Neossolos - RRd (P4, P5, P8 e P13) apresentaram menores capacidades de campo nas camadas superiores do solo e menor volume médio de água disponível. A alta porosidade observada neste estudo favorece a infiltração de água no solo e frações grosseiras reduzem a capacidade de armazenamento de água no solo, como também foi observado em levantamentos anteriores (REICHERT et al., 2003; KAISER, 2010).

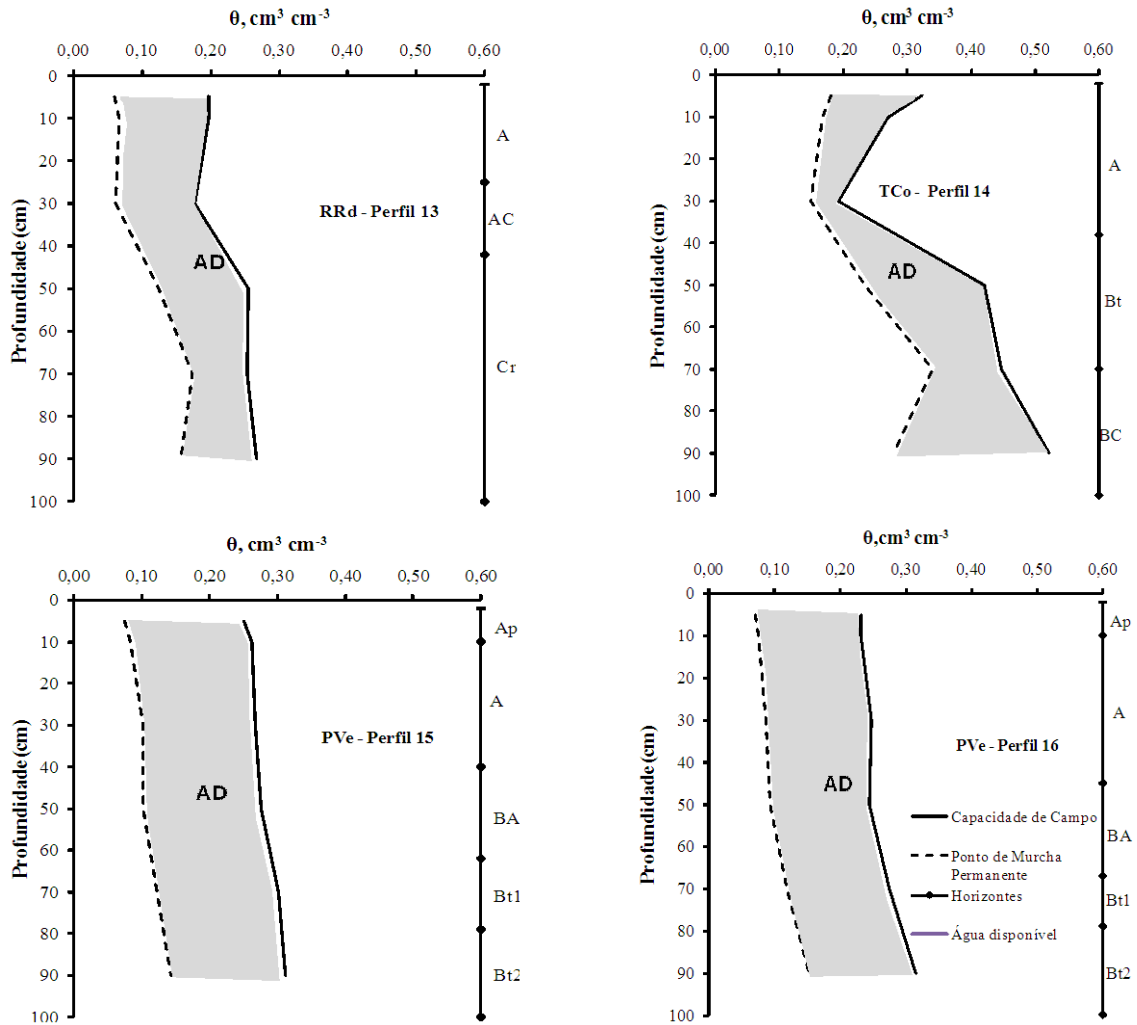




**Figura 8** – Armazenamento de água no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente em profundidade, dos perfis P1(PBACd), P2 (PVd), P3 (CXbd), P4 (RRd), P5 (RRd) e P6 (PBACe).



**Figura 9** – Armazenamento de água no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente em profundidade, dos perfis P7 (PAAd), P8 (RRd), P9 (TCO), P10 (TCO), P11 (PAAd) e P12 (PVd).



**Figura 10** – Armazenamento de água no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente em profundidade, dos perfis P13 (RRd), P14 (TCo), P15 (PVe) e P16 (PVe).

Já os Luvissoles (P9, P10 e P14 - TCo) apresentaram em média as maiores capacidades de campo, no entanto apresentaram também os maiores PMP (Figuras 9 e 10).

O volume da água disponível entre o CC e o PMP nos Luvissoles também foram os maiores. Entretanto, segundo alguns autores (CARLESSO, 1995, JONG VAN LIER, 2010, KLEIN, 2012), nem toda a água retida entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente é prontamente disponível as plantas. Isto é atribuído ao fato que o potencial da água no solo no PMP pode variar com a espécie, estágio fenológico da planta, histórico de estresse hídrico e condições ambientais (CARLESSO, 1995), pois algumas planta podem experimentar murcha permanente a potenciais variando de -0,8 a -2,0 MPa, ou mesmo -3,0 MPa.

A curva de retenção de água no solo é de fundamental importância para os estudos que envolvem interações solo-planta, pois relaciona o teor de água existente com a energia de retenção da água no solo. Essa relação é uma propriedade fundamental para descrever o processo dinâmico da água e de solutos no solo (WANG et al.,1998).

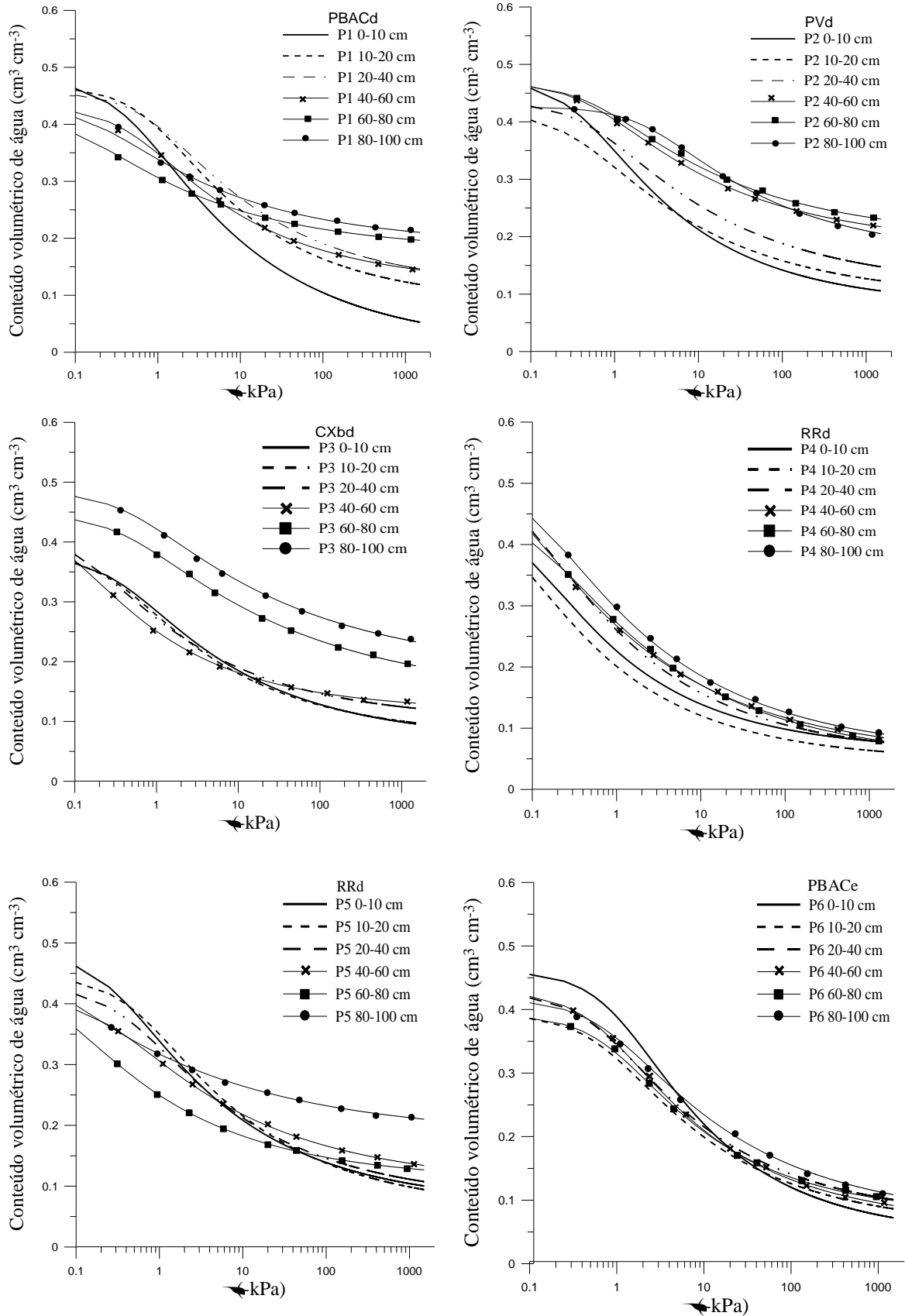
No entanto, é importante salientar que a curva característica de água no solo não é constante e que são vários os fatores que exercem influência marcante em seu comportamento, principalmente a textura e a estrutura do solo (AMARO FILHO et al, 2008). A capacidade de retenção de água pode variar muito de solo para solo e até mesmo dentro do mesmo tipo de solo (variabilidade espacial), porque existem várias propriedades físicas que estão diretamente ligados com a proporção e distribuição de macroporos e microporos.

O conteúdo de água está relacionado com o potencial matricial, e a representação gráfica deste relacionamento para os solos estudados são apresentadas nas Figura 11, Figura 12 e Figura 13.

De modo geral, o comportamento das curvas de retenção de água dos perfis amostrados dentro de cada solo apresentaram grandes variações, e isso se deve principalmente à variação na composição da fração menor que 2 mm, no tamanho das frações e na composição mineralógica.

Nexte contexto, observou-se claramente nos Argissolos o efeito da textura nas camadas superficiais e subsuperficiais influenciando o comportamento das curvas. As camadas mais arenosas (camadas superficiais) com pequeno incremento na tensão sofreram uma redução considerável no seu conteúdo de água. Este fato pode ser explicado pela maior quantidade de macroporos nestas camadas. No entanto, à medida que foi aumentando o incremento de argila destas camadas, o decréscimo de água foi mais gradual. Isto pode ser verificado no comportamento das curvas das camadas inferiores do solo (60-80 cm e 80-100 cm).

Nos Neossolos (RRd) observou-se uma maior redução no conteúdo de água com o incremento de tensão quando comparados aos Argissolos. Provavelmente, essa maior perda de águas seja devida a composição granulométrica dos Neossolos Regolíticos, uma vez que estes solos são constituídos de frações grosseiras que aumentam a quantidade de espaços vazios devido a formação de canais e fissuras e conseqüentemente reduzem a capacidade de armazenamento de água no solo. Entretanto, é importante salientar que as camadas inferiores dos Neossolos apresentaram conteúdo de água maior que as camadas superficiais, fato que é atribuído ao incremento de argila nestas camadas do perfil.



**Figura 11** – Curva de retenção de água no solo, dos perfis P1(PBACd), P2 (PVd), P3 (CXbd), P4 (RRd), P5 (RRd) e P6 (PBACe), das diferentes classes de solo estudadas.

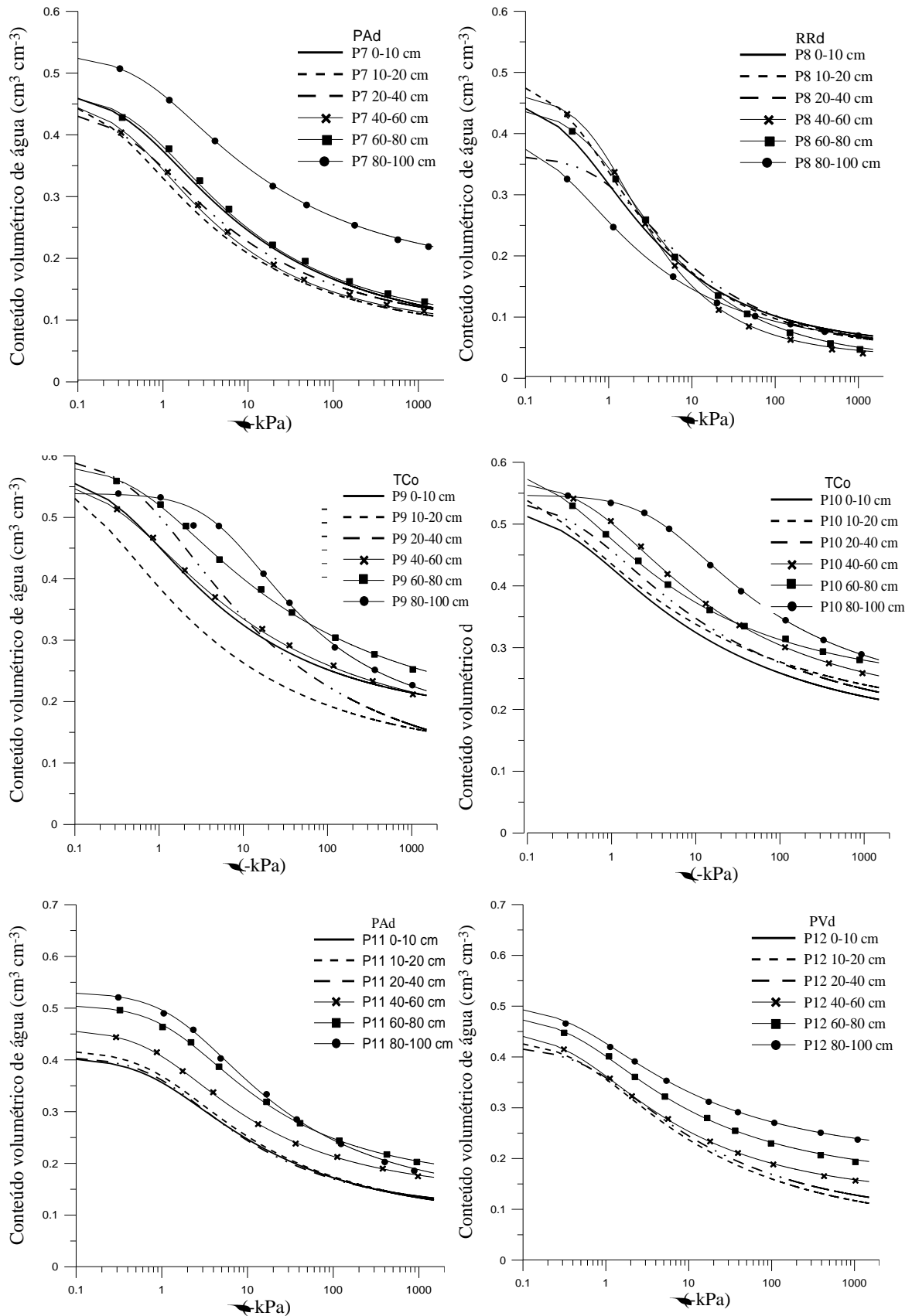
Os Luvisolos (TCo) apresentaram um comportamento bem diferenciado na curva de retenção de água no solo quando comparado aos argissolos e neossolos.

Analisando as curvas de retenção destes solos é possível constatar a alta retenção de água que estes solos apresentam em condições de saturação e a alta retenção que ainda possuem quando já se encontram no ponto de murcha (PMP=1500 kPa). Esta capacidade de retenção de água é uma característica de solos mais argilosos que apresentam uma distribuição mais uniforme de poros (AMARO FILHO et al, 2008).

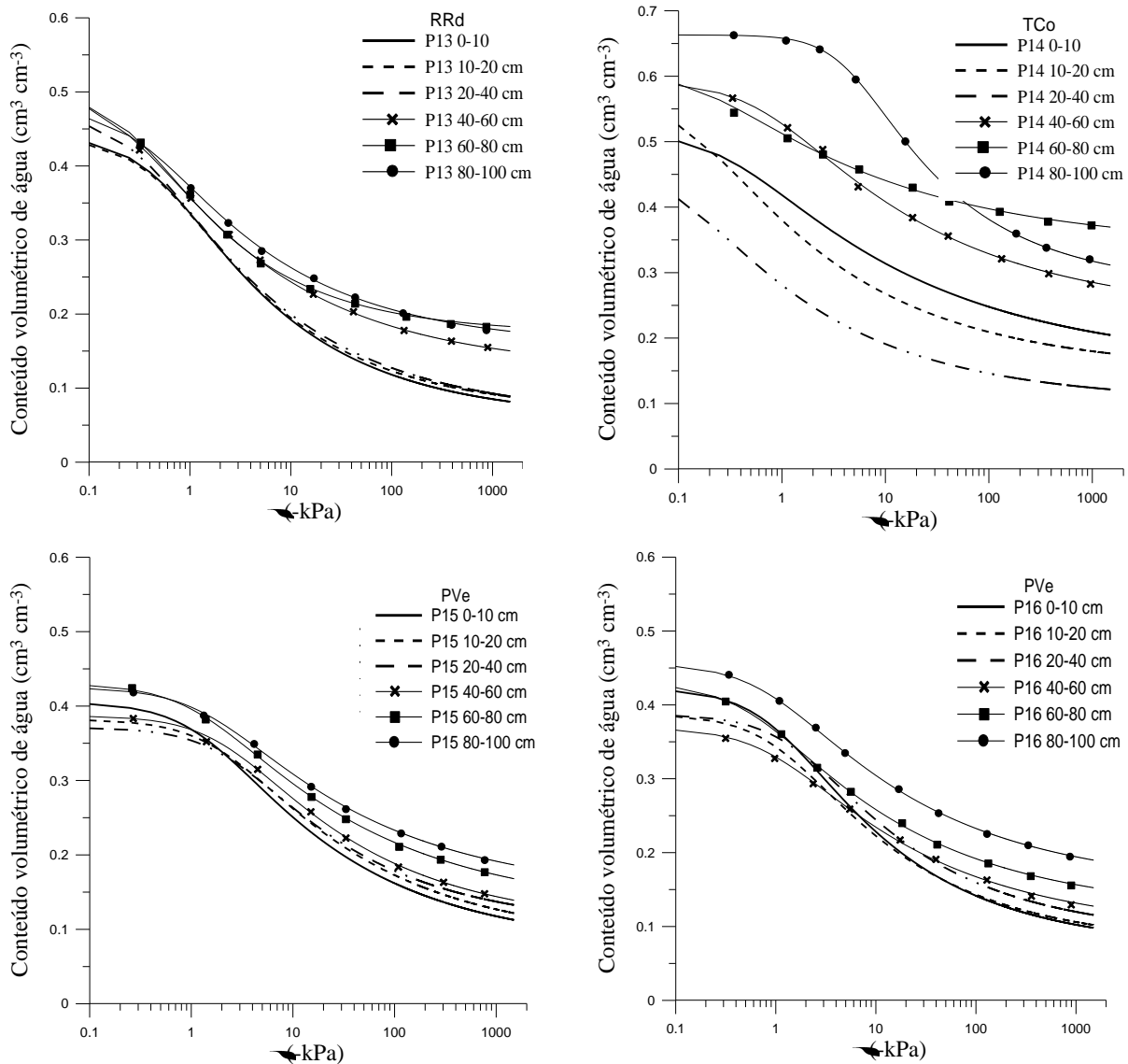
No Cambissolo constatou-se que as camadas mais profundas (60-80 cm e 80-100 cm) apresentaram condições de saturação e no ponto de murcha os maiores teores de água. Pode-se observar também que, com o aumento na profundidade, e com o incremento de argila, os conteúdos de água no ponto de murcha permanente deste solo se eleva. Segundo Hillel (1998), a capacidade de retenção de água no solo é uma propriedade determinada pela estrutura e pela granulometria do solo. Os poros são responsáveis pela retenção capilar da água e, quanto menor o seu tamanho, maior é a energia de retenção dessa água.

Neste contexto, pode se dizer que solos com textura argilosa apresentam uma maior estruturação, favorecendo a formação de uma maior quantidade de microporos em relação a macroporos, e por isso sua capacidade de retenção de água vai ser maior que a de solos arenosos. Porém, se a densidade deste mesmo solo for muito alta, mesmo sendo mais argiloso, pode apresentar uma menor capacidade de retenção em condições de saturação, o que pode ser verificado nos perfis P1, P2, P5, P6, P7 e P8, o que demonstra que todas estas propriedades estão relacionadas.

Assim, FERREIRA e MORAIS (1995) apud GONÇALVES (2002), estudando o efeito na densidade do solo na produção florestal, 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.



**Figura 12** – Curva de retenção de água no solo, dos perfis P7 (PAd), P8 (RRd), P9 (TCo), P10 (TCo), P11 (PAd) e P12 (PVd), das diferentes classes de solo estudadas.



**Figura 13** – Curva de retenção de água no solo, dos perfis P13 (RRd), P14 (TCo), P15 (PVe) e P16 (PVe), das diferentes classes de solo estudadas.

A condutividade hidráulica do solo ( $K_{sat}$ ) é um parâmetro que expressa a facilidade com que a água se movimenta ao longo do perfil de solo e está diretamente relacionada à produção dos cultivos agrícolas e florestais e dos recursos hídricos (KLEIN, 2012).

A condutividade hidráulica saturada entre todos os solos sob plantios de eucalipto variaram de  $0,28 \text{ cm h}^{-1}$  a  $131 \text{ cm h}^{-1}$ . No entanto, nos Neossolos os valores de  $K_{sat}$ , variaram de  $3,37 \text{ cm h}^{-1}$  a  $131 \text{ cm h}^{-1}$ , sendo em média superiores aos valores constatados por Pedron et al. (2011), em seu estudo sobre condutividade e retenção de água em neossolos e saptolitos derivados de arenito.

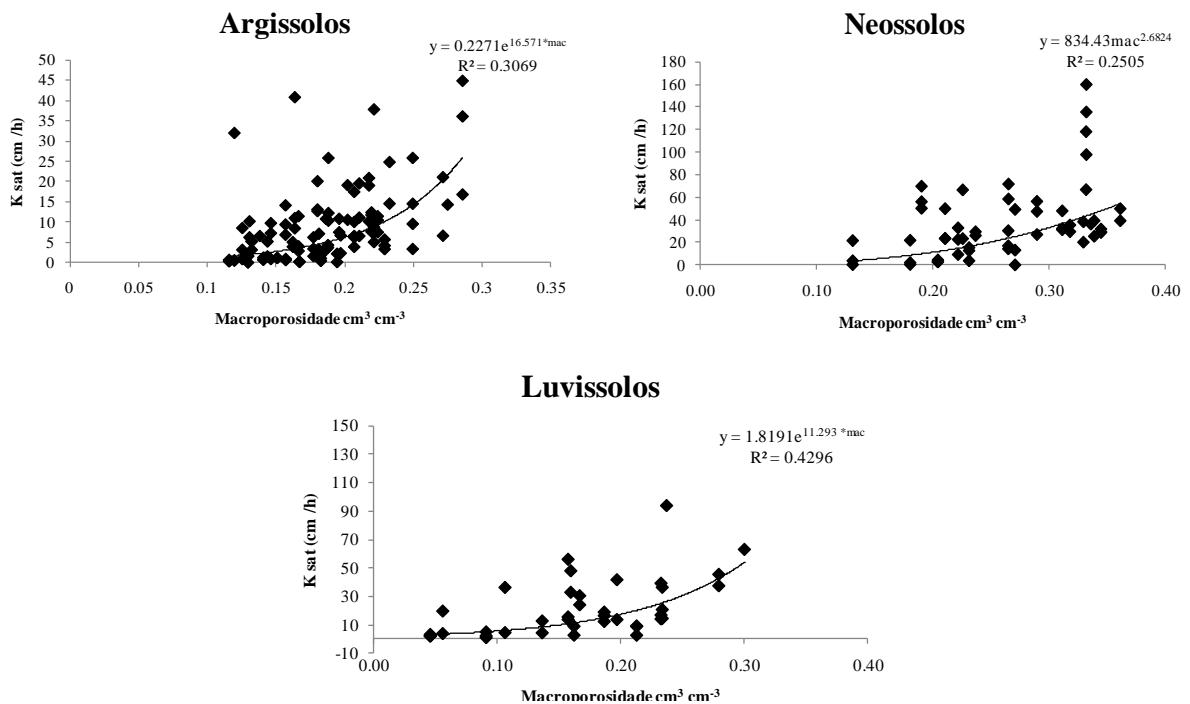


Nos Argissolos os valores de  $K_{sat}$  variaram de  $0,28 \text{ cm h}^{-1}$  a  $32,54 \text{ cm h}^{-1}$ , e em média foram menores aos valores encontrados por Suzuki (2008), que tralhando em um Argissolo Vermelho distrófico encontrou um condutividade hidráulica variando de  $1,93 \text{ mm h}^{-1}$  a  $109,4 \text{ h}^{-1}$  em um solo sob eucalipto de 20 anos.

Os valores encontrados no Cambissolo variaram de  $3,85 \text{ cm h}^{-1}$  a  $91,43 \text{ cm h}^{-1}$ . Já nos Luvisolos o  $K_{sat}$  variou de  $2,1 \text{ cm h}^{-1}$  a  $94,2 \text{ cm h}^{-1}$ .

Os valores de  $K_{sat}$  apresentaram grande variabilidade entre as classes de solo, dentro da mesma classe de solo e entre as camadas dos perfis (Apêndice B). Isto pode ser visualizado na dispersão dos valores e nos baixos valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), da relação entre a condutividade hidráulica saturada e a macroporosidade do solo nas classes de solo mais representativas deste estudo (Figura 14). Isto indica que, além do volume de poros, outras variáveis estão influenciando a condutividade hidráulica do solo.

Silva (2003) também verificou relação exponencial e positiva da  $K_{sat}$  com a macroporosidade em seu estudo com Latossolo Vermelho distrófico e com Latossolo Vermelho distroférico típico, no entanto, em seu estudo encontrou coeficiente de determinação para a  $K_{sat}$  foi de aproximadamente 24 % e 29%, respectivamente.



**Figura 14** – Relação entre a condutividade hidráulica saturada e a macroporosidade do solo nas classes de solo mais representativas deste estudo.

Portanto, com base nestes resultados, podemos inferir que as propriedades do solo ao interagirem entre si, controlam a magnitude com que as propriedades físicas do solo, sob diferentes valores de densidade, porosidade e umidade, interferem no crescimento e na produtividade do Eucalipto.

#### 4.2 Atributos químicos do solo

Através da análise química do solo ( Tabela 3), observou-se que o pH H<sub>2</sub>O do solo variou de 3,2 a 6,6. Valores estes classificados segundo a Embrapa (2006) como praticamente neutro (6,6 a 7,3), moderadamente ácidos (6,5 a 5,4), fortemente ácidos (4,3 a 5,3) e extremamente ácidos (<4,3). Na maioria dos perfis e das profundidades o pH H<sub>2</sub>O variou de moderadamente ácido a fortemente ácido. No Rio Grande do Sul, em um levantamento realizado em cerca de 60.000 amostras de solos, 70% delas apresentaram pH em água inferior a 5,5 (DRESCHER et al. 1995)

Analisando os perfis (P1, P2, P6, P7, P11, P12) que compreendem a classe dos Argissolos, cujo uso anterior do solo era pecuária, observou-se que o pH H<sub>2</sub>O variou de 3,8 a 6,0 nas diferentes camadas apresentando o maior valor médio de 4,8 na camadas de 0 a 5 cm. As camadas de 10 a 20 e 20 a 40 cm apresentaram os menores valores médios com 4,5 e 4,3. Nos perfis 15 e 16 o uso anterior do solo era agricultura, apresentando na camada de 0 a 5 pH médio de 6,2 e nas camadas de 10 a 20 e 20 a 40 cm valores médios de 5,2 e 4,8, respectivamente.

Nos Luvissolos, representados pelos perfis 9, 10 e 14, os valores apresentaram valores de pH H<sub>2</sub>O entre 4,4 e 6,0 na camada de 0 a 5 cm, o valor médio foi de 5,3 e nas camadas de 10 a 20 e 20 a 40 foi 4,9 e 4,8 respectivamente. No Cambissolo (P3) o maior valor foi na camada de 20 a 40 com pH de 4,2 enquanto a camada 0 a 5 apresenta 4,1 apresentando valores entre 3,5 ( camada de 5 a 10 cm) e 4,2 (camada de 20 a 40 cm). Os perfis dos Neossolos ( P4, P5, P8, P13) apresentaram o maior pH médio de 5,2 (camada 0 a 5 cm) e os menores 3,8 (camada 10 a 20 cm) e 4,4 (camada 20 a 40 cm).

A maioria das espécies de *Eucalyptus* utilizadas no Brasil tem mostrado tolerância ao alumínio (SILVEIRA, 2008). As exigências nutricionais do eucalipto são reduzidas em comparação a outras culturas, além de apresentar alta tolerância à toxidez de alumínio não

havendo necessidade da correção do alumínio trocável do solo para o cultivo do eucalipto (NOVAIS et al., 1990).

A maioria dos perfis avaliados neste estudo apresentam alta saturação por  $Al^{+3}$ . Das camadas analisadas somente 37% possuem baixa saturação por  $Al^{+3}$  (<20 %). Conforme Sgarbi et al. (2000) o pH não apresentou correlação com a produtividade de *E. Saligna* e *E. grandis* na região de Capão Bonito-SP para a camada de 0-10, quando analisou a camada de 0-20 cm para *E. grandis* também não apresentou significância.

A capacidade de troca de cátions ( $CTC_{ph7}$ ) variou de 5 (baixa) a 31,1  $cmol_c dm^{-3}$  (alta).

Os teores de matéria orgânica, geralmente, diminuem com a profundidade. Os maiores teores de MO encontrados foram nas camadas superficiais do solo (> 25  $g kg^{-1}$ ). Os teores mais altos foram observados nos perfis P9 e P10 (Tco) . Nestes sítios a ciclagem de nutrientes parece ser mais dinâmica e eficiente, ocasionando assim um aumento dos teores de matéria orgânica do solo.

Com relação aos teores de P, observa-se variação ao longo das camadas nas diferentes classes de solo. A camada de 0 a 5 foi a que apresentou maiores teores de P em relação as demais de maneira geral em todos os perfis. Este fato pode ser atribuído à maior quantidade de matéria orgânica nas camadas superficiais e decorrente mineralização.

Com relação aos teores de P verifica-se que estes apresentaram variação entre os perfis e entre as camadas do solo. Os valores de P variaram de 0,7 a 22,8  $mg dm^{-3}$ , com maiores teores nos horizontes superficiais. O solo que apresentou maior teor de P foi o Argissolo Amarelo Distrófico típico (P11 - PAd) na camada de 0-5 cm. 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 estes solos com classe textural 2 (teor de argila entre 60 a 41  $g 100g^{-1}$ ) os teores de P variam de muito baixo ( $\leq 3,0 mg dm^{-3}$ ), 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 ( $> 18,0 mg dm^{-3}$ ), para solos da classe textural 3 (teor de argila entre 40 e 21  $g 100g^{-1}$ ) esses teores variam de muito baixo ( $\leq 4,0 mg dm^{-3}$ ), 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 ( $> 24,0 mg dm^{-3}$ ) e para solos da classe textural 4 (teor de argila > 60  $g 100g^{-1}$ ) esses teores variam de muito baixo ( $\leq 7,0 mg dm^{-3}$ ), baixo (7,1 a 14,0  $mg dm^{-3}$ ), médio (14,1 a 21,0  $mg dm^{-3}$ ), alto (21,1 a 42,0  $mg dm^{-3}$ ) e muito alto ( $> 42,0 mg dm^{-3}$ ).

Para Silveira e Gava (2004), os reflorestamentos no Brasil, têm se concentrado, em solos com baixa reserva de nutrientes e acidez elevada. Para estes autores, os solos florestais

apresentam baixo teor de fósforo disponível e capacidade de adsorção e precipitação de fósforo, uma vez que são extremamente ácidos e com altos teores de Al trocável. No entanto, neste estudo os teores de P variaram de muito baixo a muito alto entre os perfis e suas respectivas camadas.

Os teores de S variaram de 0,5 a 20 mg dm<sup>-3</sup>, apresentando na maioria das camadas valores altos (> 5 mg dm<sup>-3</sup>). No entanto, no P16 (PVe) todas as camadas apresentaram teores médios.

Os teores de K variaram de 8 a 300 mg dm<sup>-3</sup>, apresentando maiores teores nas camadas superficiais (0-5cm e 5-10 cm) em todos os solos e variando nas demais profundidades. Segundo a Comissão de fertilidade do solo (2004) os teores de K são classificados como muito baixo (menor que 30 mg dm<sup>-3</sup>), baixo (31 a 60 mg dm<sup>-3</sup>), médio (61 a 90 mg dm<sup>-3</sup>), alto (91 a 180 mg dm<sup>-3</sup>) e muito alto (maior que 180 mg dm<sup>-3</sup>) para solos com CTC acima de 15 cmolc kg<sup>-1</sup>, e para solos com CTC entre 5,1 a 15 cmolc kg<sup>-1</sup>, pode ser classificado como muito baixo (menor que 20 mg dm<sup>-3</sup>), baixo (21 a 40 mg dm<sup>-3</sup>), médio (41 a 60 mg dm<sup>-3</sup>), alto (61 a 120 mg dm<sup>-3</sup>) e muito alto (maior que 120 mg dm<sup>-3</sup>).

Quanto aos níveis de Ca trocável, variaram de 0,2 a 20,2 cmolc dm<sup>-3</sup>. Conforme a classificação proposta pela Comissão de fertilidade do solo (2004), o Ca pode ser classificado como baixo (<2,0 cmolc dm<sup>-3</sup>), médio (2,1 a 4,0 cmolc dm<sup>-3</sup>) e alto (>4,0 cmolc dm<sup>-3</sup>).

Os solos que apresentaram os maiores teores de Ca superficial foram os Luvisolos (P09 e P10), no entanto ao P10 ainda se destaca pelo teor de Ca nas demais camadas. Nos demais perfis existem variações entre as camadas independente da profundidade.

Quanto ao Mg trocável variou entre baixo, médio e alto (<0,5, 0,6 a 1,0 e > 1,0 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente) e o Ca mais Mg, estes são classificados como baixos (<0,5 e <2,5 cmolc dm<sup>-3</sup>, respectivamente). Observa-se que os teores de Mg variaram de 0,1 a 9,8 cmolc dm<sup>-3</sup>, sendo os maiores teores apresentados no Luvisolos. Em todos os perfis existe variação entre as camadas independente da seqüência das camadas.

Segundo Silveira (2008), o nível crítico no solo para ter uma produtividade de 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, considerando uma profundidade de 0 - 20 cm é de 35 g dm<sup>-3</sup> de MO (como fonte de N - taxa de mineralização de 2% ao ano); 12 mg de P dm<sup>-3</sup>; 8 mmolc dm<sup>-3</sup> de Ca; 3,5 mmolc dm<sup>-3</sup> de Mg e 20 mg dm<sup>-3</sup> de S.

Os teores de Zn no solo diminuíram com a profundidade em todos os perfis. Estes teores variaram de 7,89 a 0,09 mg dm<sup>-3</sup>. As camadas superficiais (0 a 5 cm e 5 a 10 cm), apresentaram altos teores de Zn. Na maioria dos perfis e camadas os teores variam de alto (> 0,5 mg dm<sup>-3</sup>) a médio (0,2 - 0,5 mg dm<sup>-3</sup>). No entanto, somente nos perfis P1 (40-60 cm); P12

(20-40; 40-60 e 60-80 cm) e nos P16 (20-40 cm; 40-60; 60-80 e 80-100 cm) que apresentam teores baixos ( $< 0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ), conforme a classificação da Comissão de fertilidade do solo (2004).

Os teores de Cu na maioria dos perfis são considerados altos ( $> 0,4 \text{ mg dm}^{-3}$ ) com exceção dos perfis P3 (80-100 cm), P4 (0-5, 5-10cm) e P14 (10-20, 2-40 e 40-60 cm) que são considerados médios ( $0,2 - 0,4 \text{ mg dm}^{-3}$ ) conforme a classificação da Comissão de fertilidade do solo (2004). Já os teores de B nos solos em estudo variaram de baixos ( $< 0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ), médios ( $0,1 - 0,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ), e altos ( $> 0,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ) segundo a classificação da Comissão de fertilidade do solo (2004).

Em um estudo realizado por Bianchini et al. (2006), em seis solos representativos de localidades florestais do Brasil, foi observado que a quantidade de boro presente em todos os solos era insuficiente para atingir a produtividade. Depois do boro, o manganês e o zinco foram os micronutrientes mais limitantes para alcançar a produtividade desejada.

No entanto, conforme Barros et al. (1990), cada material genético de eucalipto tem habilidade diferenciada pelo uso de um ou outro nutriente absorvido. Além disso, considerando a vasta diversidade ambiental encontrada na região de origem do *Eucalyptus*, ocorre grande diferenciação quanto a eficiência de absorção e utilização dos nutrientes pelos materiais genéticos. Segundo Malavolta et al. (1997), os efeitos interiônicos entre determinados nutrientes também pode afetar a absorção e conseqüentemente a eficiência de utilização de um deles. Por exemplo, árvores em condições de alto suprimento de K podem ter eficiência de utilização de K superestimada, enquanto que a de cálcio e magnésio subestimada, devido a esses elementos competirem pelo mesmo sítio ativo do carregador no processo de absorção. Moraes (1999), testando o uso de boro em plantios de eucalipto na região norte e nordeste de Minas Gerais, constatou grande diferença entre os materiais genéticos, seja clone ou espécie, quanto a absorção e transporte de boro. Existem grandes diferenças entre as espécies de eucalipto quanto a sensibilidade à deficiência de boro. Neste estudo, o *E.pellita* não apresentou sintoma de deficiência de boro mesmo quando não foi fertilizado, enquanto que o *E.citriodora* apresentou 70% das árvores com sintoma, na mesma condição.

**Tabela 3** – Análise química do solo com valores pH em água (pH), teores de matéria orgânica (MO), de fósforo (P), enxofre (S) e potássio (K), saturação por bases (V) e alumínio (Al), teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio trocável (Al), capacidade de troca de cátions potencial (CTC<sub>pH7</sub>), teores de zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B).

| Classe solo   | Perfil | Prof,<br>(cm) | pH<br>H <sub>2</sub> O | M.O<br>(%) | P   | S<br>mg dm <sup>-3</sup> | K   | Saturação (%) |    | Ca   | Mg   | Al  | CTC <sub>pH7</sub>                 | Zn   | Cu   | B   |
|---|--------|---------------|------------------------|------------|-----|--------------------------|-----|---------------|----|------|------|-----|------------------------------------|------|------|-----|
|   |        |               |                        |            |     |                          |     | V             | Al |      |      |     |                                    |      |      |     |
|   |        |               |                        |            |     |                          |     |               |    |      |      |     | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |      |      |     |
|   |        |               |                        |            |     |                          |     |               |    |      |      |     | mg dm <sup>-3</sup>                |      |      |     |
| Argissolo Bruno-<br>Acinzentado<br>Distrófico<br>abrupto (PBACd)        | P01    | 0-05          | 4,5                    | 3,6        | 6,8 | 15,0                     | 176 | 21            | 31 | 1,88 | 0,54 | 1,3 | 13,8                               | 2,31 | 1,50 | 0,5 |
|   |        | 05-10         | 4,3                    | 2,7        | 3,7 | 18,0                     | 156 | 16            | 47 | 1,10 | 0,39 | 1,7 | 11,6                               | 0,95 | 1,40 | 0,6 |
|   |        | 10-20         | 4,4                    | 1,8        | 3,0 | 16,0                     | 120 | 16            | 49 | 1,39 | 0,69 | 2,3 | 14,7                               | 0,35 | 2,51 | 0,5 |
|   |        | 20-40         | 4,7                    | 1,8        | 2,2 | 14,0                     | 120 | 21            | 48 | 1,67 | 0,60 | 2,4 | 12,3                               | 0,20 | 2,42 | 0,1 |
|   |        | 40-60         | 4,8                    | 1,5        | 2,2 | 11,0                     | 200 | 28            | 38 | 2,29 | 0,67 | 2,1 | 12,2                               | 0,16 | 1,73 | 0,1 |
|   |        | 60-80         | 4,4                    | 1,5        | 1,5 | 7,0                      | 236 | 31            | 32 | 2,64 | 0,68 | 1,8 | 12,6                               | 1,08 | 1,19 | 0,3 |
|   |        | 80-100        | 4,6                    | 0,9        | 1,5 | 13,0                     | 164 | 28            | 31 | 2,27 | 0,70 | 1,5 | 12,1                               | 0,65 | 0,79 | 0,3 |
| Argissolo<br>Vermelho<br>Distrófico típico<br>(PVd)                     | P02    | 0-05          | 4,9                    | 3,4        | 6,0 | 10,2                     | 280 | 36            | 11 | 2,32 | 0,83 | 0,5 | 10,8                               | 1,54 | 0,62 | 0,4 |
|   |        | 05-10         | 4                      | 2,1        | 3,7 | 15,0                     | 192 | 15            | 61 | 0,67 | 0,39 | 2,3 | 10,2                               | 0,95 | 0,98 | 0,4 |
|   |        | 10-20         | 4,4                    | 1,8        | 3,0 | 12,5                     | 144 | 7             | 76 | 0,23 | 0,36 | 3,1 | 13,3                               | 0,48 | 1,76 | 0,2 |
|   |        | 20-40         | 3,8                    | 1,9        | 0,7 | 15,0                     | 140 | 5             | 84 | 0,46 | 0,11 | 4,7 | 20,3                               | 0,27 | 1,09 | 0,3 |
|   |        | 40-60         | 4,4                    | 1,3        | 1,5 | 12,0                     | 152 | 6             | 74 | 1,09 | 0,15 | 4,6 | 26,0                               | 0,23 | 1,15 | 0,3 |
|   |        | 60-80         | 4,6                    | 0,9        | 1,5 | 10,3                     | 76  | 13            | 64 | 1,62 | 0,23 | 3,5 | 15,7                               | 0,38 | 0,91 | 0,3 |
|   |        | 80-100        | 4,5                    | 0,5        | 1,5 | 12,0                     | 60  | 14            | 64 | 1,19 | 0,25 | 2,9 | 11,3                               | 0,34 | 1,02 | 0,4 |
| Cambissolo<br>Háplico<br>Distroférico/Tb<br>Distrófico típico<br>(CXbd) | P03    | 0-05          | 4,1                    | 2,5        | 9,3 | 18,0                     | 88  | 15            | 50 | 1,19 | 0,29 | 1,7 | 11,4                               | 1,86 | 0,66 | 0,3 |
|   |        | 05-10         | 3,9                    | 2,1        | 8,4 | 16,0                     | 56  | 9             | 72 | 0,52 | 0,09 | 2,1 | 8,5                                | 1,32 | 0,52 | 0,1 |
|   |        | 10-20         | 3,5                    | 1,5        | 5,3 | 17,0                     | 36  | 19            | 53 | 1,47 | 0,29 | 2,1 | 9,6                                | 1,10 | 1,10 | 0,4 |
|   |        | 20-40         | 4,2                    | 1,3        | 3,0 | 15,0                     | 40  | 9             | 67 | 0,61 | 0,26 | 2   | 10,7                               | 0,60 | 1,21 | 0,3 |
|   |        | 40-60         | 4                      | 1,3        | 2,2 | 13,7                     | 48  | 5             | 78 | 0,50 | 0,14 | 2,8 | 14,5                               | 0,41 | 1,30 | 0,4 |
|   |        | 60-80         | 4                      | 1,1        | 2,2 | 11,6                     | 40  | 3             | 82 | 0,37 | 0,08 | 2,8 | 17,9                               | 0,53 | 1,04 | 0,5 |
|   |        | 80-100        | 3,9                    | 0,7        | 1,5 | 12,0                     | 40  | 11            | 74 | 0,71 | 0,21 | 2,8 | 9,7                                | 0,25 | 0,54 | 0,3 |
| Neossolo<br>Regolítico<br>Distrófico típico<br>(RRd)                    | P04    | 0-05          | 5,5                    | 2,8        | 9,3 | 8,0                      | 180 | 71            | 0  | 4,36 | 1,25 | 0   | 8,6                                | 0,94 | 0,30 | 0,1 |
|   |        | 05-10         | 4,9                    | 2,1        | 6,8 | 5,0                      | 168 | 42            | 20 | 2,12 | 0,61 | 0,8 | 7,6                                | 0,59 | 0,39 | 0,2 |
|   |        | 10-20         | 3,9                    | 1,0        | 3,0 | 7,0                      | 96  | 28            | 46 | 1,40 | 0,50 | 1,8 | 7,6                                | 0,57 | 0,47 | 0,3 |
|   |        | 20-40         | 4,8                    | 0,2        | 2,2 | 5,0                      | 72  | 45            | 29 | 1,46 | 0,86 | 1   | 5,6                                | 0,50 | 0,11 | 0,5 |
|   |        | 40-60         | 4,7                    | 0,3        | 2,2 | 5,0                      | 72  | 41            | 33 | 1,30 | 0,92 | 1,2 | 5,9                                | 0,53 | 0,19 | 0,6 |
|   |        | 60-80         | 4,8                    | 0,4        | 3,0 | 6,6                      | 68  | 40            | 33 | 1,66 | 1,13 | 1,5 | 7,4                                | 0,62 | 0,14 | 0,2 |
|   |        | 80-100        | 5                      | 0,2        | 2,2 | 5,0                      | 72  | 56            | 29 | 1,95 | 1,37 | 1,4 | 6,3                                | 0,69 | 0,23 | 0,3 |

Continuação...

**Tabela 3** – Análise química do solo com valores pH em água (pH), teores de matéria orgânica (MO), de fósforo (P), enxofre (S) e potássio (K), saturação por bases (V) e alumínio (Al), teores de cálcio (Ca), magnésio

o (Mg), alumínio trocável (Al), capacidade de troca de cátions potencial (CTC<sub>pH7</sub>), teores de zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B).

| Classe solo  | Perfil | Prof.<br>(cm) | pH<br>H <sub>2</sub> O | M.O<br>(%) | P                   | S    | K   | Saturação (%) |    | Ca                                 | Mg   | Al  | CTC <sub>pH7</sub> | Zn                  | Cu   | B   |
|--|--------|---------------|------------------------|------------|---------------------|------|-----|---------------|----|------------------------------------|------|-----|--------------------|---------------------|------|-----|
|  |        |               |                        |            | mg dm <sup>-3</sup> |      |     | V             | Al | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |      |     |                    | mg dm <sup>-3</sup> |      |     |
| Neossolo Regolítico<br>Distrófico típico<br>(RRd),             | P05    | 0-05          | 5,1                    | 2,2        | 3,7                 | 5,0  | 180 | 35            | 13 | 1,61                               | 0,59 | 0,4 | 7,6                | 1,13                | 0,55 | 0,3 |
|  |        | 05-10         | 4,3                    | 1,5        | 3,7                 | 3,3  | 112 | 21            | 59 | 0,57                               | 0,31 | 1,7 | 5,6                | 0,70                | 0,67 | 0,3 |
|  |        | 10-20         | 4,1                    | 1,3        | 2,2                 | 10,2 | 64  | 12            | 64 | 0,79                               | 0,32 | 2,3 | 11,0               | 0,56                | 1,22 | 0,1 |
|  |        | 20-40         | 3,7                    | 1,1        | 3,0                 | 9,8  | 56  | 11            | 66 | 0,61                               | 0,31 | 2,1 | 9,8                | 0,46                | 1,12 | 0,3 |
|  |        | 40-60         | 4,3                    | 1,1        | 2,2                 | 10,0 | 68  | 8             | 70 | 0,63                               | 0,32 | 2,6 | 13,4               | 0,45                | 1,11 | 0,4 |
|  |        | 60-80         | 4,1                    | 0,9        | 2,2                 | 8,3  | 48  | 9             | 71 | 0,66                               | 0,29 | 2,7 | 12,0               | 0,36                | 0,89 | 0,6 |
|  |        | 80-100        | 4,3                    | 0,5        | 3,0                 | 8,0  | 64  | 10            | 69 | 0,96                               | 0,32 | 3,1 | 15,1               | 0,28                | 0,59 | 0,3 |
| Argissolo Bruno-<br>Acinzentado<br>Eutrófico típico<br>(PBACe) | P06    | 0-05          | 6,0                    | 2,7        | 3,7                 | 5,0  | 180 | 78            | 0  | 5,89                               | 1,71 | 0   | 10,3               | 2,41                | 0,83 | 0,3 |
|  |        | 05-10         | 6,0                    | 2,1        | 3,7                 | 7,0  | 144 | 76            | 0  | 4,84                               | 1,69 | 0   | 9,1                | 1,65                | 0,85 | 0,3 |
|  |        | 10-20         | 4,1                    | 1,4        | 3,7                 | 8,3  | 96  | 37            | 13 | 1,76                               | 0,83 | 0,4 | 7,7                | 0,79                | 1,21 | 0,3 |
|  |        | 20-40         | 4,7                    | 1,6        | 4,5                 | 10,2 | 72  | 29            | 29 | 2,07                               | 0,64 | 1,2 | 9,8                | 0,63                | 1,47 | 0,6 |
|  |        | 40-60         | 4,7                    | 1,2        | 3,0                 | 9,0  | 56  | 29            | 26 | 2,25                               | 0,44 | 1,0 | 9,7                | 0,39                | 1,22 | 0,3 |
|  |        | 60-80         | 5,0                    | 0,6        | 3,0                 | 7,0  | 72  | 43            | 20 | 2,68                               | 0,78 | 0,9 | 8,5                | 0,34                | 1,10 | 0,5 |
|  |        | 80-100        | 4,9                    | 0,5        | 3,0                 | 7,0  | 72  | 51            | 15 | 3,40                               | 0,96 | 0,8 | 8,9                | 0,47                | 1,23 | 0,2 |
| Argissolo Amarelo<br>Distrófico típico<br>(PAd)                | P07    | 0-05          | 4,1                    | 2,6        | 11,8                | 15,0 | 156 | 18            | 44 | 1,39                               | 0,37 | 1,7 | 11,9               | 1,42                | 0,78 | 0,2 |
|  |        | 05-10         | 4,1                    | 2          | 6,8                 | 14,0 | 132 | 10            | 63 | 0,82                               | 0,18 | 2,2 | 13,6               | 0,93                | 1,11 | 0,2 |
|  |        | 10-20         | 4,0                    | 1,6        | 5,3                 | 15,0 | 120 | 9             | 65 | 0,72                               | 0,38 | 2,6 | 15,1               | 0,84                | 1,82 | 0,4 |
|  |        | 20-40         | 3,9                    | 1,2        | 3,0                 | 10,3 | 92  | 8             | 72 | 0,56                               | 0,34 | 2,8 | 14,8               | 0,49                | 1,53 | 0,1 |
|  |        | 40-60         | 4,2                    | 1          | 3,7                 | 10,3 | 96  | 9             | 66 | 1,02                               | 0,32 | 3,1 | 17,0               | 0,37                | 1,66 | 0,1 |
|  |        | 60-80         | 4,2                    | 1          | 2,2                 | 9,7  | 108 | 10            | 64 | 1,02                               | 0,27 | 2,8 | 15,3               | 0,22                | 1,66 | 0,2 |
|  |        | 80-100        | 4,0                    | 0,9        | 2,2                 | 10,8 | 120 | 10            | 60 | 1,23                               | 0,54 | 3,2 | 21,5               | 0,33                | 1,51 | 0,5 |
| Neossolo Regolítico<br>Distrófico típico<br>(RRd)              | P08    | 0-05          | 4,7                    | 2,4        | 7,6                 | 7,0  | 128 | 32            | 14 | 2,77                               | 0,53 | 0,6 | 11,3               | 3,97                | 0,64 | 0,2 |
|  |        | 05-10         | 4,4                    | 2,1        | 6,0                 | 7,6  | 112 | 17            | 38 | 1,37                               | 0,33 | 1,2 | 11,7               | 1,96                | 0,54 | 0,1 |
|  |        | 10-20         | 4,1                    | 1,7        | 3,7                 | 11,6 | 80  | 33            | 23 | 2,14                               | 0,32 | 0,8 | 8,2                | 0,88                | 0,90 | 0,3 |
|  |        | 20-40         | 4,8                    | 1,5        | 4,5                 | 9,6  | 36  | 35            | 17 | 2,85                               | 0,45 | 0,7 | 9,6                | 0,45                | 0,96 | 0,2 |
|  |        | 40-60         | 5,0                    | 0,9        | 3,0                 | 8,0  | 32  | 46            | 14 | 2,58                               | 0,58 | 0,5 | 7,1                | 0,23                | 0,87 | 0,4 |
|  |        | 60-80         | 5,1                    | 0,5        | 3,0                 | 13,0 | 32  | 44            | 20 | 1,87                               | 0,46 | 0,6 | 5,5                | 0,36                | 1,21 | 0,2 |
|  |        | 80-100        | 5,2                    | 0,4        | 3,0                 | 4,0  | 32  | 45            | 19 | 1,70                               | 0,45 | 0,5 | 5,0                | 0,32                | 1,05 | 0,5 |

Continuação...

**Tabela 3** – Análise química do solo com valores pH em água (pH), teores de matéria orgânica (MO), de fósforo (P), enxofre (S) e potássio (K), saturação por bases (V) e alumínio (Al), teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio trocável (Al), capacidade de troca de cátions potencial (CTC<sub>pH7</sub>), teores de zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B).

| Classe solo   | Perfil | Prof.<br>(cm) | pH<br>H <sub>2</sub> O | M.O.<br>(%) | P                   | S                   | K                   | Saturação (%) |    | Ca                                 | Mg                                 | Al                  | CTC <sub>pH7</sub> | Zn                  | Cu   | B   |
|---|--------|---------------|------------------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|----|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------|-----|
|   |        |               |                        |             | mg dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> | V             | Al | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> |                    | mg dm <sup>-3</sup> |      |     |
| Luvissolo Crômico<br>Órtico típico (TCo)            | P09    | 0-05          | 6                      | 6,9         | 6,8                 | 6,3                 | 256                 | 93            | 0  | 14,82                              | 3,85                               | 0                   | 20,7               | 4,16                | 0,66 | 0,3 |
|   |        | 05-10         | 5,6                    | 4,2         | 3,7                 | 8,6                 | 300                 | 70            | 0  | 9,01                               | 3,37                               | 0                   | 18,7               | 1,84                | 1,51 | 0,3 |
|   |        | 10-20         | 5,1                    | 2,3         | 4,5                 | 6,6                 | 148                 | 50            | 4  | 5,14                               | 2,03                               | 0,3                 | 15,2               | 1,66                | 2,75 | 0,5 |
|   |        | 20-40         | 4,4                    | 1,4         | 3,7                 | 6,3                 | 84                  | 53            | 9  | 4,01                               | 2,07                               | 0,6                 | 11,8               | 1,46                | 2,75 | 0,2 |
|   |        | 40-60         | 5,1                    | 0,9         | 3,0                 | 4,5                 | 52                  | 56            | 11 | 3,46                               | 2,09                               | 0,7                 | 10,1               | 1,21                | 2,09 | 0,3 |
|   |        | 60-80         | 5,3                    | 0,4         | 3,0                 | 4,0                 | 36                  | 69            | 8  | 3,57                               | 3,08                               | 0,6                 | 9,8                | 1,48                | 2,22 | 0,1 |
|   |        | 80-100        | 5                      | 0,4         | 3,0                 | 7,0                 | 48                  | 73            | 6  | 5,44                               | 4,73                               | 0,7                 | 14,2               | 1,70                | 2,75 | 0,6 |
| Luvissolo Crômico<br>Órtico típico (TCo)            | P10    | 0-05          | 5,3                    | 6,6         | 7,6                 | 10,1                | 220                 | 70            | 1  | 13,94                              | 5,61                               | 0,2                 | 28,8               | 7,89                | 1,17 | 0,1 |
|   |        | 05-10         | 5,4                    | 5           | 3,0                 | 10,3                | 60                  | 76            | 1  | 14,45                              | 6,79                               | 0,2                 | 28,3               | 2,13                | 1,49 | 0,1 |
|   |        | 10-20         | 4,7                    | 4,8         | 4,5                 | 11,0                | 76                  | 67            | 1  | 15,16                              | 4,72                               | 0,2                 | 29,8               | 2,99                | 1,99 | 0,3 |
|   |        | 20-40         | 5,4                    | 4,6         | 4,5                 | 7,5                 | 56                  | 74            | 1  | 16,93                              | 4,99                               | 0,1                 | 29,8               | 2,14                | 2,11 | 0,6 |
|   |        | 40-60         | 5,5                    | 1,8         | 3,7                 | 6,0                 | 44                  | 85            | 0  | 13,11                              | 6,64                               | 0                   | 23,4               | 1,25                | 2,19 | 0,3 |
|   |        | 60-80         | 5,6                    | 1,3         | 4,5                 | 9,0                 | 48                  | 88            | 0  | 16,77                              | 7,94                               | 0                   | 28,3               | 1,84                | 2,27 | 0,2 |
|   |        | 80-100        | 6                      | 0,6         | 6,0                 | 5,3                 | 56                  | 94            | 0  | 20,24                              | 8,98                               | 0                   | 31,1               | 3,02                | 1,96 | 0,3 |
| Argissolo Amarelo<br>Distrófico típico<br>(PAd)     | P11    | 0-05          | 5,2                    | 3,8         | 22,8                | 10,2                | 172                 | 53            | 3  | 4,36                               | 2,85                               | 0,2                 | 14,5               | 2,35                | 1,08 | 0,1 |
|   |        | 05-10         | 4,3                    | 2,5         | 10,1                | 8,0                 | 76                  | 29            | 29 | 2,11                               | 1,57                               | 1,6                 | 13,6               | 0,92                | 1,73 | 0,2 |
|   |        | 10-20         | 4,3                    | 2           | 6,0                 | 11,3                | 32                  | 42            | 18 | 3,53                               | 1,47                               | 1,1                 | 12                 | 0,41                | 1,93 | 0,4 |
|   |        | 20-40         | 4,9                    | 1,8         | 3,7                 | 13,0                | 32                  | 32            | 22 | 3,62                               | 1,36                               | 1,4                 | 16                 | 0,30                | 1,78 | 0,1 |
|   |        | 40-60         | 4,7                    | 1,7         | 1,5                 | 11,3                | 24                  | 24            | 40 | 2,82                               | 1,00                               | 2,6                 | 16,2               | 0,19                | 1,73 | 0,6 |
|   |        | 60-80         | 4,9                    | 1,2         | 1,5                 | 18,0                | 20                  | 30            | 36 | 2,74                               | 0,99                               | 2,1                 | 12,5               | 0,20                | 1,28 | 0,3 |
|   |        | 80-100        | 5                      | 0,4         | 2,2                 | 17,0                | 28                  | 26            | 43 | 2,14                               | 0,88                               | 2,3                 | 11,8               | 0,20                | 1,14 | 0,3 |
| Argissolo Vermelho<br>Distrófico abruptico<br>(PVd) | P12    | 0-05          | 4,7                    | 3,9         | 10,9                | 12,0                | 208                 | 45            | 8  | 3,87                               | 1,25                               | 0,5                 | 12,5               | 1,04                | 0,73 | 0,1 |
|   |        | 05-10         | 4,6                    | 3,8         | 10,9                | 12,0                | 216                 | 35            | 18 | 3,48                               | 1,11                               | 1,1                 | 14,8               | 1,12                | 0,51 | 0,1 |
|   |        | 10-20         | 4,7                    | 1,3         | 10,1                | 6,0                 | 28                  | 27            | 36 | 1,56                               | 0,43                               | 1,2                 | 7,6                | 0,21                | 0,85 | 0,1 |
|   |        | 20-40         | 4,8                    | 1,8         | 4,5                 | 6,0                 | 20                  | 22            | 44 | 1,91                               | 0,46                               | 1,9                 | 11,1               | 0,15                | 0,88 | 0,5 |
|   |        | 40-60         | 5                      | 2           | 3,0                 | 2,2                 | 20                  | 17            | 58 | 1,95                               | 0,44                               | 3,3                 | 14,7               | 0,15                | 0,89 | 0,3 |
|   |        | 60-80         | 4,7                    | 1,9         | 2,2                 | 10,3                | 20                  | 16            | 57 | 2,23                               | 0,54                               | 3,7                 | 18,2               | 0,14                | 0,93 | 0,1 |
|   |        | 80-100        | 4,5                    | 1,2         | 1,5                 | 20,0                | 44                  | 17            | 60 | 1,80                               | 0,51                               | 3,6                 | 14,7               | 0,35                | 0,76 | 0,3 |

Continuação...



**Tabela 3** – Análise química do solo com valores pH em água (pH), teores de matéria orgânica (MO), de fósforo (P), enxofre (S) e potássio (K), saturação por bases (V) e alumínio (Al), teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio trocável (Al), capacidade de troca de cátions potencial (CTC<sub>pH7</sub>), teores de zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B).

| Classe solo  | Perfil | Prof,<br>(cm) | pH<br>H <sub>2</sub> O | M,O,<br>(%) | P                   | S    | K   | Saturação (%) |    | Ca                                 | Mg   | Al   | CTC <sub>pH7</sub> | Zn                  | Cu   | B   |
|--|--------|---------------|------------------------|-------------|---------------------|------|-----|---------------|----|------------------------------------|------|------|--------------------|---------------------|------|-----|
|  |        |               |                        |             | mg dm <sup>-3</sup> |      |     | V             | Al | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |      |      |                    | mg dm <sup>-3</sup> |      |     |
| Neossolo Regolítico<br>Distrófico típico<br>(RRd)                | P13    | 0-05          | 5,3                    | 2,4         | 5,3                 | 10,0 | 208 | 55            | 4  | 2,68                               | 1,07 | 0,2  | 7,8                | 1,41                | 0,47 | 0,4 |
|  |        | 05-10         | 4,6                    | 2,3         | 3,0                 | 5,3  | 204 | 29            | 35 | 1,47                               | 0,80 | 1,5  | 9,7                | 0,97                | 0,49 | 0,5 |
|  |        | 10-20         | 3,2                    | 1,6         | 3,0                 | 12,0 | 92  | 13            | 62 | 0,72                               | 0,43 | 2,3  | 11,1               | 0,50                | 0,76 | 0,5 |
|  |        | 20-40         | 4,1                    | 1,4         | 3,0                 | 13,0 | 88  | 11            | 62 | 0,94                               | 0,47 | 2,6  | 15,3               | 0,31                | 0,80 | 0,2 |
|  |        | 40-60         | 4,3                    | 1           | 2,2                 | 10,6 | 128 | 14            | 61 | 1,28                               | 0,56 | 3,4  | 15,9               | 0,39                | 1,08 | 0,5 |
|  |        | 60-80         | 4,5                    | 0,7         | 2,2                 | 12,0 | 100 | 10            | 64 | 1,18                               | 0,50 | 3,3  | 19,2               | 0,46                | 1,30 | 0,3 |
|  |        | 80-100        | 4,1                    | 1,1         | 0,7                 | 11,8 | 84  | 10            | 70 | 1,12                               | 0,55 | 4,5  | 19,2               | 0,31                | 0,97 | 0,1 |
| Luvissoilo Crômico<br>Órtico típico (TCO)                        | P14    | 0-05          | 4,5                    | 4,5         | 4,5                 | 8,0  | 216 | 61            | 7  | 6,72                               | 2,38 | 0,7  | 15,9               | 2,41                | 0,53 | 0,5 |
|  |        | 05-10         | 5                      | 3,3         | 3,0                 | 6,3  | 124 | 35            | 26 | 4,44                               | 1,82 | 2,3  | 18,9               | 1,18                | 0,64 | 0,4 |
|  |        | 10-20         | 5                      | 3,7         | 3,7                 | 4,0  | 64  | 37            | 28 | 5,69                               | 2,08 | 3    | 21,6               | 0,64                | 0,32 | 0,5 |
|  |        | 20-40         | 4,6                    | 2,4         | 2,2                 | 9,3  | 164 | 30            | 39 | 5,13                               | 2,64 | 5,3  | 27,6               | 0,39                | 0,32 | 0,2 |
|  |        | 40-60         | 5,1                    | 0,5         | 0,7                 | 0,5  | 76  | 13            | 75 | 0,82                               | 0,58 | 4,9  | 12,5               | 0,27                | 0,26 | 0,5 |
|  |        | 60-80         | 5                      | 1,7         | 2,2                 | 11,0 | 56  | 49            | 37 | 5,84                               | 7,41 | 7,7  | 27,1               | 0,39                | 0,44 | 0,3 |
|  |        | 80-100        | 5,3                    | 0,7         | 2,2                 | 9,0  | 24  | 63            | 39 | 6,36                               | 9,81 | 10,5 | 25,9               | 0,77                | 0,73 | 0,3 |
| Argissolo Vermelho<br>Eutroférico/Eutrófico<br>latossólico (PVe) | P15    | 0-05          | 6,6                    | 2,6         | 7,6                 | 6,3  | 156 | 87            | 0  | 7,57                               | 3,14 | 0    | 12,8               | 5,05                | 0,97 | 0,3 |
|  |        | 05-10         | 5,5                    | 1,7         | 4,5                 | 6,0  | 132 | 76            | 0  | 4,17                               | 2,24 | 0    | 8,9                | 1,78                | 1,12 | 0,1 |
|  |        | 10-20         | 5,3                    | 1,5         | 2,2                 | 10,0 | 104 | 47            | 6  | 2,78                               | 1,77 | 0,3  | 10,3               | 0,58                | 1,66 | 0,3 |
|  |        | 20-40         | 5,1                    | 1,4         | 2,2                 | 8,0  | 112 | 33            | 25 | 2,64                               | 1,36 | 1,4  | 13,0               | 0,36                | 1,55 | 0,3 |
|  |        | 40-60         | 5,1                    | 1,1         | 1,5                 | 8,0  | 96  | 51            | 16 | 3,61                               | 1,22 | 1    | 10,0               | 0,34                | 1,41 | 0,1 |
|  |        | 60-80         | 5                      | 0,9         | 0,7                 | 10,3 | 52  | 66            | 7  | 4,81                               | 1,86 | 0,5  | 10,3               | 0,29                | 1,02 | 0,2 |
|  |        | 80-100        | 5,1                    | 0,6         | 0,7                 | 10,2 | 52  | 70            | 4  | 4,80                               | 2,22 | 0,3  | 10,2               | 0,24                | 0,84 | 0,4 |
| Argissolo Vermelho<br>Eutroférico/Eutrófico<br>latossólico (PVe) | P16    | 0-05          | 5,8                    | 2,1         | 1,5                 | 4,0  | 76  | 63            | 0  | 3,69                               | 1,40 | 0    | 8,4                | 0,59                | 0,81 | 0,3 |
|  |        | 05-10         | 5,9                    | 1,7         | 1,5                 | 1,1  | 32  | 58            | 0  | 2,71                               | 1,12 | 0    | 6,7                | 0,34                | 1,16 | 0,2 |
|  |        | 10-20         | 5,4                    | 1,5         | 1,5                 | 4,4  | 16  | 45            | 11 | 2,37                               | 0,87 | 0,4  | 7,2                | 0,28                | 1,25 | 0,1 |
|  |        | 20-40         | 4,5                    | 1,3         | 1,5                 | 4,0  | 12  | 30            | 42 | 1,95                               | 0,42 | 1,7  | 7,9                | 0,11                | 1,13 | 0,1 |
|  |        | 40-60         | 5,3                    | 1,1         | 1,5                 | 4,2  | 12  | 34            | 24 | 2,60                               | 0,52 | 1,0  | 9,4                | 0,10                | 1,02 | 0,1 |
|  |        | 60-80         | 5,3                    | 0,9         | 1,5                 | 2,7  | 8   | 45            | 17 | 3,14                               | 0,86 | 0,8  | 8,9                | 0,09                | 0,78 | 0,2 |
|  |        | 80-100        | 5,3                    | 0,7         | 1,5                 | 2,1  | 8   | 39            | 18 | 2,36                               | 0,81 | 0,7  | 8,1                | 0,12                | 0,88 | 0,5 |

### 4.3 Serapilheira

Os teores de nutrientes acumulados na serapilheira em geral não variaram em função da produtividade dos sítios (Tabela 4). Comparando-se os teores de nutrientes presentes na serapilheira, observou-se que estes não seguem a mesma sequência de acúmulo de nutrientes em todos os sítios. Na maioria dos sítios a presença dos nutrientes se dá na seguinte ordem: Ca>N>K>Mg>S>P; com exceção dos sítios 3, 4, 5, 8, 11 e 15. No sítio 3 a sequência de acúmulo é Ca=N>Mg>K>S>P, já no sítio 8 é Ca>N>K>Mg>P>S, e nos sítios 4, 5, 11 e 15 a sequência muda para Ca>N>Mg>K>S>P.

Zaia e Gama-Rodrigues (2004), avaliando a ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis* e *E. pellita* com idade de seis anos na região norte fluminense, verificaram que a ordem de acumulação de nutrientes foi: Ca > N > K > Mg > P. Estes resultados são similares aos encontrados neste estudo e aos resultados encontrados por Gama-Rodrigues e Barros (2002), em *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, na idade de 16 anos, em Argissolo Amarelo no sul da Bahia.

**Tabela 4** – Teores médios de nutrientes acumulados na serapilheira de povoamentos de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*, aos 6 anos de idade, em diferentes sítios.

| Sítios | N                  | P   | K   | Ca   | Mg  | S   | B                   | Cu   | Fe     | Mn     | Zn   |
|--------|--------------------|-----|-----|------|-----|-----|---------------------|------|--------|--------|------|
|        | g kg <sup>-1</sup> |     |     |      |     |     | mg kg <sup>-1</sup> |      |        |        |      |
| 1      | 9,0                | 0,3 | 2,9 | 10,2 | 1,7 | 0,7 | 18,6                | 10,8 | 1553,3 | 1218,5 | 16,8 |
| 2      | 8,5                | 0,4 | 2,8 | 11,1 | 1,8 | 0,6 | 22,8                | 8,4  | 783,4  | 923,1  | 14,6 |
| 3      | 11,1               | 0,6 | 2,0 | 11,1 | 2,3 | 0,9 | 22,4                | 9,3  | 1803,8 | 1133,2 | 14,8 |
| 4      | 9,8                | 0,3 | 1,7 | 16,9 | 2,2 | 0,7 | 22,6                | 8,9  | 384,4  | 1763,3 | 9,1  |
| 5      | 8,0                | 0,4 | 1,8 | 15,4 | 2,6 | 0,7 | 24,6                | 7,6  | 1058,2 | 2612,7 | 9,7  |
| 6      | 8,9                | 0,3 | 2,8 | 10,7 | 2,2 | 0,6 | 22,8                | 7,4  | 659,0  | 1017,9 | 13,3 |
| 7      | 9,3                | 0,5 | 3,2 | 10,0 | 1,8 | 0,7 | 20,5                | 9,6  | 1067,7 | 554,3  | 13,5 |
| 8      | 9,5                | 1,4 | 2,7 | 11,9 | 1,4 | 0,7 | 12,2                | 9,3  | 694,2  | 1271,4 | 14,2 |
| 9      | 8,5                | 0,3 | 3,0 | 10,2 | 1,8 | 0,6 | 17,8                | 10,9 | 1603,2 | 704,1  | 13,5 |
| 10     | 8,3                | 0,4 | 2,8 | 11,7 | 2,4 | 0,6 | 21,6                | 8,3  | 1532,5 | 761,8  | 14,8 |
| 11     | 8,2                | 0,6 | 1,7 | 19,7 | 1,9 | 0,8 | 27,9                | 9,4  | 1696,3 | 1068,6 | 10,7 |
| 12     | 9,2                | 0,6 | 1,9 | 17,1 | 1,8 | 0,9 | 26,6                | 9,5  | 1975,9 | 985,5  | 11,6 |
| 13     | 9,1                | 0,4 | 2,5 | 11,6 | 1,7 | 0,6 | 20,2                | 11,7 | 1865,1 | 465,6  | 16,7 |
| 14     | 8,3                | 0,4 | 2,9 | 12,4 | 1,2 | 0,8 | 13,3                | 10,1 | 1322,1 | 2012,2 | 17,3 |
| 15     | 10,4               | 0,5 | 2,1 | 12,3 | 2,4 | 0,7 | 28,6                | 7,7  | 1435,1 | 1008,1 | 12,1 |
| 16     | 9,9                | 0,3 | 1,9 | 13,6 | 1,8 | 0,8 | 26,1                | 12,3 | 1944,3 | 721,7  | 17,6 |

No entanto, Kolm e Poggiani (2003), estudando a ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em um Latossolo Vermelho-Amarelo de baixa

fertilidade, verificaram que a transferência anual de nutrientes ao solo ocorreu na ordem: Ca>N>Mg>K>S>P.

A quantidade de serapilheira variou de 1,26 a 2,2 ton/ha entre os diferentes sítios (Tabela 5). Nos sítios com *E. dunnii* a quantidade de serapilheira variou de 1,7 a 2,22 ton/ha (acúmulo médio 1,9 ton/ha) sendo que o sítio 1 apresentou a maior quantidade de serapilheira acumulada. Já em relação ao *E. saligna* a quantidade de serapilheira variou de 1,3 a 2,17 ton/ha (acúmulo médio de 1,54 ton/ha) sendo o sítio 14 o que acumulou maior quantidade de serapilheira.

Fonseca et al. (1993), encontraram um menor acúmulo de serapilheira num povoamento de *E. citriodora*, quando comparado com *E. paniculata*. Estes autores atribuíram o resultado à menor densidade arbórea e à menor produção por unidade de área da primeira espécie.

**Tabela 5** – Quantidade média de nutrientes acumulados na serapilheira de povoamentos de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*, aos 6 anos de idade, em diferentes sítios.

| Sítio | N    | Serapilheira<br>t/ha | kg ha <sup>-1</sup> |    |    |     |    |    | g ha <sup>-1</sup> |     |       |     |       |
|-------|------|----------------------|---------------------|----|----|-----|----|----|--------------------|-----|-------|-----|-------|
|       |      |                      | N                   | P  | K  | Ca  | Mg | S  | B                  | Cu  | Fe    | Mn  | Zn    |
| 1     | 1171 | 2.22                 | 200                 | 7  | 64 | 226 | 38 | 16 | 413                | 239 | 34560 | 375 | 27112 |
| 2     | 1196 | 1.93                 | 165                 | 8  | 54 | 213 | 35 | 12 | 440                | 163 | 15092 | 281 | 17783 |
| 3     | 949  | 1.61                 | 178                 | 10 | 32 | 178 | 37 | 14 | 361                | 150 | 29005 | 238 | 18222 |
| 4     | 1024 | 1.31                 | 128                 | 4  | 22 | 221 | 28 | 10 | 296                | 117 | 5031  | 119 | 23078 |
| 5     | 1099 | 1.54                 | 124                 | 6  | 28 | 238 | 40 | 11 | 380                | 117 | 16338 | 149 | 40340 |
| 6     | 1345 | 1.70                 | 151                 | 5  | 48 | 181 | 37 | 10 | 387                | 125 | 11177 | 225 | 17264 |
| 7     | 1171 | 1.26                 | 117                 | 6  | 40 | 125 | 23 | 9  | 257                | 121 | 13411 | 169 | 6962  |
| 8     | 897  | 2.01                 | 192                 | 28 | 53 | 240 | 29 | 15 | 245                | 187 | 13972 | 286 | 25591 |
| 9     | 1047 | 1.85                 | 157                 | 6  | 56 | 188 | 32 | 12 | 331                | 201 | 29729 | 250 | 13057 |
| 10    | 1196 | 1.90                 | 158                 | 8  | 53 | 222 | 45 | 12 | 411                | 158 | 29154 | 282 | 14492 |
| 11    | 1099 | 1.30                 | 107                 | 8  | 23 | 257 | 24 | 11 | 363                | 122 | 22092 | 140 | 13918 |
| 12    | 999  | 1.30                 | 120                 | 8  | 25 | 222 | 23 | 11 | 346                | 123 | 25639 | 150 | 12788 |
| 13    | 1221 | 2.13                 | 193                 | 9  | 53 | 247 | 36 | 13 | 429                | 248 | 39659 | 356 | 9899  |
| 14    | 1024 | 2.17                 | 202                 | 11 | 51 | 455 | 38 | 17 | 508                | 315 | 86537 | 597 | 43387 |
| 15    | 1048 | 1.59                 | 165                 | 8  | 33 | 196 | 38 | 11 | 455                | 123 | 22847 | 192 | 16049 |
| 16    | 1219 | 2.11                 | 209                 | 6  | 39 | 287 | 37 | 16 | 550                | 259 | 40938 | 370 | 15195 |

No entanto, quando se considera as quantidades de nutrientes acumulados em função do acúmulo da serapilheira podemos observar que nos sítios com menor produtividade a quantidade de serapilheira geralmente foi maior que nos sítios mais produtivos. Conforme César (1991), solos com problemas de deficiências hídricas promovem um pico de queda de

folhas, sendo a correlação entre a queda das folhas com a disponibilidade de água no solo constatada por vários autores, para diferentes formações florestais. Nestes solos também pode haver uma baixa taxa de decomposição, acarretando acúmulo de material orgânico e, por conseguinte, aumento da quantidade de nutrientes na interface serapilheira-solo, fato também observado por Gama-Rodrigues e Barros (2002) em plantios do gênero *Eucalyptus*.

Poggiani (1985) assinala que quando o estoque de nutrientes do solo se apresenta em níveis muito baixos, mas permanece elevado na serapilheira, podem ocorrer carências nutricionais, acompanhadas por declínio da produtividade. Por isso, é muito importante na ciclagem de nutrientes a relação entre o conteúdo de nutrientes disponíveis no solo e os nutrientes estocados na serapilheira. Baixos valores da relação solo/serapilheira significam menores taxas de mineralização e conseqüentemente uma maior retenção de nutrientes na serapilheira.

#### **4.4 Relações entre a produtividade de *E. dunnii* e clone de *E. saligna* e os atributos do solo**

A altura dominante aos 7 anos de idade variou de 22,8 m a 28,7 m, sendo que o valor médio foi de 26,0 m e coeficiente de variação 9,3 %. Com relação ao volume estimado para sete anos o valor médio foi de 308,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, sendo o menor valor de 235,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e o maior valor de 375,9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, e coeficiente de variação de 18,8% nas parcelas/perfis do clone de *Eucalyptus saligna* entre os 7 perfis analisados para este material genético (Tabela 6).

A altura dominante das parcelas/perfis de *Eucalyptus dunnii* entre os 9 perfis analisados para este material genético teve como valor médio 27,2 m, sendo o menor valor 22,9 m e o maior valor 29,3 m, e coeficiente de variação de 7 % . Com relação ao volume estimado para sete anos o menor valor foi de 226,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, a média de 294,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, o maior valor de 327,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e coeficiente de variação de 12,5% (Tabela 7).

No estudo realizado por Gonçalves et al. (1990), em sítios de textura arenosa e média, no Estado de São Paulo, apresentaram coeficientes de variação para o índice de sítio 12,6 % e 37,8 % para volume nas parcelas com *E. grandis* (n=18) e 7,7% para índice de sítio e 24,6 % para volume nas parcelas com *E. saligna* (n = 8).

A comparação entre os volumes observados nos materiais genéticos denota a diferença que ocorre aos sete anos em virtude de plantios clonais apresentarem menor variação das características dendrométricas entre os indivíduos da população.. A altura dominante

demonstra-se efetiva quando é necessário comparar materiais genéticos diferentes, pois baseia-se na altura das 100 árvores de maior diâmetro por hectare, numa mesma idade de referência, possibilitando avaliar a capacidade produtiva do sítio quando consideradas espécies e propagação distintas.

A maior  $h_{100}$  aos 7 anos para *E. dunnii* (29,3 m) ocorreu no perfil 10, localizado sob um Luvissole Crômico em local com exposição à formação de geadas e relevo ondulado. Em local com microrelevo semelhante apresentando a mesma classe de solo, perfil 14, a  $h_{100}$  para o *E. saligna* foi de 24,2 m. Embora os perfis 10 e 14 pertençam a mesma classe de solo, possuem características distintas em relação a microporosidade nas camadas de 60 a 80 e 80 a 100 cm com valores superiores no perfil 14 (Apêndice A) em função da composição granulométrica com textura argilosa (> 35% argila) a partir da camada de 40 a 60 (53% argila) até a última de 80 a 100 cm (44% argila). O teor de água disponível no perfil 10 é maior que no perfil 14 (Figura 9) ocasionando uma dinâmica diferenciada no fluxo e disponibilidade de água e nutrientes às plantas.

Com relação  $h_{100}$  determinada para *E. saligna* (28,7 m) ocorre no perfil 15 localizado sob um Argissolo Vermelho eutrófico em relevo suave, sob as mesmas condições, no perfil 16, o *E. dunnii* apresenta 27,2 m. Os perfis 15 e 16 estão aproximadamente 200 metros entre si em relevo plano não apresentando alterações significativas em suas características físicas. Quanto a disponibilidade de nutrientes o perfil 15 apresenta maior disponibilidade de P, K, Mg, Ca (Tabela 3) nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm onde ocorre intensa interação entre raízes finas absorventes e o solo.

A menor  $h_{100}$  para *E. saligna* (22,8 m) ocorre no perfil 11 sob Argissolo Amarelo Distrófico que apresenta teor de argila de 50 % e silte de 12% na camada de 60 a 80 cm (Apêndice A) no qual a presença pronunciada do horizonte B textural a partir de 50 cm de profundidade em relevo suave (declividade de 0,9 %) deve ocasionar anoxia em períodos de maior disponibilidade hídrica. No perfil 7 sob Argissolo Amarelo Distrófico o *E. dunnii* apresenta  $h_{100} = 28,2$  m, significativamente maior em relação o perfil 11, com horizonte B textural a partir de 65 cm de profundidade em relevo ondulado (declividade 4%).

**Tabela 6** – Resultados dos dados dendrométricos gerados a partir de equações utilizadas pela empresa CMPC para 7 anos e da última medição nas parcelas de cada perfil para para *Eucalyptus saligna*.

| Horto Florestal             | Perfil | Material Genético | Classe Solo | h <sub>100</sub> (m) | IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) | Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) | Altura árv. dominantes (m)* | IMA * (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) | Volume * (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------|--------|-------------------|-------------|----------------------|--|---|-----------------------------|--|---|
| Panorama                    | 3      | <i>E. saligna</i> | CXbd        | 27,7                 | 51,0   | 356,9                                     | 25,8                        | 50,2   | 310,0                                       |
| Panorama                    | 4      | <i>E. saligna</i> | RRd         | 23,7                 | 33,7   | 235,6                                     | 22,1                        | 32,2   | 198,8                                       |
| Panorama                    | 5      | <i>E. saligna</i> | RRd         | 26,1                 | 44,2   | 309,3                                     | 24,3                        | 43,0   | 266,0                                       |
| Ponta das Canas             | 11     | <i>E. saligna</i> | PAd         | 22,8                 | 34,4   | 240,5                                     | 21,4                        | 32,8   | 205,5                                       |
| Ponta das Canas             | 12     | <i>E. saligna</i> | PVd         | 28,5                 | 53,7   | 375,9                                     | 26,7                        | 53,2   | 333,2                                       |
| Cerro do Ouro               | 14     | <i>E. saligna</i> | TCO         | 24,2                 | 40,0   | 280,1                                     | 22,2                        | 38,5   | 231,5                                       |
| Três Passos                 | 15     | <i>E. saligna</i> | PVe         | 28,7                 | 51,1   | 357,6                                     | 25,6                        | 49,0   | 282,4                                       |
| Média                       |        |                   |             | 26,0                 | 44,0   | 308,0                                     | 24,0                        | 42,7   | 261,0                                       |
| Maior valor                 |        |                   |             | 28,7                 | 53,7   | 375,9                                     | 26,7                        | 53,2   | 333,2                                       |
| Menor valor                 |        |                   |             | 22,8                 | 33,7   | 235,6                                     | 21,4                        | 32,2   | 198,8                                       |
| Coeficiente de variação (%) |        |                   |             | 9,3                  | 18,8   | 18,8                                      | 8,8                         | 19,9   | 19,7  |

\* valores referentes a última medição realizada em 24/09/2012

**Tabela 7** – Resultados dos dados dendrométricos gerados a partir de equações utilizadas pela empresa CMPC para 7 anos e da última medição nas parcelas de cada perfil para para *Eucalyptus dunnii*.

| Horto Florestal             | Perfil | Material Genético | Classe Solo | h <sub>100</sub> (m) | IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) | Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) | Altura árv. dominantes (m)* | IMA * (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) | Volume * (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------|--------|-------------------|-------------|----------------------|--|---|-----------------------------|--|---|
| Panorama                    | 1      | <i>E. dunnii</i>  | PBACd       | 27,6                 | 45,9   | 321,0                                     | 25,6                        | 45,0   | 278,2                                       |
| Panorama                    | 2      | <i>E. dunnii</i>  | PVd         | 27,8                 | 46,1   | 322,9                                     | 25,8                        | 45,0   | 278,0                                       |
| Ponta das Canas             | 6      | <i>E. dunnii</i>  | PBACe       | 26,7                 | 39,2   | 274,1                                     | 24,5                        | 37,8   | 230,3                                       |
| Ponta das Canas             | 7      | <i>E. dunnii</i>  | PAd         | 28,2                 | 46,7   | 327,0                                     | 25,9                        | 45,5   | 277,2                                       |
| Panorama                    | 8      | <i>E. dunnii</i>  | RRd         | 28,8                 | 46,0   | 322,3                                     | 26,8                        | 44,0   | 271,8                                       |
| Panorama                    | 9      | <i>E. dunnii</i>  | TCO         | 26,0                 | 35,6   | 249,5                                     | 23,9                        | 33,8   | 205,7                                       |
| Panorama                    | 10     | <i>E. dunnii</i>  | TCO         | 29,3                 | 45,0   | 315,2                                     | 26,9                        | 43,1   | 262,3                                       |
| Paraíso                     | 13     | <i>E. dunnii</i>  | RRd         | 22,9                 | 32,4   | 226,6                                     | 21,1                        | 31,5   | 192,1                                       |
| Três Passos                 | 16     | <i>E. dunnii</i>  | PVe         | 27,2                 | 41,1   | 287,6                                     | 24,1                        | 38,5   | 221,9                                       |
| Média                       |        |                   |             | 27,2                 | 42,0   | 294,0                                     | 24,9                        | 40,5   | 246,4                                       |
| Maior valor                 |        |                   |             | 29,3                 | 46,7   | 327,0                                     | 26,9                        | 45,5   | 278,2                                       |
| Menor valor                 |        |                   |             | 22,9                 | 32,4   | 226,6                                     | 21,1                        | 31,5   | 192,1                                       |
| Coeficiente de variação (%) |        |                   |             | 7,0                  | 12,5   | 12,5                                      | 7,3                         | 13,0   | 13,9  |

\* valores referentes a última medição realizada em 24/09/2012

Para o *E. dunnii* o menor  $h_{100}$  (22,9 m) foi determinado no perfil 13 sob Neossolo Regolítico Distrófico que apresenta 24% de cascalho a partir de 40 cm de profundidade ocasionando baixa capacidade de reter e disponibilizar água.

Nos perfis com *E. saligna* sob Neossolo Regolítico também apresentou baixo desenvolvimento,  $h_{100} = 23,7$  m em virtude do baixo grau de alteração pedogenética. No perfil 8 com *E. dunnii* e sob Neossolo Regolítico apresentou  $h_{100} = 28,8$  m próximo ao maior valor encontrado para espécie no estudo (29,3 m) em virtude de estar situado num platô de meia encosta potencializando a capacidade produtiva da parcela pela deposição de matéria orgânica e intensa ciclagem biogeoquímica conforme a quantidade média de nutrientes apresentados na serapilheira da parcela (Tabela 4).

O resultado dos perfis 8 e 11 foram considerados inicialmente na modelagem, o que acabou gerando falta de significância de algumas camadas, quando considerados os materiais genéticos em separado, em virtude de seus atributos do solo e condição de crescimento, não apresentarem uma relação causa e efeito possível de ser detectada na modelagem utilizada. Com a retirada dos perfis 8 e 11 foi possível estabelecer modelos com coeficientes de determinação significativos na relação entre os atributos do solo e  $h_{100}$  para as camadas quando considerados os materiais genéticos em conjunto ou separados.

#### **4.5 Análise de regressão múltipla para determinação da altura dominante ( $h_{100}$ )**

O uso inicial de todas as variáveis independentes para análise de regressão múltipla resultou em altos coeficientes de determinação. A análise posterior revelou alto grau de correlação entre algumas variáveis independentes o que levou a colinearidade entre estas variáveis. Foi realizada a eliminação de variáveis que apresentaram valores superiores a 10 para o fator de inflação de variância (FIV) indicando multicolinearidade da variável independente com outra no modelo (SCHNEIDER et al., 2009).

As variáveis independentes consideradas para modelagem de regressão múltipla pelo procedimento stepwise no SAS System foram os atributos físicos e químicos determinados para as camadas analisadas em cada perfil e morfológicos considerando o perfil analisado (Tabela 9).

Os modelos foram gerados para cada camada em relação aos dois materiais genéticos, *E. dunnii* e *E. saligna* separados e conjuntamente. Desta forma, foram determinados 3

modelos por camada considerando 14 perfis. Na camada de 0 a 10 cm foi realizada a média das camadas 0 a 5 e 5 a 10 cm das características químicas do solo para consideração na primeira camada de 0 a 10 cm com os atributos físicos.

Nos modelos ajustados, considerando os dois materiais genéticos, para determinação da  $h_{100}$  aos 7 anos, o modelo da camada de 60 a 80 cm apresentou o maior coeficiente de determinação de 0,76 com  $S_{yx} = 1,04$ . As variáveis consideradas no modelo de maior coeficiente de determinação parcial foram o teor de matéria orgânica com 0,55 e o teor de Boro com 0,021 com a  $h_{100}$ . Nas demais camadas, a consideração do modelo para espessura do horizonte A+B está diretamente ligada ao grau de evolução pedogenético do perfil, pois, solos mais intemperizados apresentam maior desenvolvimento dos horizontes e relação com a textura e estrutura, ocasionando, nestes casos, melhora nas condições referentes ao fluxo e dinâmica de água e nutrientes no solo.

Os valores apresentados nos coeficientes de determinação, considerando todas as camadas, ficaram entre  $R^2_{aj} = 0,56$  e  $R^2_{aj} = 0,78$  considerando *E. saligna* e *E. dunnii* analisados em conjunto.

Gonçalves et al. (1990), considerando atributos do solo para determinação no índice de sítio analisando em conjunto sítios de *E. grandis* e *E. saligna* encontrou coeficientes de determinação entre 0,49 com erro médio de 5,31 para camada de 0 a 10 cm, 0,70 e erro de 4,39% no melhor ajuste para camada de 10 a 20 cm com o ingresso das variáveis independentes fósforo assimilável (ppm) e pH em  $CaCl_2$  na camadas de 20-30 cm o  $R^2$  foi de 0,29 e na camada de 40-60 cm  $R^2 = 0,37$  concluindo que as camadas superficiais do solo apresentam propriedades físicas e químicas mais relacionadas com a qualidade do sítio sendo indicadas para fins de avaliação de fertilidade do solo.

As equações de regressão geradas para *E. dunnii* (tabela 8) apresentaram valores preditivos altos nas camadas de 10 a 20 cm com  $R^2_{aj} = 0,90$  e Erro Padrão de Estimativa ( $S_{yx}$ ) = 0,60 m e na camada de 20 a 40 cm  $R^2_{aj} = 0,97$  e  $S_{yx} = 0,28$  m. As variáveis consideradas nestas camadas, nos modelos, foram a espessura do horizonte A + B e teores de potássio, em ambas. Na camada de 10 a 20 cm o silte (0,176) ingressou com elevada contribuição, pois a maior  $h_{100}$  para *E. dunnii* localiza-se sob um Luvissole, perfil 10, condicionando a relação entre silte e a  $h_{100}$ . O teor de cálcio presente nos modelos nas camadas de 20 a 40, 60 a 80, e 80 a 100 cm denota a importância da disponibilidade do nutriente para desenvolvimento na capacidade produtiva.

Os valores do  $R^2_{aj}$  apresentaram-se entre 0,63 e 0,97 nas camadas analisadas para o *E. dunnii* que, segundo Carmean apud Ortiz et al. (2006), os trabalhos mais bem sucedidos de



relação solo-sítio explicam entre 65% e 85% da variação do crescimento da floresta. Ortiz et al. (2006) em estudo realizado avaliando as relações entre o potencial produtivo de povoamentos florestais e atributos do solo e do relevo através de regressão linear múltipla espacial ajustou 79% das variações de índice de sítio para clones de *E. grandis* no qual os atributos que contribuíram de forma direta foram umidade, argila total, areia total, areia muito grossa, manganês e soma de bases.

As equações geradas para o clone de *E. saligna* (tabela 8) não apresentaram significância ( $p = 0,005$ ) nas camadas de 10 a 20, 20 a 40 e 80 a 100 cm. Gonçalves et al (2012) avaliando a relação da produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis* e a relação causa e efeito entre produtividade florestal e os atributos edáficos sob Latossolos (96% da área de estudo), Gleissolo (3,4%) e Neossolo Flúvico (0,6%) apresentaram ampla variação e por meio de análises de regressão múltipla constataram que os teores de argila e matéria orgânica foram os atributos que mais explicaram as diferenças de produtividade nas camadas de 0-20 cm ( $R^2 = 84\%$ ) e 70-90 cm ( $R^2 = 63\%$ ).

As camadas que apresentaram maior valor de determinação nos perfis estudados com *E. saligna* foram nas profundidades de 40 a 60 cm com  $R^2_{aj} = 0,91$  e  $Sy_x = 0,65$  contribuindo no modelo a matéria orgânica e teor de boro com maior participação parcial ( $R^2 = 0,77$ ) o que denota a importância deste micronutriente em plantios clonais de *E. saligna*. Na camada de 60 a 80 cm, os valores de  $R^2_{aj} = 0,93$  e  $Sy_x = 0,59$  considerando no modelo a espessura do horizonte A + B ( $R^2$  parcial = 0,643) e o boro ( $R^2$  parcial = 0,312). A relação do boro no modelo apresentou relação negativa (40-60 cm) e positiva (60-80 cm) devido aos teores estarem mais elevados na camada (40-60 cm) com menores  $h_{100}$  avaliadas nos perfis P4 (RRd) e P5 (RRd) que apresentam maior disponibilidade do micronutriente, não sendo aproveitado em função do conjunto de características presentes nos Neossolos Regolíticos que não permitem adequada disponibilidade e fluxo de água e nutrientes de maneira apropriada às plantas.

**Tabela 8** – Equações de regressão múltipla selecionadas por camada de solo para os materiais genéticos em separado e conjuntamente.

| Camadas  | Equações juntos <i>E. saligna</i> e <i>E. dunnii</i> (n=14)  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> aj | Syx  |
|----------|--|----------------|-------------------|------|
| 00 - 10  | $h_{100}^{**} = 13,56^{**} + 0,029 \text{ hzA\_B}_{(0,453)}^{**} + 0,107 \text{ areia}_{(0,135)}^* + 0,213 \text{ silte}_{(0,171)}^{**}$ | 0,76           | 0,69              | 1,09 |
| 10 - 20  | $h_{100}^{**} = 20,74^{**} + 0,035 \text{ hzA\_B}_{(0,453)}^{**} + 0,131 \text{ silte}_{(0,24)}^{**}$                                    | 0,69           | 0,64              | 1,17 |
| 20 - 40  | $h_{100}^{**} = 21,90^{**} + 0,035 \text{ hzA\_B}_{(0,453)}^{**} + 0,95 \text{ MO}_{(0,226)}^{**}$                                       | 0,68           | 0,62              | 1,20 |
| 40 - 60  | $h_{100}^{**} = 26,02^{**} - 6,045 \text{ B}_{(0,207)}^{**} + 2,254 \text{ MO}_{(0,553)}^{**}$   | 0,76           | 0,72              | 1,04 |
| 60 - 80  | $h_{100}^{**} = 22,75^{**} + 0,035 \text{ hzA\_B}_{(0,453)}^{**} + 0,537 \text{ Ca}_{(0,173)}^*$   | 0,63           | 0,56              | 1,29 |
| 80 - 100 | $h_{100}^{**} = 21,32^{**} + 0,041 \text{ hzA\_B}_{(0,453)}^{**} + 0,73 \text{ P}_{(0,226)}^*$   | 0,68           | 0,62              | 1,20 |
| Camadas  | Equações <i>E. dunnii</i> (n = 8)  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> aj | Syx  |
| 00 - 10  | $h_{100}^* = 19,75^{**} + 0,049 \text{ hzA\_B}_{(0,365)}^* + 0,881 \text{ MO}_{(0,389)}^*$   | 0,75           | 0,65              | 1,12 |
| 10 - 20  | $h_{100}^{**} = 17,83^{**} + 0,038 \text{ hzA\_B}_{(0,39)}^* + 0,176 \text{ silte}_{(0,438)}^{**} + 0,016 \text{ K}_{(0,115)}^*$         | 0,94           | 0,90              | 0,60 |
| 20 - 40  | $h_{100}^{**} = 19,51^{**} + 0,051 \text{ hzA\_B}_{(0,365)}^{**} + 0,024 \text{ K}_{(0,183)}^{**} + 0,315 \text{ Ca}_{(0,440)}^{**}$     | 0,98           | 0,97              | 0,28 |
| 40 - 60  | $h_{100}^* = 24,61^{**} - 8,04 \text{ B}_{(0,426)}^* + 3,55 \text{ MO}_{(0,312)}^*$  | 0,74           | 0,63              | 1,16 |
| 60 - 80  | $h_{100}^* = 22,42^{**} + 0,04 \text{ hzA\_B}_{(0,365)}^* + 0,249 \text{ Ca}_{(0,437)}^*$  | 0,80           | 0,72              | 1,01 |
| 80 - 100 | $h_{100}^{**} = 22,26^{**} + 0,042 \text{ hzA\_B}_{(0,365)}^{**} + 0,208 \text{ Ca}_{(0,454)}^*$   | 0,82           | 0,76              | 0,96 |
| Camadas  | Equações <i>E. saligna</i> (n =6)  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> aj | Syx  |
| 00 - 10  | $h_{100}^* = 25,47^{**} + 0,044 \text{ hzA\_B}_{(0,643)}^* - 0,022 \text{ K}_{(0,211)}^{\text{ns}}$                                      | 0,85           | 0,76              | 1,06 |
| 10 - 20  | $h_{100}^{\text{ns}} = 22,76 + 0,037 \text{ hzA\_B}_{(0,643)}$   | ns             | ns                | -    |
| 20 - 40  | $h_{100}^{\text{ns}} = 22,76 + 0,037 \text{ hzA\_B}_{(0,643)}$   | ns             | ns                | -    |
| 40 - 60  | $h_{100}^* = 27,26^{**} - 7,047 \text{ B}_{(0,773)}^* + 1,839 \text{ MO}_{(0,172)}^*$  | 0,94           | 0,91              | 0,65 |
| 60 - 80  | $h_{100}^{**} = 17,97^{**} + 0,06 \text{ hzA\_B}_{(0,643)}^{**} + 8,121 \text{ B}_{(0,312)}^*$   | 0,96           | 0,93              | 0,59 |
| 80 - 100 | $h_{100}^{\text{ns}} = 22,76 + 0,374 \text{ hzA\_B}_{(0,643)}$   | ns             | ns                | -    |

Os valores entre parenteses nas equações indicam o coeficiente de determinação parcial das variáveis no ajuste do modelo. Regressão e parâmetros \*\*, \* significativos respectivamente a 1% e 5% e ns– modelo não significativo ( p> 0,005).

**Tabela 9** – Variáveis dependentes consideradas para o ajuste de regressão múltipla para estimar a altura dominante ( $h_{100}$ ) de *E. saligna* e *E. dunnii* cultivados na região da metade Sul do RS, aos 7 anos de idade.

| Variável                              | Classificação | unidade             | denominação |
|---------------------------------------|---------------|---------------------|-------------|
| Altura dominante                      | dependente    | m                   | $h_{100}$   |
| <b>Atributos físicos do solo</b>      |               |                     |             |
| densidade de partículas               | independente  | $g\ cm^{-3}$        | Dp          |
| densidade solo                        | independente  | $g\ cm^{-3}$        | Ds          |
| porosidade total                      | independente  | $cm^3\ cm^{-3}$     | Pt          |
| Macroporosidade                       | independente  | $cm^3\ cm^{-3}$     | Mac         |
| Microporosidade                       | independente  | $cm^3\ cm^{-3}$     | Mic         |
| capacidade campo                      | independente  | $cm^3\ cm^{-3}$     | CC          |
| água disponível                       | independente  | $cm^3\ cm^{-3}$     | AD          |
| ponto murcha                          | independente  | $cm^3\ cm^{-3}$     | PM          |
| capacidade água disponível            | independente  | $cm^3\ cm^{-3}$     | CAD         |
| fração grosseira (> cascalho)         | independente  | %                   | cascalho    |
| areia total *                         | independente  | %                   | areiat      |
| areia grossa total                    | independente  | %                   | areiaagt    |
| areia fina total                      | independente  | %                   | areiaft     |
| silte total *                         | independente  | %                   | siltet      |
| argila total *                        | independente  | %                   | argilat     |
| <b>Atributos morfológicos do solo</b> |               |                     |             |
| espessura horizonte A *               | independente  | cm                  | hz_A        |
| espessura horizonte A + B *           | independente  | cm                  | hz_A_B      |
| <b>Atributos químicos do solo</b>     |               |                     |             |
| pH $H_{20}$ *                         | independente  | -                   | pH          |
| fósforo *                             | independente  | $(mg\ dm^{-3})$     | P           |
| potássio *                            | independente  | $(mg\ dm^{-3})$     | K           |
| materia orgânica *                    | independente  | %                   | MO          |
| Alumínio                              | independente  | $(cmol_c\ dm^{-3})$ | Al          |
| cálcio *                              | independente  | $(cmol_c\ dm^{-3})$ | Ca          |
| magnésio *                            | independente  | $(cmol_c\ dm^{-3})$ | Mg          |
| CTC efetiva                           | independente  | $(cmol_c\ dm^{-3})$ | CTC efe     |
| saturação de bases                    | independente  | %                   | SB          |
| saturação alumínio                    | independente  | %                   | Sal         |
| Zinco                                 | independente  | $(mg\ dm^{-3})$     | Zn          |
| cobre                                 | independente  | $(mg\ dm^{-3})$     | Cu          |
| Enxofre                               | independente  | $(mg\ dm^{-3})$     | enxofre     |
| boro *                                | independente  | $(mg\ dm^{-3})$     | B           |

\* variáveis definidas para regressões múltiplas



## 5 CONCLUSÕES

A partir do estudo pode-se concluir que:

- ✓ Em geral os Argissolos Vermelhos, dentre os solos estudados, reúnem as melhores condições para o desenvolvimento pleno dos plantios de *Eucalyptus* sp. na região de São Gabriel.
- ✓ Solos rasos, constituídos de frações grosseiras apresentam menor capacidade de armazenamento de água devido a maior macroporosidade oriunda dos canais e fissuras deste solos. Assim, solos com problemas de restrição hídrica, restringem o desenvolvimento das espécies avaliadas, mesmo com níveis nutricionais no solo mais elevados; resultam em baixa produtividade do sítio.
- ✓ Os atributos do solo influenciam na produtividade dos plantios de *Eucalyptus* sp. Os elementos morfológicos, texturais e estruturais permitem inferências sobre o comportamento do solo. O desenvolvimento dos horizontes pedogenéticos A+B é um condicionante geral dos solos para determinar a sua capacidade produtiva nos diferentes materiais de origem geológica do presente estudo. No entanto, a produtividade dos sítios em estudo não depende de um atributo isolado e nem de todos os atributos do solo, mas da interação entre eles.
- ✓ O *Eucalyptus saligna* se desenvolveu melhor em solos mais profundos (PVe e PVd) que apresentam melhor drenagem, com boa capacidade de água disponível em locais com menor exposição a formação de geadas. É importante ressaltar que as populações clonais de *E. saligna* (clone 32864) apresentam maior uniformidade entre seus indivíduos estabelecidos num mesmo sítio, apresentando maiores volumes ao final da rotação, comparativamente a populações de origem seminal de *E. dunnii*.
- ✓ O *Eucalyptus dunnii* se desenvolveu melhor em solos mais profundos (PBACd, PVd, PAd e TCo) bem drenados, com boa capacidade de água disponível e com boas reservas de nutrientes. Em solos mais rasos (RRd), com características físicas menos favoráveis, o *E. dunnii* produz melhor naqueles que apresentam melhores condições químicas.
- ✓ As equações que melhor relacionaram a altura dominante ( $h_{100}$ ) com os atributos do solo foram as das camadas de 10 a 20 e 60 a 80 cm, quando considerados os dois materiais genéticos, de 10 a 20 e 20 a 40 cm para *E. dunnii*, 40 a 60 e 60 a 80 cm para

o clone de *E. saligna*, evidenciando relações distintas entre os materiais genéticos e o solo nos perfis analisados.

- ✓ A profundidade dos horizontes A+B, teor de matéria orgânica, teor de boro, teor de potássio, teor de cálcio e silte foram os atributos que mais contribuíram nos modelos para explicar a capacidade produtiva nos perfis analisados através da altura dominante.
- ✓ A efetiva utilização dos modelos que foram desenvolvidos a nível local necessita de ampliação, quanto a parcelas e sítios, de modo a aumentar a amplitude de variação das variáveis dependentes e independentes, buscando estabelecer a relação causa efeito entre a altura dominante e os atributos do solo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRÃO, S. F. **Alterações físicas e químicas de um cambissolo húmico em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes rotações.** 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico-ABRAF: Ano base 2011.** Brasília, 2012.

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.

AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do solo: conceitos e aplicações.** Fortaleza, Imprensa Universitária, 2008. 290p.

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. **Solos e Ambiente: uma introdução.** 2ª Edição. Santa Maria. Ed. Pallotti, 2006.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalypto. In: GOLÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestal, 2000. p. 269-286.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. de. **Relação solo-eucalypto.** Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. 330p.

BOGNOLA, I. A.; DEDECEK, R. A.; LAVORANTI, O. J.; HIGA, A. R. Influência de propriedades físico-hídricas do solo no crescimento de *Pinus taeda*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 61, p. 37-49, jan./abr. 2010.

BOLAND, D. J. et al. **Forest trees of Australia.** Melbourne: Nelson: CSIRO, 1984. 687 p.  
BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos.** 3ª - Tradução técnica. Edição Porto Alegre: Boolman, 2013. 686p.

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.

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**. 88 f. Dissertação ( Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1979.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 29, p. 53-68, 2008.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Revista Ciência Rural**, v. 25, p. 183-188, 1995.

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

CAMARGOS, S. L. **Interpretação de análise de solo**. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2005. 20p.

CAVICHIOLO, S. R.; DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Avaliação do efeito do sistemas de preparo em solos de diferentes texturas, na sua resistência mecânica e na produtividade da rebrota de *Eucalyptus saligna*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 47, p. 83-98, 2003.

CESAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila da fazenda Berreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53, n. 4, p. 678-681, 1991.

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**. 10ª. ed. Passo Fundo: SBCS-Nucleo Regional Sul, 2004.

CURI, N.; KAMPF, N. Caracterização do solo. In: KER, J. C. et al.; **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 147-170.

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.



DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**, V. 11, p.199-238, 1988.

DOURADO-NETO, D. et al. **Soil water retention curve**. version 3. Piracicaba, 2001.

DRESCHER, M. et al. **Avaliação da fertilidade dos solos do Estado do Rio Grande do Sul e necessidade de adubos e corretivos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 35p.

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

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

FAO. **El eucalipto en la repoblacion forestal**. Roma, 1981. 723 p.

FEPAGRO - Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul. **Atlas climático: Rio Grande do Sul**. Fepagro: Porto Alegre; 2012.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luis Henrique Roessler - FEPAM 2012. Zoneamento Ambiental para a Atividade de Silvicultura no RS. Disponível em [http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca /zoneam\\_silvic.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca /zoneam_silvic.asp). Acesso em 25.06.2012

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: JONG VAN LIER, Q., ed. **Física do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p.1-28.

FERREIRA, C. A. et al. **Nutrição de Pinus no Sul do Brasil** – Diagnóstico e Prioridades de Pesquisa. EMBRAPA: Documentos, n. 60. Colombo, 23 p. nov. 2001.

FIETZ, C. R. et al. 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.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C. A. Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc129.pdf>. Acesso em 25/12/2012.

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

FONSECA, S. et al. Alterações em um latossolo sob eucalipto, mata natural e pastagem: propriedades físicas e químicas. **Revista árvore**, v. 17, n. 3, p. 271-288, 1993.

FORSYTHE, W. M. Las propiedades físicas, los factores físicos de crecimiento y la productividad del suelo. **Fitotec. Latinoamericana**, v. 4, p. 165-176, 1967.

FORTES, A. B. **Geografia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Globo, 1959. 393p.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 193- 207, 2002.

GENT, J. A., Jr. et al. Impact of site preparation on physical properties of Piedmont Forest. In: GOLLEY, F. B. **Tropical rain forest ecosystems: structure and function**. Amsterdam: Elsevier, 1983.392p.

GONÇALVES, J. L. M.; DEMATTÊ, J. L. I.; COUTO, H. T. Z. Relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* E *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e media no estado de São Paulo. **Scientia Forestalis** (IPEF), Piracicaba, n. 43 - 44, p. 24-39, jan./dez.1990.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Mapeamento de solos e da produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*, com uso de sistema de informação geográfica. **Scientia Forestalis** (IPEF), v. 40, p. 187, 2012.

GRANT, J. C. et al. Site index prediction of *Eucalyptus dunnii* Maiden plantations with soil and site parameters in sub-tropical eastern Australia. **Australian Forestry**, 73(4), 234-245, 2010.

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

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. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, 2006.

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

JONG VAN LIER, Q. (Org.) . **Física do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. v. 1. 298 p.

JUNIOR, L. S.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de *Eucalyptus dunnii* via miniestaquia de material juvenil. **Boletim de Pesquisa de Florestais** , Colombo, n. 46, p. 21-30. Jan/jun.2003.

KAISER, D. R. **Estrutura e água em Argissolo sob Distintos preparos na cultura do milho**. 150 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

KÄMPF, N. ; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P., eds. **Pedologia; Fundamentos**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 208-248.

KÄMPF, N.; STRECK, E. V. Principais classes de solo no Rio Grande do Sul. In: VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. (Org.). **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2010. 250p.:il.

KOLM, L.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. **Revista Scientia Forestalis**. n. 63, p. 79-93, jun. 2003.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2012. 2ª ed: 240p.

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.

LEMOS, R. C. et al. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife. **Boletim Técnico**, 30. Ministério da Agricultura, Departamento de Pesquisas Agropecuárias, Divisão de Pesquisas Pedológicas, 1973. 431 p.

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.

LIMA, W.P. 1996. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2ª ed. São Paulo: EDUSP. 301p

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 1-64.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MELLO, F. A. F. et al. **Fertilidade do solo**. 3 ed. São Paulo, Nobel, 1983. 400p.

MENEZES, A. A. **Produtividade do eucalipto e sua relação com a qualidade e a classe de solo**. 2005. 98f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2005.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. Cap. 2, p. 65-90.

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

MIYAZAWA, M. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. da. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 171-224.

MIRANDA, C. C. **Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de Mata Atlântica e em plantios abandonados de eucalipto, Reserva Biológica União-RJ**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2005.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.

MORAES, C. B. et al. Biorreguladores e bioestimulantes em polinização controlada: utilização prática. In: **Série Técnica IPEF**, v. 16, n. 37, agosto de 2012.

MORAES, E. J. O uso de boro em plantios de eucalipto na região norte e nordeste de Minas Gerais. **Anais**. In: II Simpósio sobre o uso do boro em florestas de eucalipto. ESALQ/USP, 1999.

MORALES, C. A. S. et al. Qualidade do solo e produtividade de *Pinus taeda* no planalto catarinense. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 629-640, out./dez. 2010.

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: Editora Folha de Viçosa, 1900, p. 25- 98.

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

ORTIZ, J. L. et al. Relações espaciais entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. **Revista Scientia Forestalis**, n. 72, p. 67-79, dezembro 2006.

PEDRON, F. A. et al. Condutividade e retenção de água em Neossolos e Saprólitos derivados de arenito. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 35, p. 1253-1262, 2011.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. Características da madeira de algumas de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. EMBRAPA-CNPQ - **Documentos**, nº 38. Colombo, 2000. 113p.

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

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações de Eucalyptus e Pinus: implicações silviculturais**. Piracicaba. 229p. Tese. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, 1985.

POGGIANI, F. MONTEIRO JUNIOR, E. Deposição de folheto e retorno de nutrientes ao solo numa floresta estacional semidecídua em Piracicaba- SP. **Anais** do 6º Congresso Florestal Brasileiro, 1990, Campos do Jordão. Silvicultura, São Paulo, n.42. 1990.

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

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.

RAMGRAB, G. E. et al. Folha SH.22 – Porto Alegre. In: SCHOBENHAUS, C. et al. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo, sistema de informações geográficas, programa geologia do Brasil**. Brasília: CPRM, 2004. CD-ROM.

REICHARDT, R.; TIMM, L. C. **Solo Planta Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri, São Paulo. Manole, 2004.

REICHERT, J. M. et al. Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. VII, p. 1-54, 2011.

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.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. (Orgs.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 5, p. 49-134.

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.

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

RIBEIRO, M. A. V.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Response of eucalypt to phosphorus rate applied to soils with different densities. In: **INFRO**. management of water and nutrient relations to increase forest growth – Seminar. Poster 22, Canberra, 1987. Program and abstracts. Canberra, IUFRO Division, 1987.

SAMPIETRO, J. A. **Propriedades mecânicas e trafegabilidade de solos em plantios florestais**. 2013. 233 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013 .

SAUER, T. J.; LOGSDON, S. D. Hydraulic and physical properties of stony soils in a small watershed. **Soil Science Society of American Journal**, v. 66, p. 1947-1956, 2002

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JR.; SOUZA, C. R. Efeito da camada de resíduos florestais na compactação do solo causada pelo transporte primário de madeira. **Scientia florestalis**, Piracicaba, v. 54, n. 1, p. 9-16, jan. 1998.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 275-374.

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

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; DIAS JÚNIOR, M. S.; IMHOFF, S.; KLEIN, V.A. Indicadores de qualidade física do solo. In: QUIRINJ DE JONG VAN LIER. (Org.). **Física do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010, v. 1, p. 241-281.

SILVEIRA, R. I. **Acúmulo de biomassa, absorção, exportação e eficiência de utilização de nutrientes**. Curso de nutrição de Eucalipto: Ênfase no campo, 2008.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L. Nutrição e adubação fosfatada em eucalipto. In: Yamada, T.; Stipp e Abdalla, S. R. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 495-530.

SUZUKI, L. E. A.S. **Qualidade físico-hídrica de um Argissolo sob floresta e pastagem no sul do Brasil**. 136p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

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

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. 2ª. ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566 p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão – Aplicada à Engenharia Florestal**. 2. ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2009. 294 p.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 29-37, 2004.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2<sup>a</sup>.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.

STÜRMER, S. L. K. **Infiltração de água em neossolos regolíticos do rebordo do planalto do rio grande do sul**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2008.

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. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; 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.

VALE, R. S. **Agrossilvicultura com eucalipto como alternativa para o desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Minas Gerais**. 2004. 101 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

VAN, GENUCHTEN, M. Th. A closed form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, 44: 892-898, 1980.

VIERA, M. **Dinâmica nutricional em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus***. 120 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

WANG, D.; YATES, S. R. & ERNST, F. F. Determining soil hydraulic properties using tension infiltrometers, time domain reflectometry, and tensiometers. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62:318-325, 1998.

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.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. **Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região Norte Fluminense**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. vol.28, n. 5, p. 843-852. 2004.



## **ANEXOS**



**ANEXO A1** – Argissolo Bruno-Acinzentado Distrófico abrupto (PBACd), perfil 1.

**A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 14/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Bruno-Acinzentado Distrófico abrupto (PBACd)

LOCALIZAÇÃO – Panorama. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30<sup>0</sup> 29' 48.8'' S / 54<sup>0</sup> 08' 06.6'' W.

ALTITUDE – 320 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – ondulado RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregosa e não rochosa

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

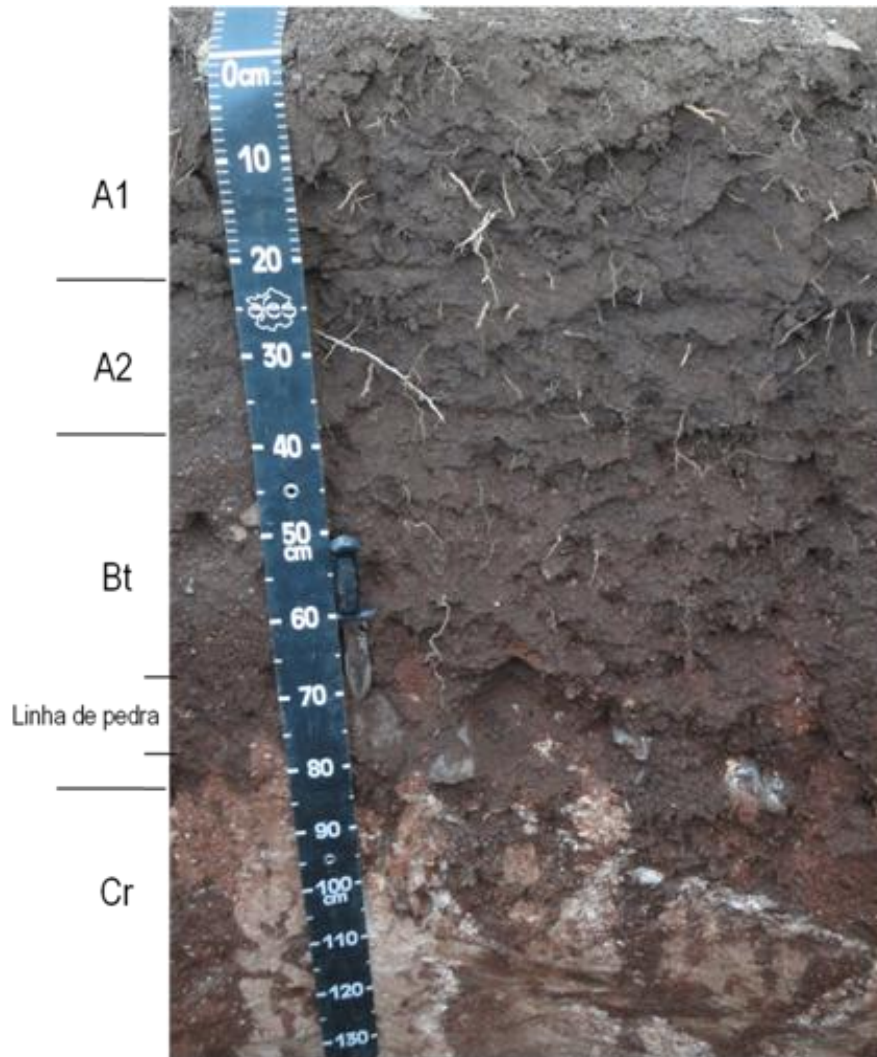
DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A1 0-22 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/2, úmido); franco argilo arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares e granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- A2 22-38 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/2, úmido); franco argilo arenosa com cascalho; fraca pequena a grande blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- Bt 38-70/100 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4, úmido); franco argilosa cascalhenta; moderada pequena e média blocos subangulares e angulares; cerosidade moderada e comum; muito duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição clara e irregular.
- Cr 70/100-180<sup>+</sup> cm.

Observações: Raízes muitas no A1 e A2, poucas no Bt.

Presença de linha de pedra na base do horizonte Bt.



**ANEXO A1** – Foto representativa do Argissolo Bruno-Acinzentado Distrófico abrupto (PBACd) descrito no perfil 1.

Foto: Alberto Vasconcelos Inda

**Anexo A1.** Análises químicas e físicas do Argissolo Bruno-Acinzentado Distrófico abruptico (PBACd) - Perfil P1.

| Horizonte |           | Frações da amostra total, % |                 |                         | Composição granulométrica, % |                       |                    |                | Argila natural<br>% | Grau de flocculação<br>%         | Relação silte/argila | Carbono orgânico<br>%   | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|-----------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof. cm  | Calhau >20mm                | Cascalho 20-2mm | Terra fina <2mm         | Areia grossa 2-0,2mm         | Areia fina 0,2-0,05mm | Silte 0,05-0,002mm | Argila <0,002  |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A1        | 00-22     | 0                           | 1               | 99                      | 27                           | 14                    | 25                 | 34             | 11                  | 68                               | 0,74                 | 1,80                    | 0,12                    | 15          |                    |
| A2        | 22-38     | 0                           | 15              | 85                      | 37                           | 10                    | 21                 | 32             | 13                  | 59                               | 0,66                 | 1,20                    | 0,09                    | 13          |                    |
| Bt        | 38-70/100 | 0                           | 27              | 73                      | 30                           | 6                     | 11                 | 53             | 25                  | 53                               | 0,21                 | 1,00                    | 0,09                    | 11          |                    |
| Horizonte |           | pH                          |                 | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2</sup>              | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                    | S                       | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof. cm  | H <sub>2</sub> O            | KCl             | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                       |                    |                |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>   | meq 100 g <sup>-1</sup> | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           | A1        | 00-22                       | 4,1             | 3,7                     | 1,2                          | 0,8                   | 0,5                | 0,02           | 0,26                | 4,9                              | 6,1                  | 2,7                     | 1,6                     | 7,7         | 21                 |
| A2        | 22-38     | 4,3                         | 3,9             | 0,9                     | 1,2                          | 0,4                   | 0,02               | 0,07           | 3,5                 | 4,4                              | 1,7                  | 1,7                     | 6,1                     | 28          | 35                 |
| Bt        | 38-70/100 | 4,5                         | 3,8             | 1,3                     | 2,1                          | 0,7                   | 0,02               | 0,10           | 4,1                 | 5,4                              | 1,4                  | 2,9                     | 8,3                     | 35          | 31                 |

## **ANEXO A2 – Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVd), perfil 2.**

### **A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 14/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVd)

LOCALIZAÇÃO – Panorama. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30<sup>0</sup> 29' 52.8'' S / 54<sup>0</sup> 08' 28.9'' W.

ALTITUDE – 328 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – ondulado RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregosa e não rochosa

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

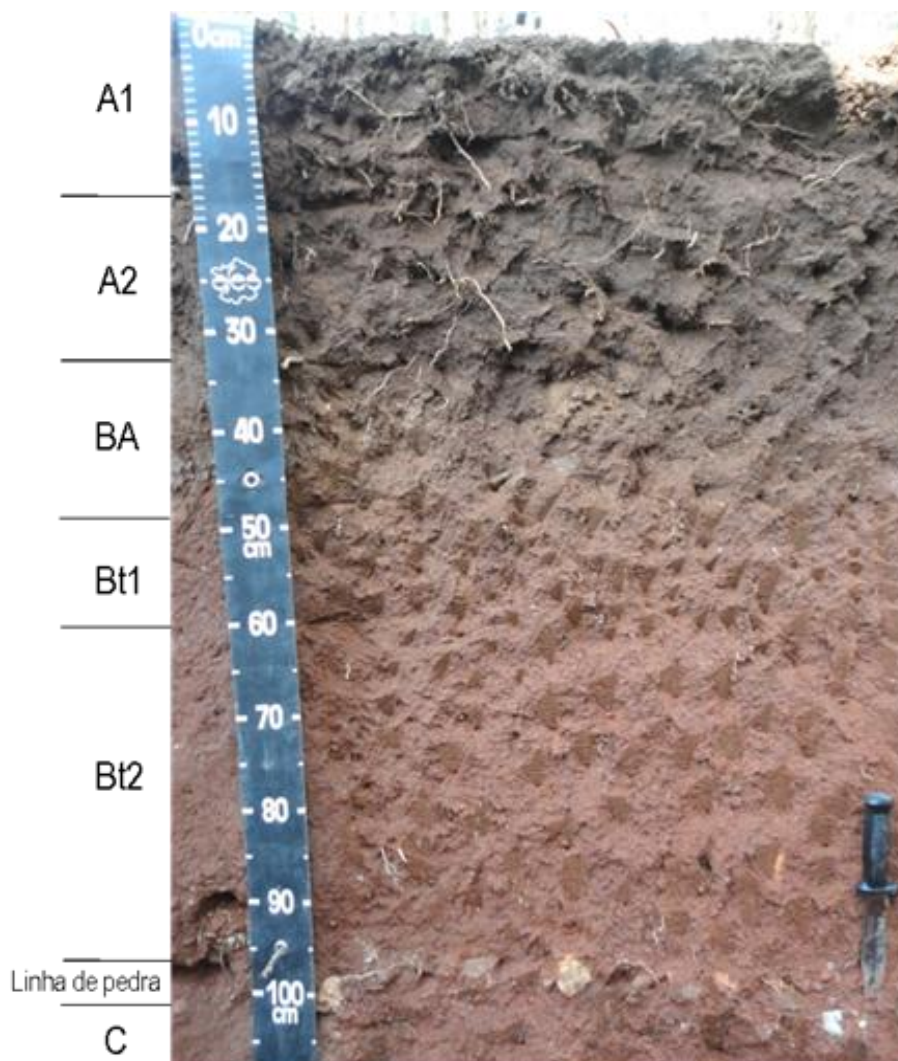
DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

### **B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A1 0-17 cm, bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/3, úmido); franco argilo arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares e granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- A2 17-33 cm, bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/2, úmido); franco argilo arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BA 33-48 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/3, úmido); argilo arenosa; moderada pequena a grande blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Bt1 48-60 cm, bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; moderada média e grande blocos subangulares e angulares; cerosidade moderada e comum; duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- Bt2 60-100 cm, bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; moderada média e grande blocos subangulares e angulares; cerosidade fraca e comum; duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- C 100-160<sup>+</sup> cm, vermelho (2,5 YR 4/6).

Observações: Raízes muitas no A1 e A2, poucas no BA e Bt1 e raras no Bt2.

Presença de linha de pedra na base do horizonte Bt2.



**ANEXO A2** - Foto representativa do Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVd) descrito no perfil 2.

Foto: Alberto Vasconcellos Inda

## ANEXO A2 – Análises químicas e físicas do Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVd) - Perfil P2.

| Horizonte |             | Frações da amostra total, % |                    |                         | Composição granulométrica, % |                              |                           |                  | Argila natural<br>% | Grau de<br>floculação<br>%       | Relação<br>silte/argila | Carbono<br>orgânico<br>% | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|-------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof.<br>cm | Calhau<br>>20mm             | Cascalho<br>20-2mm | Terra fina<br><2mm      | Areia<br>grossa<br>2-0,2mm   | Areia fina<br>0,2-<br>0,05mm | Silte<br>0,05-<br>0,002mm | Argila<br><0,002 |                     |                                  |                         |                          |                         |             |                    |
| A1        | 00-17       | 0                           | 2                  | 98                      | 45                           | 18                           | 13                        | 24               | 5                   | 79                               | 0,54                    | 1,30                     | 0,10                    | 13          |                    |
| A2        | 17-33       | 0                           | 3                  | 97                      | 38                           | 16                           | 16                        | 30               | 9                   | 70                               | 0,53                    | 0,83                     | 0,07                    | 12          |                    |
| BA        | 33-48       | 0                           | 0                  | 100                     | 35                           | 11                           | 9                         | 45               | 17                  | 62                               | 0,20                    | 0,95                     | 0,08                    | 12          |                    |
| Bt1       | 48-60       | 0                           | 4                  | 96                      | 27                           | 6                            | 7                         | 60               | 23                  | 62                               | 0,12                    | 0,97                     | 0,08                    | 12          |                    |
| Bt2       | 60-100      | 0                           | 6                  | 94                      | 27                           | 6                            | 7                         | 60               | 3                   | 95                               | 0,12                    | 0,66                     | 0,06                    | 11          |                    |
| C         | 100-160+    | 0                           | 12                 | 88                      | 24                           | 7                            | 16                        | 53               | 1                   | 98                               | 0,30                    | 0,16                     | 0,02                    | 8           |                    |
| Horizonte |             | pH                          |                    | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>             | Na <sup>+</sup>           | K <sup>+</sup>   | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                       | S                        | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof.<br>cm | H <sub>2</sub> O            | KCl                | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                              |                           |                  |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>      | meq 100 g <sup>-1</sup>  | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           |             |                             |                    |                         |                              |                              |                           |                  |                     |                                  |                         |                          |                         |             |                    |
| A1        | 00-17       | 4,7                         | 4,1                | 0,7                     | 1,1                          | 0,6                          | 0,02                      | 0,32             | 3,4                 | 4,1                              | 2,0                     | 2,0                      | 6,1                     | 33          | 26                 |
| A2        | 17-33       | 4,2                         | 3,8                | 1,8                     | 0,1                          | 0,1                          | 0,02                      | 0,14             | 3,4                 | 5,2                              | 1,3                     | 0,4                      | 5,6                     | 7           | 82                 |
| BA        | 33-48       | 4,0                         | 3,8                | 2,8                     | 0,2                          | 0,1                          | 0,01                      | 0,22             | 3,8                 | 6,6                              | 1,4                     | 0,5                      | 7,1                     | 7           | 85                 |
| Bt1       | 48-60       | 4,3                         | 3,8                | 3,5                     | 0,6                          | 0,1                          | 0,02                      | 0,18             | 4,0                 | 7,5                              | 1,2                     | 0,9                      | 8,4                     | 11          | 80                 |
| Bt2       | 60-100      | 4,6                         | 3,9                | 2,2                     | 1,0                          | 0,3                          | 0,02                      | 0,09             | 3,4                 | 5,6                              | 1,1                     | 1,4                      | 7,0                     | 20          | 61                 |
| C         | 100-160+    | 4,7                         | 3,8                | 2,0                     | 0,9                          | 0,3                          | 0,01                      | 0,08             | 2,0                 | 4,0                              | 1,1                     | 1,3                      | 5,3                     | 25          | 61                 |



## **ANEXO A3 – Cambissolo Háptico Distroférico/Tb Distrófico típico (CXbd), perfil 3.**

### **A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 14/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háptico Distroférico/Tb Distrófico típico (CXbd)

LOCALIZAÇÃO – Panorama. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30<sup>o</sup> 30' 38.4'' S / 54<sup>o</sup> 09' 06.8'' W.

ALTITUDE – 309 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – ondulado                      RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – ligeiramente pedregosa e ligeiramente rochosa

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

### **B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A     0-22 cm, bruno escuro (7,5 YR 3/2, úmido); franco argilo arenosa; fraca média e grande blocos subangulares e granular; macia, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

AB    22-55 cm, cinzento muito escuro (7,5 YR 3/1, úmido); franco argilo arenosa cascalhenta; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

Bi    55-95 cm, bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido); argilo arenosa com cascalho; moderada média blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Cr    95-200<sup>+</sup> cm, amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6).

Observações: Raízes muitas no A, comuns no AB e raras no Bi.

Presença de 15 a 20 % de fragmentos de rocha em volume no horizonte Bi.



**ANEXO A3.** Foto representativa do Cambissolo Háplico Distroférico/Tb Distrófico típico (CXbd) descrito no perfil 3.

Foto: Alberto Vasconcelos Inda

**ANEXO A3.** Análises químicas e físicas do Cambissolo Háplico Distroférico/Tb Distrófico típico (CXbd) - Perfil P3.

| Horizonte |             | Frações da amostra total, % |                    |                         | Composição granulométrica, % |                              |                           |                  | Argila natural<br>% | Grau de<br>floculação<br>%       | Relação<br>silte/argila | Carbono<br>orgânico<br>% | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                        |
|-----------|-------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|------------------------|
| Símbolo   | Prof.<br>cm | Calhau<br>>20mm             | Cascalho<br>20-2mm | Terra fina<br><2mm      | Areia<br>grossa<br>2-0,2mm   | Areia fina<br>0,2-<br>0,05mm | Silte<br>0,05-<br>0,002mm | Argila<br><0,002 |                     |                                  |                         |                          |                         |             |                        |
| A1        | 00-22       | 0                           | 3                  | 97                      | 43                           | 21                           | 12                        | 24               | 7                   | 71                               | 0.50                    | 0.95                     | 0.08                    | 12          |                        |
| AB        | 22-55       | 0                           | 20                 | 80                      | 45                           | 12                           | 13                        | 30               | 15                  | 50                               | 0.43                    | 0.88                     | 0.06                    | 15          |                        |
| Bi        | 55-95       | 0                           | 11                 | 89                      | 29                           | 13                           | 22                        | 36               | 21                  | 42                               | 0.61                    | 0.22                     | 0.02                    | 11          |                        |
| Horizonte |             | pH                          |                    | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>             | Na <sup>+</sup>           | K <sup>+</sup>   | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                       | S                        | T                       | V           | S-<br>Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof.       |                             |                    | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                              |                           |                  |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>      | meq 100 g <sup>-1</sup>  | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                      |
|           | cm          | H <sub>2</sub> O            | KCl                |                         |                              |                              |                           |                  |                     |                                  |                         |                          |                         |             |                        |
| A1        | 00-22       | 4.0                         | 3.8                | 0.8                     | 0.2                          | 0.2                          | 0.01                      | 0.09             | 3.1                 | 3.9                              | 2.1                     | 0.5                      | 4.4                     | 11          | 62                     |
| AB        | 22-55       | 4.2                         | 3.8                | 1.2                     | 0.2                          | 0.2                          | 0.01                      | 0.09             | 3.1                 | 4.3                              | 2.1                     | 0.5                      | 4.8                     | 10          | 71                     |
| Bi        | 55-95       | 4.4                         | 3.9                | 3.5                     | 0.3                          | 0.2                          | 0.01                      | 0.06             | 1.3                 | 4.8                              | 0.9                     | 0.6                      | 5.4                     | 11          | 85                     |

## **ANEXO A4 – Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), perfil 4.**

### **A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 14/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), fase arenosa.

LOCALIZAÇÃO – Panorama. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30<sup>0</sup> 31' 05.9'' S / 54<sup>0</sup> 08' 38.4'' W.

ALTITUDE – 242 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – ondulado                      RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – ligeiramente pedregosa e não rochosa

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

### **B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

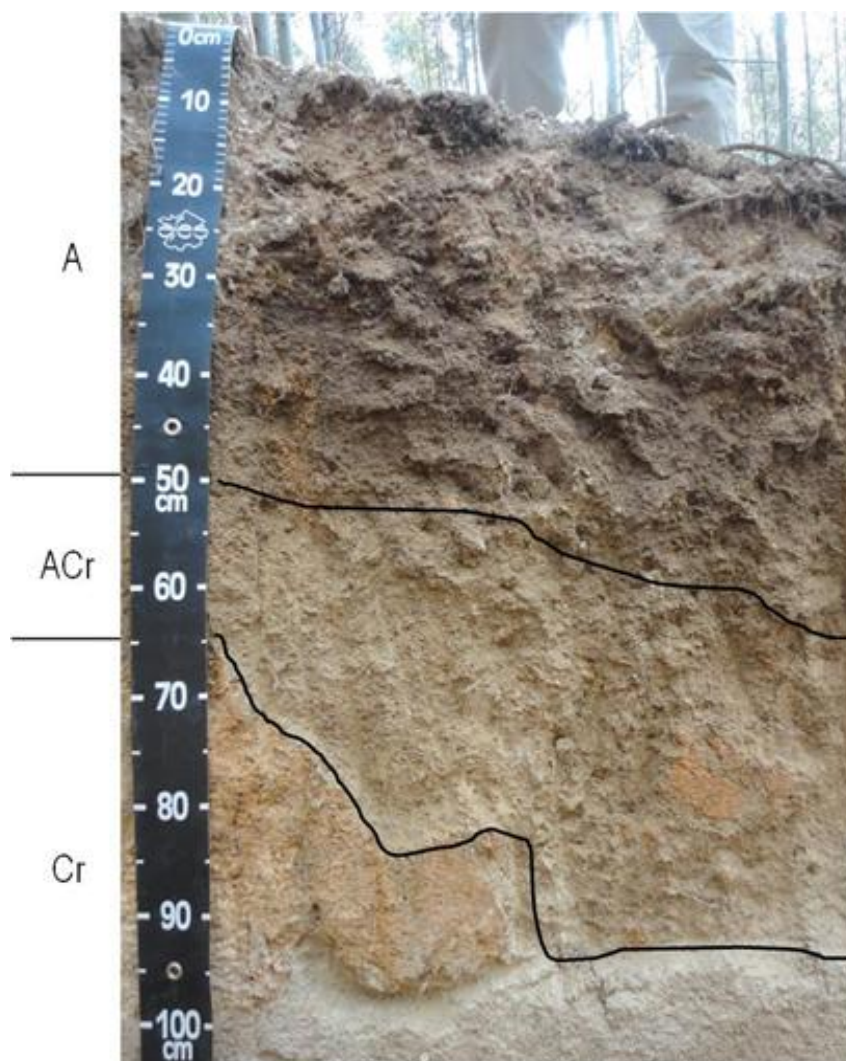
A     0-50/65 cm, bruno (10 YR 4/3, úmido); franco arenosa com cascalho; fraca pequena a média blocos subangulares e granular; macia, friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e ondulada.

ACr   50/65-65/95 cm, bruno amarelado claro (10 YR 6/4, úmido); franco arenosa; maciça quebrando em moderada pequena e média blocos angulares; friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e irregular.

Cr     65/95-110+, cinzento claro (2,5 Y 7/1, úmido).

Observações: Raízes comuns no A, poucas no ACr e raras no Cr.

Presença de 5 % e 40 % de fragmentos de rocha em volume, respectivamente, nos horizontes ACr e Cr.



**ANEXO A4.** Foto representativa do Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd) descrito no perfil 4.

Foto: Alberto Vasconcellos Inda

**ANEXO A4.** Análises químicas e físicas do Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd) - Perfil P4.

| Horizonte |             | Frações da amostra total, % |                 |                  | Composição granulométrica, % |                       |                    |                | Argila natural<br>% | Grau de flocculação<br>%         | Relação silte/argila | Carbono orgânico<br>%   | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|-------------|-----------------------------|-----------------|------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof. cm    | Calhau >20mm                | Cascalho 20-2mm | Terra fina <2mm  | Areia grossa 2-0,2mm         | Areia fina 0,2-0,05mm | Silte 0,05-0,002mm | Argila <0,002  |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A         | 00-50/65    | 0                           | 27              | 73               | 57                           | 11                    | 14                 | 18             | 5                   | 72                               | 0.78                 | 0.45                    | 0.04                    | 11          |                    |
| ACr       | 50/65-65/95 | 0                           | 0               | 100              | 52                           | 13                    | 21                 | 14             | 1                   | 93                               | 1.50                 | 0.18                    | 0.02                    | 9           |                    |
| Horizonte |             | pH                          |                 | Al <sup>3+</sup> | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                    | S                       | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof.       |                             |                 | Al <sup>3+</sup> | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | mg g <sup>-1</sup>   | meq 100 g <sup>-1</sup> | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           | cm          | H <sub>2</sub> O            | KCl             |                  |                              |                       |                    |                |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A         | 00-50/65    | 5.0                         | 4.0             | 1.0              | 0.7                          | 0.3                   | 0.02               | 0.07           | 1.4                 | 2.4                              | 1.2                  | 1.1                     | 3.5                     | 31          | 48                 |
| ACr       | 50/65-100   | 5.2                         | 4.1             | 0.9              | 0.9                          | 0.5                   | 0.02               | 0.06           | 0.5                 | 1.4                              | 0.8                  | 1.5                     | 2.9                     | 52          | 38                 |

**ANEXO A5 – Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), perfil 5.****A) DESCRIÇÃO GERAL**

PERFIL P5 – RRd

DATA – 14/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd).

LOCALIZAÇÃO – Panorama. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30<sup>0</sup> 31' 25.2'' S / 54<sup>0</sup> 09' 19.3'' W.

ALTITUDE – 303 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – ondulado

RELEVO REGIONAL – ondulado a forte

ondulado

DRENAGEM – moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregosa e não rochosa

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

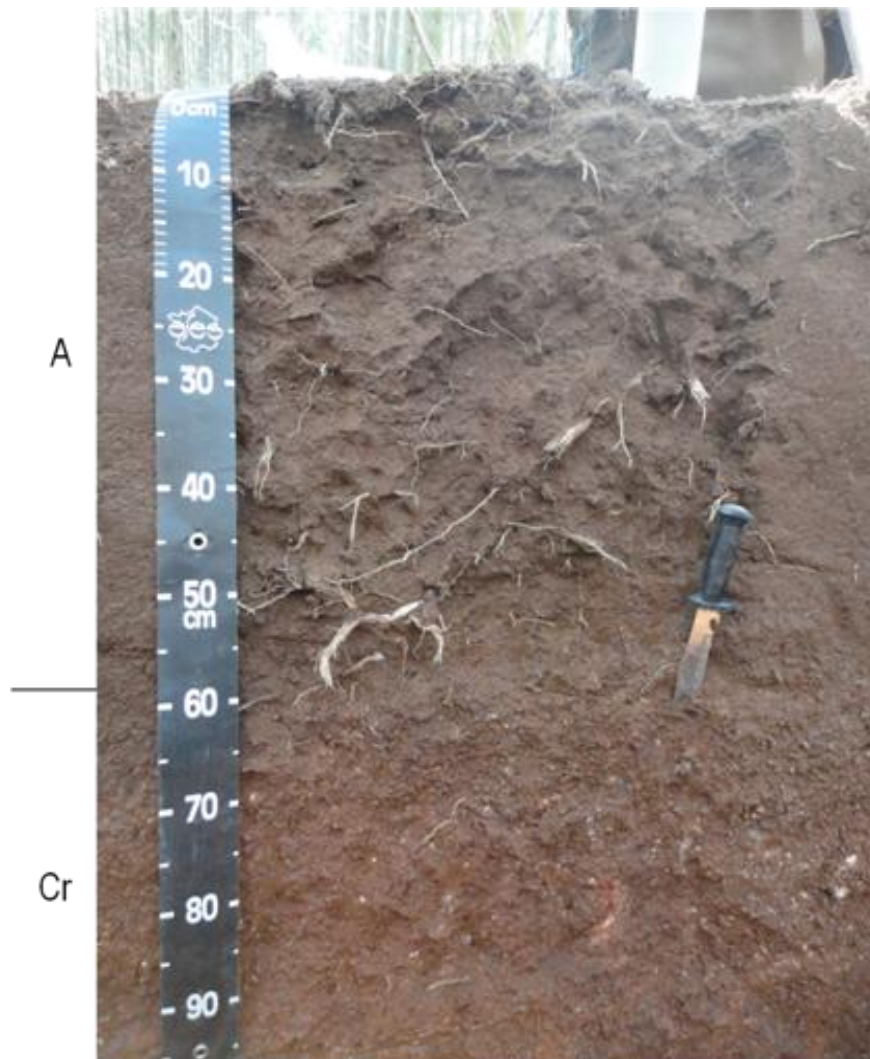
DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A 0-55 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/2, úmido); franco arenosa; fraca pequena a grande blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e ondulada.

Cr 55-160<sup>+</sup> cm, bruno avermelhado (2,5 YR 4/4, úmido).

Observações: Raízes muitas no A e raras no Cr.



**ANEXO A5.** Foto representativa do Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd) descrito no perfil 5.

Foto: Alberto Vasconcelos Inda





**ANEXO A6** – Argissolo Bruno-Acinzentado Eutrófico típico (PBACe), perfil 6.**A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 13/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Bruno-Acinzentado Eutrófico típico (PBACe)

LOCALIZAÇÃO – Ponta das Canas. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30° 30' 28.3'' S / 54° 10' 54.5'' W.

ALTITUDE – 224 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – ondulado                      RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregosa e não rochosa

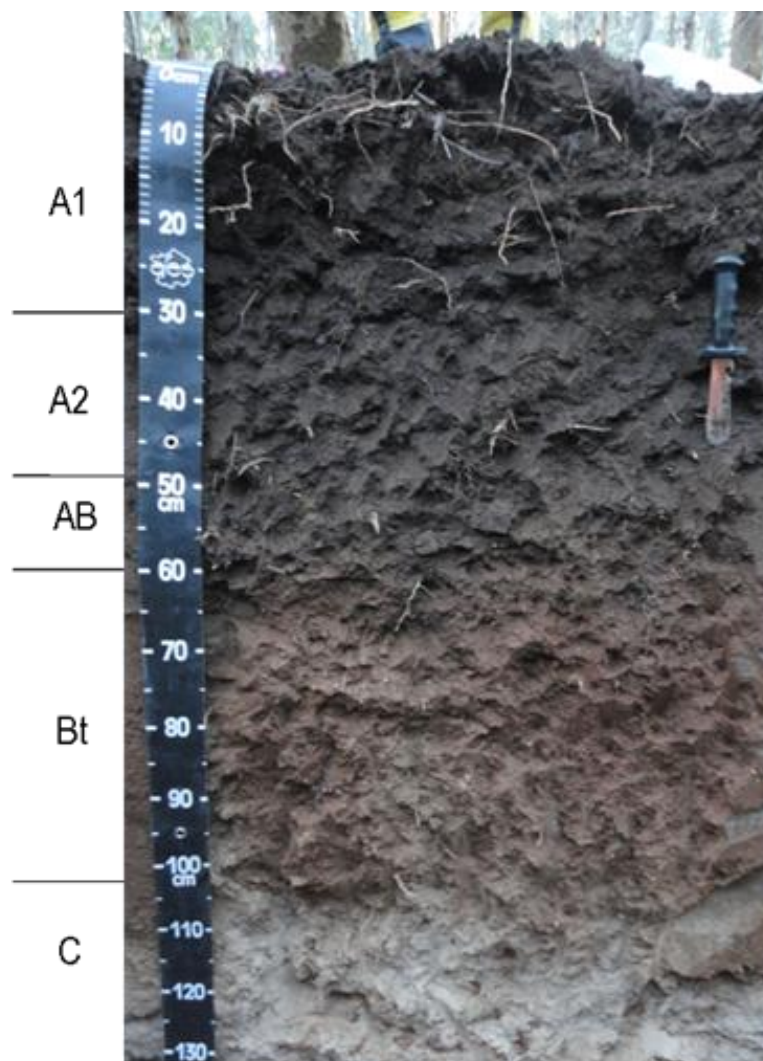
USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A1 0-31 cm, preto (7,5 YR 2,5/1, úmido); franco argilo arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares e granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição difusa e plana.
- A2 31-48 cm, cinzento muito escuro (7,5 YR 3/1, úmido); franco arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- AB 48-60 cm, bruno escuro (7,5 YR 3/3, úmido); franco arenosa; moderada pequena a grande blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- Bt 60-100 cm, bruno avermelhado (5 YR 4/3, úmido); argilo arenosa; moderada média e grande blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.
- C 100-140<sup>+</sup> cm, cinzento claro (2,5 Y 7/1, úmido).

Observações: Raízes muitas no A1 e A2, comuns no BA e Bt.



**ANEXO A6.** Foto representativa do Argissolo Bruno-Acinzentado Eutrófico típico (PBACe) descrito no perfil 6.

Foto: Alberto Vasconcellos Inda

**ANEXO A6.** Análises químicas e físicas do Argissolo Bruno-Acinzentado Eutrófico típico (PBACe) - Perfil P6.

| Horizonte |          | Frações da amostra total, % |                 |                         | Composição granulométrica, % |                       |                    |                | Argila natural<br>% | Grau de flocculação<br>%         | Relação silte/argila | Carbono orgânico<br>%   | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|----------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof. cm | Calhau >20mm                | Cascalho 20-2mm | Terra fina <2mm         | Areia grossa 2-0,2mm         | Areia fina 0,2-0,05mm | Silte 0,05-0,002mm | Argila <0,002  |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A1        | 00-31    | 0                           | 0               | 100                     | 47                           | 18                    | 17                 | 18             | 1                   | 94                               | 0,94                 | 0,98                    | 0,09                    | 11          |                    |
| A2        | 31-48    | 0                           | 0               | 100                     | 44                           | 16                    | 20                 | 20             | 3                   | 85                               | 1,00                 | 0,82                    | 0,09                    | 9           |                    |
| AB        | 48-60    | 0                           | 4               | 96                      | 42                           | 16                    | 20                 | 22             | 9                   | 59                               | 0,91                 | 0,63                    | 0,06                    | 11          |                    |
| Bt        | 60-100   | 0                           | 2               | 98                      | 35                           | 12                    | 16                 | 37             | 13                  | 54                               | 0,43                 | 0,43                    | 0,06                    | 7           |                    |
| Horizonte |          | pH                          |                 | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                    | S                       | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof. cm | H <sub>2</sub> O            | KCl             | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                       |                    |                |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>   | meq 100 g <sup>-1</sup> | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           | cm       |                             |                 |                         |                              |                       |                    |                |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A1        | 00-31    | 4,6                         | 3,9             | 0,4                     | 1,0                          | 0,4                   | 0,03               | 0,13           | 3,1                 | 3,5                              | 2,2                  | 1,6                     | 5,1                     | 31          | 20                 |
| A2        | 31-48    | 4,8                         | 3,9             | 0,5                     | 1,9                          | 0,4                   | 0,02               | 0,11           | 3,2                 | 3,7                              | 1,3                  | 2,4                     | 6,1                     | 39          | 17                 |
| AB        | 48-60    | 4,9                         | 4,0             | 0,4                     | 1,8                          | 0,4                   | 0,01               | 0,12           | 2,4                 | 2,8                              | 1,2                  | 2,3                     | 5,1                     | 45          | 15                 |
| Bt        | 60-100   | 5,1                         | 4,1             | 0,2                     | 2,1                          | 0,6                   | 0,02               | 0,10           | 2,0                 | 2,2                              | 8,5                  | 2,8                     | 5,0                     | 56          | 7                  |

**ANEXO A7 – Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd), perfil 7.****A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 13/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd)

LOCALIZAÇÃO – Ponta das Canas. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30° 30' 48.4'' S / 54° 09' 45.4'' W.

ALTITUDE – 276 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – ondulado RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – bem a moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregosa e não rochosa

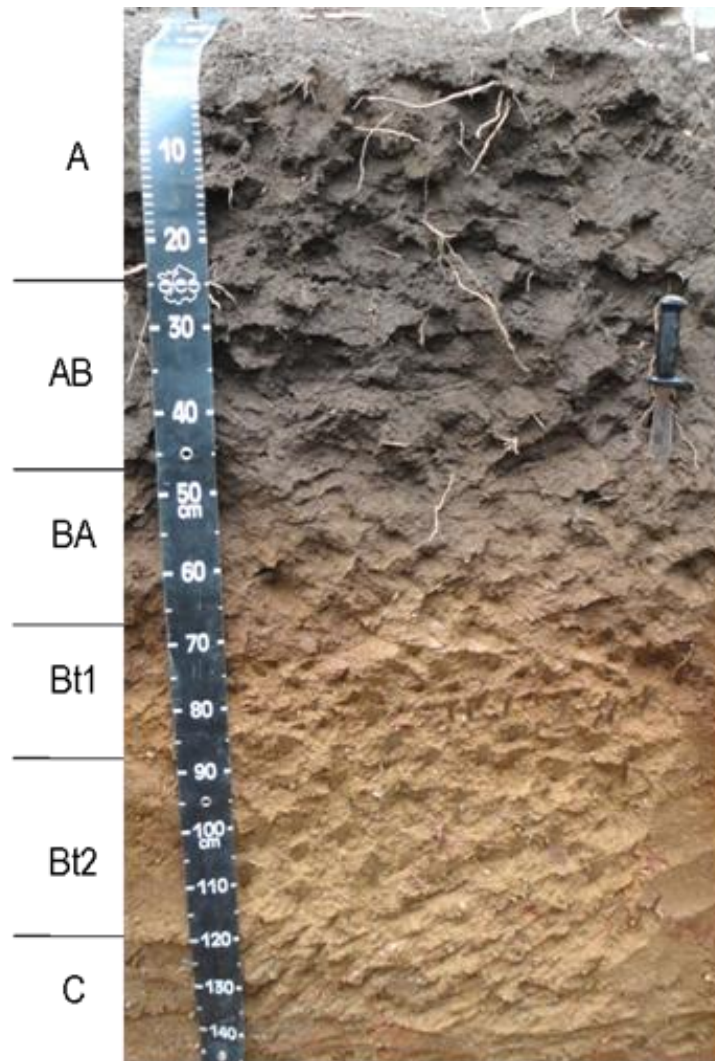
USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A 0-25 cm, bruno escuro (7,5 YR 3/2, úmido); franco argilo arenosa; fraca pequena e média granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- AB 25-46 cm, cinzento muito escuro (7,5 YR 3/1, úmido); franco argilo arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares e granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- BA 46-65 cm, bruno escuro (7,5 YR 3/4, úmido); franco argilo arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Bt1 65-90 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4, úmido); argila; moderada pequena e média blocos subangulares; cerosidade moderada e pouca; duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- Bt2 90-120 cm, bruno amarelado (10 YR 5/4, úmido) mosqueado comum grande e distinto bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4); argila; moderada pequena e média blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- C 120-180<sup>+</sup> cm, coloração variegada, composta de bruno amarelado (10 YR 5/4, úmido) e bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4).

Observações: Raízes muitas no A e AB, poucas no BA, raras no Bt1 e Bt2.



**ANEXO A7.** Foto representativa do Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd) descrito no perfil7.

Foto: Alberto Vasconcelos Inda

**ANEXO A7. Análises químicas e físicas do Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd) - Perfil P7.**

| Horizonte |             | Frações da amostra total, % |                    |                         | Composição granulométrica, % |                          |                       |                  | Argila natural<br>% | Grau de<br>floculação<br>%       | Relação<br>silte/argila | Carbono<br>orgânico<br>% | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|-------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof.<br>cm | Calhau<br>>20mm             | Cascalho<br>20-2mm | Terra fina<br><2mm      | Areia grossa<br>2-0,2mm      | Areia fina<br>0,2-0,05mm | Silte<br>0,05-0,002mm | Argila<br><0,002 |                     |                                  |                         |                          |                         |             |                    |
| A         | 00-25       | 0                           | 0                  | 100                     | 46                           | 14                       | 19                    | 21               | 7                   | 67                               | 0,90                    | 1,20                     | 0,09                    | 13          |                    |
| AB        | 25-46       | 0                           | 0                  | 100                     | 48                           | 13                       | 16                    | 23               | 1                   | 96                               | 0,70                    | 0,70                     | 0,06                    | 12          |                    |
| BA        | 46-65       | 0                           | 0                  | 100                     | 48                           | 10                       | 13                    | 29               | 9                   | 69                               | 0,45                    | 0,58                     | 0,06                    | 10          |                    |
| Bt1       | 65-90       | 0                           | 5                  | 95                      | 35                           | 7                        | 10                    | 48               | 3                   | 94                               | 0,21                    | 0,64                     | 0,08                    | 8           |                    |
| Bt2       | 90-120      | 0                           | 6                  | 94                      | 26                           | 7                        | 15                    | 52               | 1                   | 98                               | 0,29                    | 0,42                     | 0,08                    | 5           |                    |
| C         | 120-180     | 0                           | 19                 | 81                      | 35                           | 7                        | 10                    | 48               | 1                   | 98                               | 0,21                    | 0,19                     | 0,07                    | 3           |                    |
| Horizonte |             | pH                          |                    | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>         | Na <sup>+</sup>       | K <sup>+</sup>   | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                       | S                        | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof.       |                             |                    | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                          |                       |                  |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>      | meq 100 g <sup>-1</sup>  | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           | cm          | H <sub>2</sub> O            | KCl                |                         |                              |                          |                       |                  |                     |                                  |                         |                          |                         |             |                    |
| A         | 00-25       | 4,3                         | 3,8                | 0,8                     | 0,8                          | 0,5                      | 0,01                  | 0,15             | 3,1                 | 3,9                              | 4,7                     | 1,5                      | 5,4                     | 28          | 35                 |
| AB        | 25-46       | 4,4                         | 3,9                | 1,5                     | 0,6                          | 0,3                      | 0,01                  | 0,11             | 2,3                 | 3,8                              | 2,2                     | 1,0                      | 4,8                     | 21          | 60                 |
| BA        | 46-65       | 4,5                         | 3,9                | 1,4                     | 0,7                          | 0,3                      | 0,01                  | 0,12             | 1,6                 | 3,0                              | 1,5                     | 1,1                      | 4,1                     | 27          | 56                 |
| Bt1       | 65-90       | 4,6                         | 4,0                | 1,7                     | 1,2                          | 0,5                      | 0,02                  | 0,11             | 2,7                 | 4,4                              | 1,3                     | 1,8                      | 6,2                     | 29          | 49                 |
| Bt2       | 90-120      | 4,6                         | 4,1                | 2,0                     | 1,0                          | 0,7                      | 0,03                  | 0,09             | 1,6                 | 3,6                              | 1,4                     | 1,8                      | 5,4                     | 33          | 53                 |
| C         | 120-180     | 5,2                         | 4,1                | 1,4                     | 0,5                          | 0,9                      | 0,02                  | 0,08             | 1,6                 | 3,0                              | 2,1                     | 1,5                      | 4,5                     | 33          | 48                 |

**ANEXO A8 – Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), perfil 8.****A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 14/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), fase arenosa.

LOCALIZAÇÃO – Panorama. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30<sup>o</sup> 30' 38.4'' S / 54<sup>o</sup> 08' 20.1'' W.

ALTITUDE – 252 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – ondulado RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregosa e não rochosa

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A1 0-45 cm, preto (7,5 YR 2,5/1, úmido); franco arenosa; fraca pequena a média blocos subangulares e granular; macia, friável, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

A2 45-75 cm, preto (7,5 YR 2,5/1, úmido); franco arenosa; fraca pequena a média blocos subangulares; macia, friável, não plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.

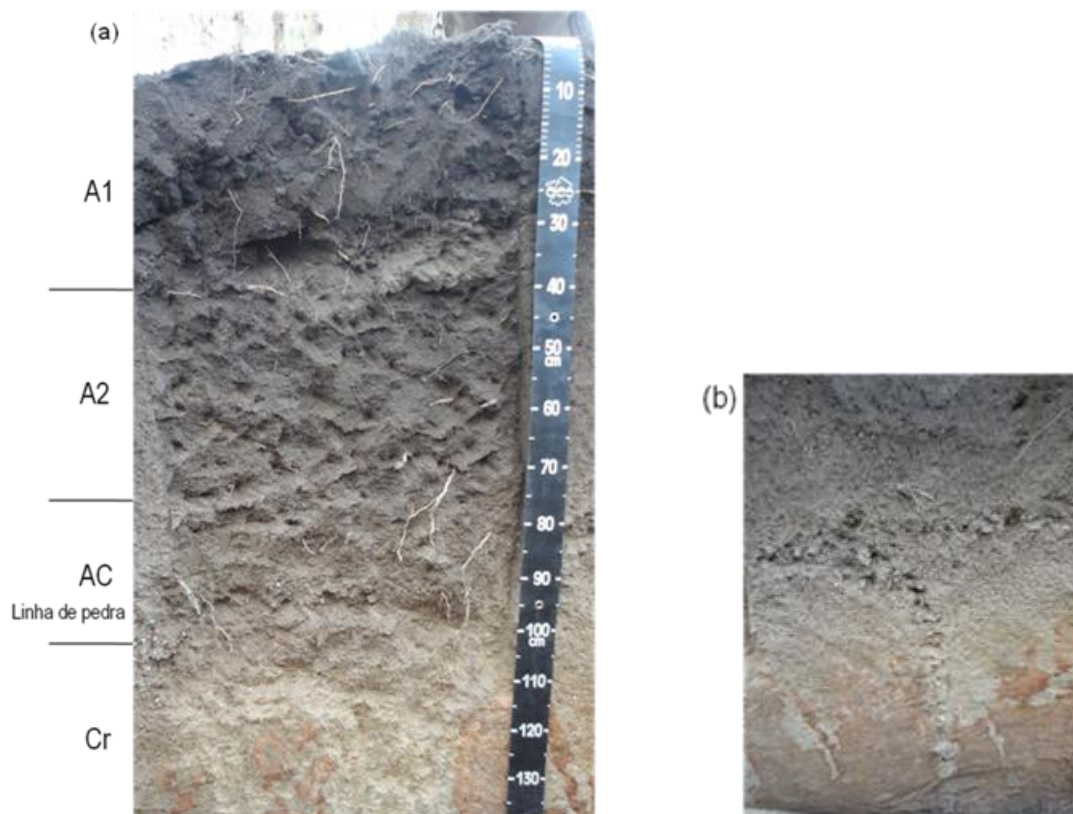
AC 75-108 cm, bruno acinzentado escuro (10 YR 4/2, úmido); areia franca com cascalho; maciça quebrando em fraca pequena e média blocos angulares; friável, não plástica e não pegajosa; transição difusa e ondulada.

Cr 108-160+, cinzento claro (2,5 Y 7/1, úmido).

Observações: Raízes muitas no A1, comuns no A2 e AC.

Presença de linha de pedra na base do horizonte AC.





**ANEXO A8.** Foto representativa do Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd) descrito no perfil 8 (a) e detalhe do dique de pigmento formando uma linha de pedra no horizonte AC (b).

Foto: Alberto Vasconcellos Inda

**ANEXO A8.** Análises químicas e físicas do Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd) - Perfil P8.

| Horizonte |          | Frações da amostra total, % |                 |                         | Composição granulométrica, % |                       |                    |                | Argila natural<br>% | Grau de flocculação<br>%         | Relação silte/argila | Carbono orgânico<br>%   | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|----------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof. cm | Calhau >20mm                | Cascalho 20-2mm | Terra fina <2mm         | Areia grossa 2-0,2mm         | Areia fina 0,2-0,05mm | Silte 0,05-0,002mm | Argila <0,002  |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A1        | 00-45    | 0                           | 2               | 98                      | 59                           | 15                    | 10                 | 16             | 3                   | 81                               | 0.63                 | 1.20                    | 0.12                    | 10          |                    |
| A2        | 45-75    | 0                           | 3               | 97                      | 53                           | 20                    | 11                 | 16             | 1                   | 94                               | 0.69                 | 0.52                    | 0.05                    | 10          |                    |
| AC        | 75-108   | 0                           | 27              | 73                      | 61                           | 17                    | 10                 | 12             | 1                   | 92                               | 0.83                 | 0.23                    | 0.02                    | 12          |                    |
| Horizonte |          | pH                          |                 | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                    | S                       | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof. cm | H <sub>2</sub> O            | KCl             | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                       |                    |                |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>   | meq 100 g <sup>-1</sup> | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           |          |                             |                 |                         |                              |                       |                    |                |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A1        | 00-45    | 4.6                         | 4.1             | 0.4                     | 1.8                          | 0.3                   | 0.02               | 0.16           | 2.5                 | 2.9                              | 2.4                  | 2.3                     | 5.2                     | 44          | 15                 |
| A2        | 45-75    | 5.1                         | 4.3             | 0.2                     | 1.5                          | 0.3                   | 0.01               | 0.05           | 1.9                 | 2.1                              | 1.2                  | 1.9                     | 4.0                     | 48          | 10                 |
| AC        | 75-108   | 5.0                         | 4.2             | 0.2                     | 0.7                          | 0.2                   | 0.01               | 0.05           | 1.0                 | 1.2                              | 0.9                  | 1.0                     | 2.2                     | 45          | 17                 |

## **ANEXO A9 – Luvissole Crômico Órtico típico (TCo), perfil 9.**

### **A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 15/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Luvissole Crômico Órtico típico (TCo)

LOCALIZAÇÃO –Panorama. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30° 31' 21.5'' S / 54° 08' 19.2'' W.

ALTITUDE – 183 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas do Complexo Vacacaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição de xistos.

RELEVO LOCAL – ondulado                      RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – bem a moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – ligeiramente pedregoso e não rochoso

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

### **B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A 0-27 cm, preto (10 YR 2/1, úmido); argilo siltosa; fraca pequena e média blocos subangulares e granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

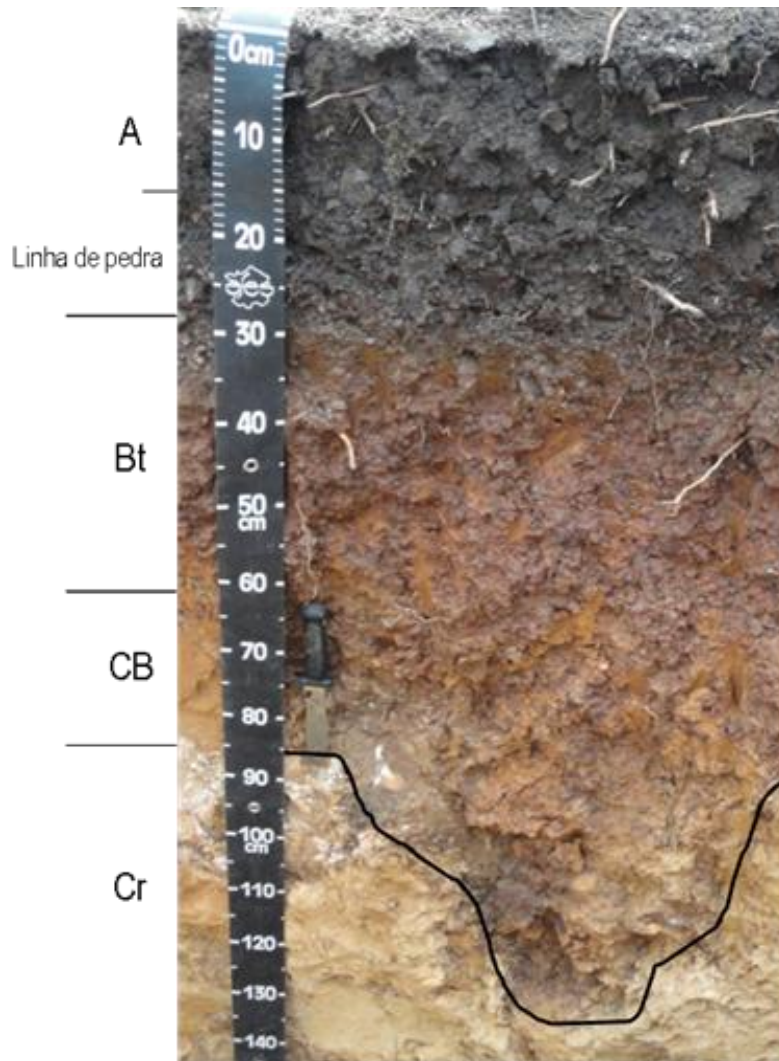
Bt 27-61 cm, vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido); argila; moderada pequena e média prismática que se quebra em blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

CB 61-85 cm, bruno forte (7,5 YR 4/6, úmido); franco argilosa; fraca média blocos subangulares; duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.

Cr 85-180<sup>+</sup> cm.

Observações: Raízes muitas no A1, poucas no Bt e raras no CB.

Presença de linha de pedra na base do horizonte A.



**ANEXO A9.** Foto representativa do Luvissole Crômico Órtico típico (TCo) descrito no perfil 9.

Foto: Alberto Vasconcellos Inda

**ANEXO A9.** Análises químicas e físicas do Luvissole Crômico Órtico típico (TCo) - Perfil P9.

| Horizonte |          | Frações da amostra total, % |                 |                         | Composição granulométrica, % |                       |                    |                | Argila natural<br>% | Grau de flocculação<br>%         | Relação silte/argila    | Carbono orgânico<br>%        | Nitrogênio<br>%              | Relação C/N |                         |
|-----------|----------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------------------|
| Símbolo   | Prof. cm | Calhau >20mm                | Cascalho 20-2mm | Terra fina <2mm         | Areia grossa 2-0,2mm         | Areia fina 0,2-0,05mm | Silte 0,05-0,002mm | Argila <0,002  |                     |                                  |                         |                              |                              |             |                         |
| A         | 00-27    | 0                           | 1               | 99                      | 9                            | 20                    | 31                 | 40             | 13                  | 68                               | 0.78                    | 3.00                         | 0.28                         | 11          |                         |
| Bt        | 27-61    | 0                           | 0               | 100                     | 4                            | 16                    | 33                 | 47             | 17                  | 64                               | 0.70                    | 0.90                         | 0.09                         | 10          |                         |
| CB        | 61-85    | 0                           | 0               | 100                     | 3                            | 16                    | 51                 | 30             | 11                  | 63                               | 1.70                    | 0.41                         | 0.05                         | 8           |                         |
| Horizonte |          | pH                          |                 | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P<br>mg g <sup>-1</sup> | S<br>meq 100 g <sup>-1</sup> | T<br>meq 100 g <sup>-1</sup> | V<br>%      | S-Al <sup>3+</sup><br>% |
| Símbolo   | Prof. cm | H <sub>2</sub> O            | KCl             | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                       |                    |                |                     |                                  |                         |                              |                              |             |                         |
| A         | 00-27    | 5.2                         | 4.0             | 1.3                     | 10.5                         | 5.9                   | 0.07               | 0.40           | 3.8                 | 5.1                              | 4.9                     | 16.9                         | 22.0                         | 77          | 7                       |
| Bt        | 27-61    | 5.3                         | 4.0             | 1.0                     | 5.4                          | 6.0                   | 0.15               | 0.11           | 3.6                 | 4.6                              | 3.0                     | 11.7                         | 16.3                         | 72          | 8                       |
| CB        | 61-85    | 6.0                         | 4.1             | 0.0                     | 6.6                          | 7.9                   | 0.22               | 0.20           | 2.5                 | 2.5                              | 2.4                     | 14.9                         | 17.4                         | 86          | 0                       |

**ANEXO A10** – Luvissole Crômico Órtico típico (TCo), perfil 10.**A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 15/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Luvissole Crômico Órtico típico (TCo)

LOCALIZAÇÃO – Panorama. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30° 30' 54.2'' S / 54° 07' 37.0'' W.

ALTITUDE – 191 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas do Complexo Vacacaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição de xistos.

RELEVO LOCAL – ondulado                      RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – bem a moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – ligeiramente pedregoso e não rochoso

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A      0-24 cm, preto (10 YR 2/1, úmido); franco argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares e granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bt1    24-41 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/3, úmido); argila; moderada pequena e média blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

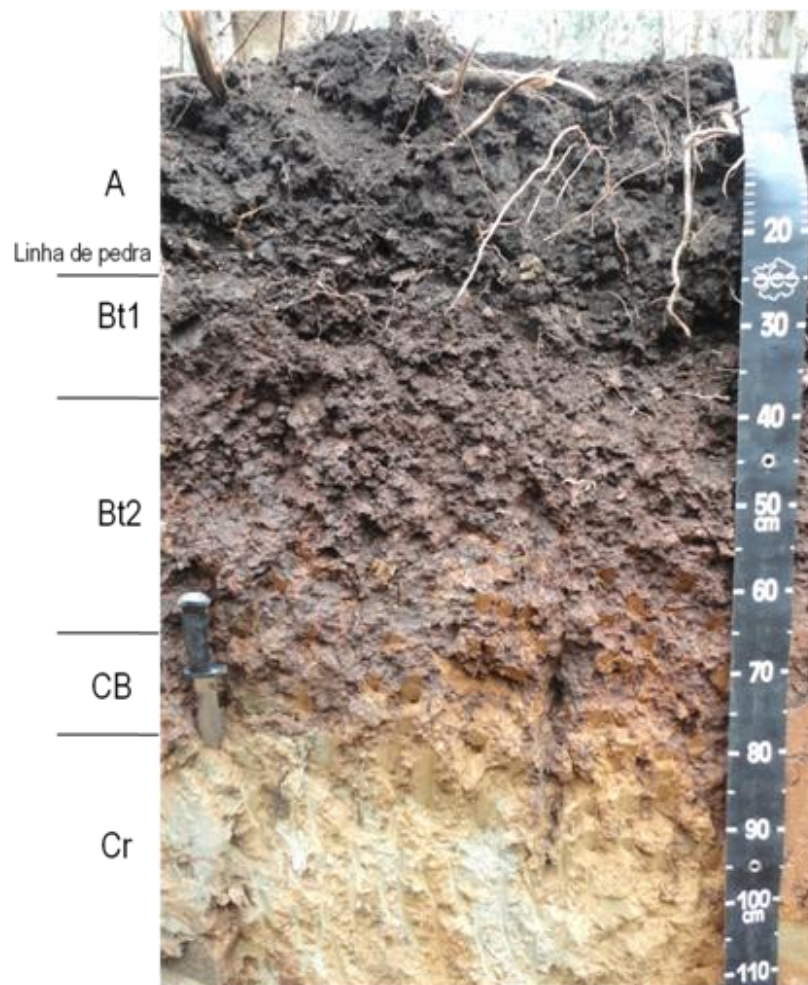
Bt2    41-65 cm, bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; moderada pequena a grande blocos subangulares; cerosidade forte e abundante; duro, firme, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

CB     65-80/95 cm, bruno forte (7,5 YR 4/6, úmido); franca; fraca média blocos subangulares; firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e plana.

Cr     80/95-150<sup>+</sup> cm.

Observações: Raízes muitas no A1 e poucas no Bt1.

Presença de linha de pedra na base do horizonte A.



**ANEXO A10.** Foto representativa do Luvissole Crômico Órtico típico (TCo) descrito no perfil A10.

Foto: Alberto Vasconcellos Inda

**ANEXO A10.** Análises químicas e físicas do Luvissole Crômico Órtico típico (TCO) - Perfil P10.

| Horizonte |          | Frações da amostra total, % |                 |                         | Composição granulométrica, % |                       |                    |                | Argila natural<br>% | Grau de flocculação<br>%         | Relação silte/argila | Carbono orgânico<br>%   | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|----------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof. cm | Calhau >20mm                | Cascalho 20-2mm | Terra fina <2mm         | Areia grossa 2-0,2mm         | Areia fina 0,2-0,05mm | Silte 0,05-0,002mm | Argila <0,002  |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A         | 00-24    | 0                           | 1               | 99                      | 10                           | 15                    | 40                 | 35             | 7                   | 80                               | 1.14                 | 3.60                    | 0.31                    | 12          |                    |
| Bt1       | 24-41    | 0                           | 8               | 92                      | 12                           | 13                    | 31                 | 44             | 24                  | 45                               | 0.70                 | 1.60                    | 0.14                    | 11          |                    |
| Bt2       | 41-65    | 0                           | 0               | 100                     | 7                            | 13                    | 36                 | 44             | 24                  | 45                               | 0.82                 | 1.20                    | 0.11                    | 11          |                    |
| CB        | 65-80/95 | 0                           | 0               | 100                     | 9                            | 17                    | 41                 | 33             | 15                  | 55                               | 1.24                 | 1.00                    | 0.09                    | 11          |                    |
| Horizonte |          | pH                          |                 | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2</sup>              | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                    | S                       | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof. cm | H <sub>2</sub> O            | KCl             | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                       |                    |                |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>   | meq 100 g <sup>-1</sup> | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           | cm       |                             |                 |                         |                              |                       |                    |                |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A         | 00-24    | 5.2                         | 4.4             | 0.2                     | 10.9                         | 4.8                   | 0.07               | 0.19           | 7.8                 | 8.0                              | 2.0                  | 16.0                    | 24.0                    | 67          | 1                  |
| Bt1       | 24-41    | 5.6                         | 4.4             | 0.0                     | 10.3                         | 5.7                   | 0.07               | 0.11           | 4.3                 | 4.3                              | 1.5                  | 16.2                    | 20.5                    | 79          | 0                  |
| Bt2       | 41-65    | 5.8                         | 4.7             | 0.0                     | 9.8                          | 6.5                   | 0.09               | 0.13           | 2.9                 | 2.9                              | 1.7                  | 16.5                    | 19.4                    | 85          | 0                  |
| CB        | 65-80/95 | 5.9                         | 4.5             | 0.0                     | 8.0                          | 4.9                   | 0.08               | 0.07           | 2.8                 | 2.8                              | 165.9                | 13.1                    | 15.9                    | 82          | 0                  |



**ANEXO A11** – Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd), perfil 11.**A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 13/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd)

LOCALIZAÇÃO – Ponta das Canas. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30° 29' 38.6'' S / 54° 10' 12.5'' W.

ALTITUDE – 260 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – ondulado RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – bem a moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregosa e não rochosa

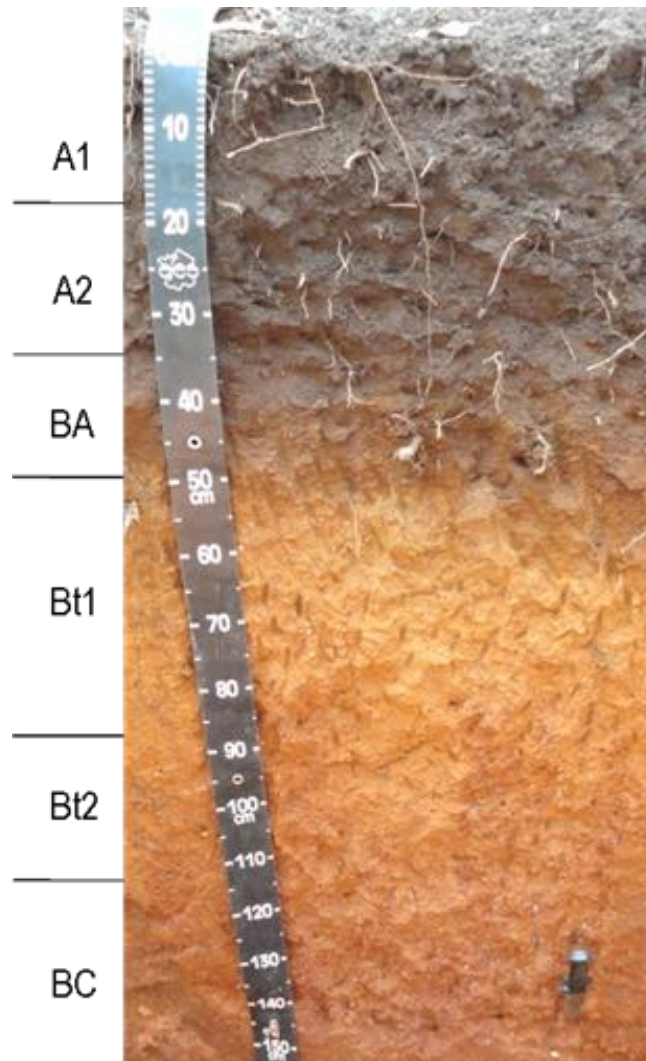
USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A1 0-18 cm, cinzento muito escuro (7,5 YR 3/1, úmido); franco arenosa; fraca pequena e média granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição difusa e plana.
- A2 18-35 cm, cinzento muito escuro (7,5 YR 3/1, úmido); franco arenosa; fraca pequena e média granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- BA 35-50 cm, bruno escuro (7,5 YR 3/4, úmido); argilo arenosa; fraca média blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Bt1 50-88 cm, bruno forte (7,5 YR 4/6, úmido); argila; moderada média e grande blocos subangulares e angulares; cerosidade fraca e pouca; duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- Bt2 88-112 cm, vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido); argila com cascalho; moderada média e grande blocos subangulares e angulares; cerosidade fraca e pouca; duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- BC 112-140<sup>+</sup> cm, vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido).

Observações: Raízes muitas no A1, A2, comuns no BA, raras no Bt1 e Bt2.



**ANEXO A11.** Foto representativa do Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd) descrito no perfil 11.

Foto: Alberto Vasconcelos Inda

**ANEXO A11.** Análises químicas e físicas do Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd) - Perfil P11.

| Horizonte |             | Frações da amostra total, % |                    |                         | Composição granulométrica, % |                          |                       |                  | Argila natural<br>% | Grau de<br>floculação<br>%       | Relação<br>silte/argila | Carbono<br>orgânico<br>% | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|-------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof.<br>cm | Calhau<br>>20mm             | Cascalho<br>20-2mm | Terra fina<br><2mm      | Areia grossa<br>2-0,2mm      | Areia fina<br>0,2-0,05mm | Silte<br>0,05-0,002mm | Argila<br><0,002 |                     |                                  |                         |                          |                         |             |                    |
| A1        | 00-18       | 0                           | 0                  | 100                     | 36                           | 18                       | 19                    | 27               | 1                   | 96                               | 0,70                    | 1,30                     | 0,12                    | 11          |                    |
| A2        | 18-35       | 0                           | 0                  | 100                     | 35                           | 16                       | 17                    | 32               | 13                  | 59                               | 0,53                    | 1,10                     | 0,10                    | 11          |                    |
| BA        | 35-50       | 0                           | 4                  | 96                      | 35                           | 13                       | 12                    | 40               | 17                  | 58                               | 0,30                    | 1,00                     | 0,09                    | 11          |                    |
| Bt1       | 50-88       | 0                           | 4                  | 96                      | 26                           | 7                        | 10                    | 57               | 7                   | 88                               | 0,18                    | 0,77                     | 0,08                    | 10          |                    |
| Bt2       | 88-112      | 0                           | 15                 | 85                      | 25                           | 6                        | 12                    | 57               | 13                  | 77                               | 0,21                    | 0,54                     | 0,08                    | 7           |                    |
| BC        | 112-140     | 0                           | 15                 | 85                      | 28                           | 6                        | 13                    | 53               | 1                   | 98                               | 0,25                    | 0,27                     | 0,04                    | 7           |                    |
| Horizonte |             | pH                          |                    | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>         | Na <sup>+</sup>       | K <sup>+</sup>   | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                       | S                        | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof.       |                             |                    | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                          |                       |                  |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>      | meq 100 g <sup>-1</sup>  | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           | cm          | H <sub>2</sub> O            | KCl                |                         |                              |                          |                       |                  |                     |                                  |                         |                          |                         |             |                    |
| A1        | 00-18       | 4,6                         | 3,9                | 0,6                     | 2,2                          | 0,9                      | 0,05                  | 0,24             | 3,4                 | 4,0                              | 4,6                     | 3,4                      | 7,4                     | 46          | 15                 |
| A2        | 18-35       | 5,0                         | 4,2                | 0,3                     | 2,6                          | 1,2                      | 0,03                  | 0,17             | 3,3                 | 3,6                              | 2,6                     | 4,0                      | 7,6                     | 53          | 7                  |
| BA        | 35-50       | 4,8                         | 3,9                | 1,3                     | 1,9                          | 0,9                      | 0,02                  | 0,07             | 2,9                 | 4,2                              | 1,4                     | 2,9                      | 7,1                     | 41          | 31                 |
| Bt1       | 50-88       | 5,1                         | 4,1                | 1,2                     | 1,7                          | 0,7                      | 0,02                  | 0,05             | 4,4                 | 4,3                              | 2,0                     | 2,5                      | 8,1                     | 31          | 32                 |
| Bt2       | 88-112      | 5,0                         | 4,0                | 1,9                     | 1,0                          | 0,8                      | 0,02                  | 0,07             | 2,6                 | 4,5                              | 1,3                     | 1,9                      | 6,4                     | 30          | 50                 |
| BC        | 112-140     | 5,1                         | 4,1                | 1,2                     | 1,2                          | 1,2                      | 0,01                  | 0,07             | 1,8                 | 3,0                              | 2,1                     | 2,5                      | 5,5                     | 45          | 32                 |

**ANEXO A12** – Argissolo Vermelho Distrófico abruptico (PVd), perfil 12.**A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 13/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Vermelho Distrófico abruptico (PVd)

LOCALIZAÇÃO – Ponta das Canas. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30<sup>0</sup> 29' 58.8'' S / 54<sup>0</sup> 09' 46.4'' W.

ALTITUDE – 274 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – suave ondulado RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregosa e não rochosa

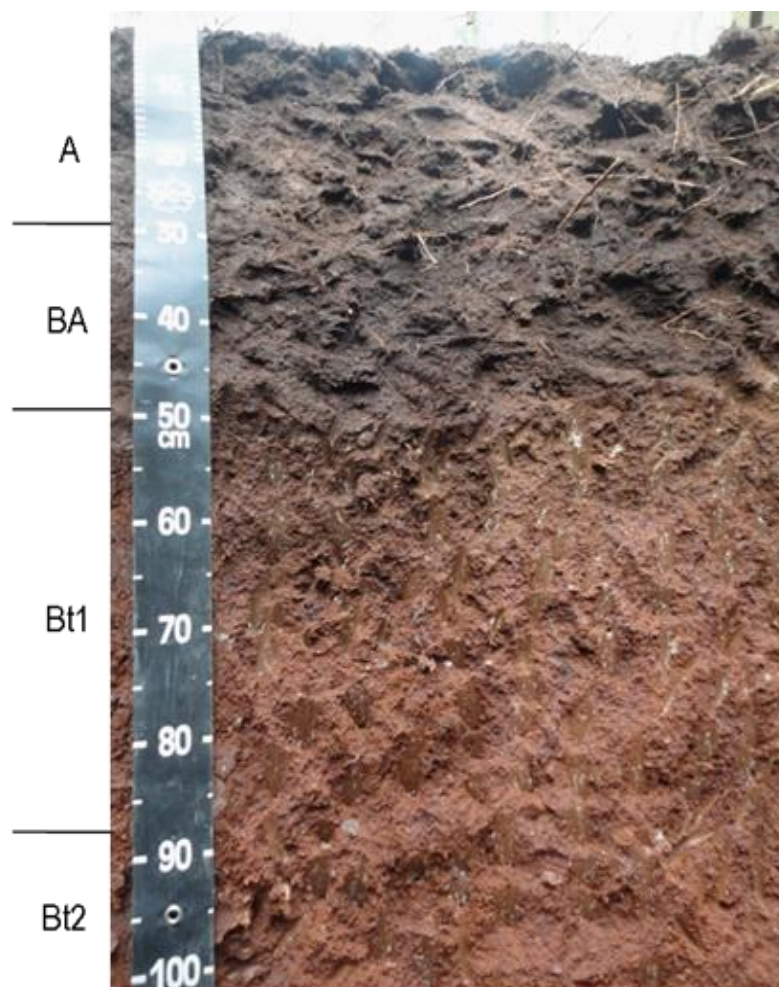
USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A 0-27 cm, bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/2, úmido); franco arenosa; fraca pequena e média granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e não pegajoso; transição difusa e plana.
- BA 27-49 cm, preto (5 YR 2,5/1, úmido); franco argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- Bt1 49-88 cm, bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/3, úmido); argila com cascalho; moderada média e grande blocos subangulares e angulares; cerosidade moderada e comum; duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- Bt2 88-133 cm, bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila com cascalho; moderada média e grande blocos subangulares e angulares; cerosidade moderada e comum; duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- Bt3 133-170 cm, vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argilo arenosa com cascalho; transição difusa e plana.
- BC 170-190 cm, coloração variegada, composta de vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido) e vermelho amarelado (5 YR 4/6); argilo arenosa; transição clara e plana.
- Cr 190-220<sup>+</sup> cm, amarelo avermelhado (5 YR 6/8).

Observações: Raízes abundantes no A, poucas no BA e Bt1 e raras no Bt2 e Bt3.



**ANEXO A 12.** Foto representativa do Argissolo Vermelho Distrófico abrupto (PVd) descrito no perfil 12.

Foto: Alberto Vasconcelos Inda

**ANEXO A12.** Análises químicas e físicas do Argissolo Vermelho Distrófico abrupto (PVd) - Perfil P12.

| Horizonte |          | Frações da amostra total, % |                 |                         | Composição granulométrica, % |                       |                    |                | Argila natural<br>% | Grau de flocculação<br>%         | Relação silte/argila | Carbono orgânico<br>%   | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|----------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof. cm | Calhau >20mm                | Cascalho 20-2mm | Terra fina <2mm         | Areia grossa 2-0,2mm         | Areia fina 0,2-0,05mm | Silte 0,05-0,002mm | Argila <0,002  |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A1        | 00-18    | 0                           | 0               | 100                     | 36                           | 18                    | 19                 | 27             | 1                   | 96                               | 0,70                 | 1,30                    | 0,12                    | 11          |                    |
| A2        | 18-35    | 0                           | 0               | 100                     | 35                           | 16                    | 17                 | 32             | 13                  | 59                               | 0,53                 | 1,10                    | 0,10                    | 11          |                    |
| BA        | 35-50    | 0                           | 4               | 96                      | 35                           | 13                    | 12                 | 40             | 17                  | 58                               | 0,30                 | 1,00                    | 0,09                    | 11          |                    |
| Bt1       | 50-88    | 0                           | 4               | 96                      | 26                           | 7                     | 10                 | 57             | 7                   | 88                               | 0,18                 | 0,77                    | 0,08                    | 10          |                    |
| Bt2       | 88-112   | 0                           | 15              | 85                      | 25                           | 6                     | 12                 | 57             | 13                  | 77                               | 0,21                 | 0,54                    | 0,08                    | 7           |                    |
| BC        | 112-140  | 0                           | 15              | 85                      | 28                           | 6                     | 13                 | 53             | 1                   | 98                               | 0,25                 | 0,27                    | 0,04                    | 7           |                    |
| Horizonte |          | pH                          |                 | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2</sup>              | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                    | S                       | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof. cm | H <sub>2</sub> O            | KCl             | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                       |                    |                |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>   | meq 100 g <sup>-1</sup> | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           | cm       |                             |                 |                         |                              |                       |                    |                |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A1        | 00-18    | 4,6                         | 3,9             | 0,6                     | 2,2                          | 0,9                   | 0,05               | 0,24           | 3,4                 | 4,0                              | 4,6                  | 3,4                     | 7,4                     | 46          | 15                 |
| A2        | 18-35    | 5,0                         | 4,2             | 0,3                     | 2,6                          | 1,2                   | 0,03               | 0,17           | 3,3                 | 3,6                              | 2,6                  | 4,0                     | 7,6                     | 53          | 7                  |
| BA        | 35-50    | 4,8                         | 3,9             | 1,3                     | 1,9                          | 0,9                   | 0,02               | 0,07           | 2,9                 | 4,2                              | 1,4                  | 2,9                     | 7,1                     | 41          | 31                 |
| Bt1       | 50-88    | 5,1                         | 4,1             | 1,2                     | 1,7                          | 0,7                   | 0,02               | 0,05           | 4,4                 | 4,3                              | 2,0                  | 2,5                     | 8,1                     | 31          | 32                 |
| Bt2       | 88-112   | 5,0                         | 4,0             | 1,9                     | 1,0                          | 0,8                   | 0,02               | 0,07           | 2,6                 | 4,5                              | 1,3                  | 1,9                     | 6,4                     | 30          | 50                 |
| BC        | 112-140  | 5,1                         | 4,1             | 1,2                     | 1,2                          | 1,2                   | 0,01               | 0,07           | 1,8                 | 3,0                              | 2,1                  | 2,5                     | 5,5                     | 45          | 32                 |

## **ANEXO A13 – Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), perfil 13.**

### **A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 13/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd), fase argilosa.

LOCALIZAÇÃO – Paraíso. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30<sup>0</sup> 26' 28.1'' S / 54<sup>0</sup> 09' 15.4'' W.

ALTITUDE – 205 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas metamórficas e granito-gnáissicas do Complexo Cambaí.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição das rochas do Complexo Cambaí.

RELEVO LOCAL – ondulado                      RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregosa e não rochosa

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

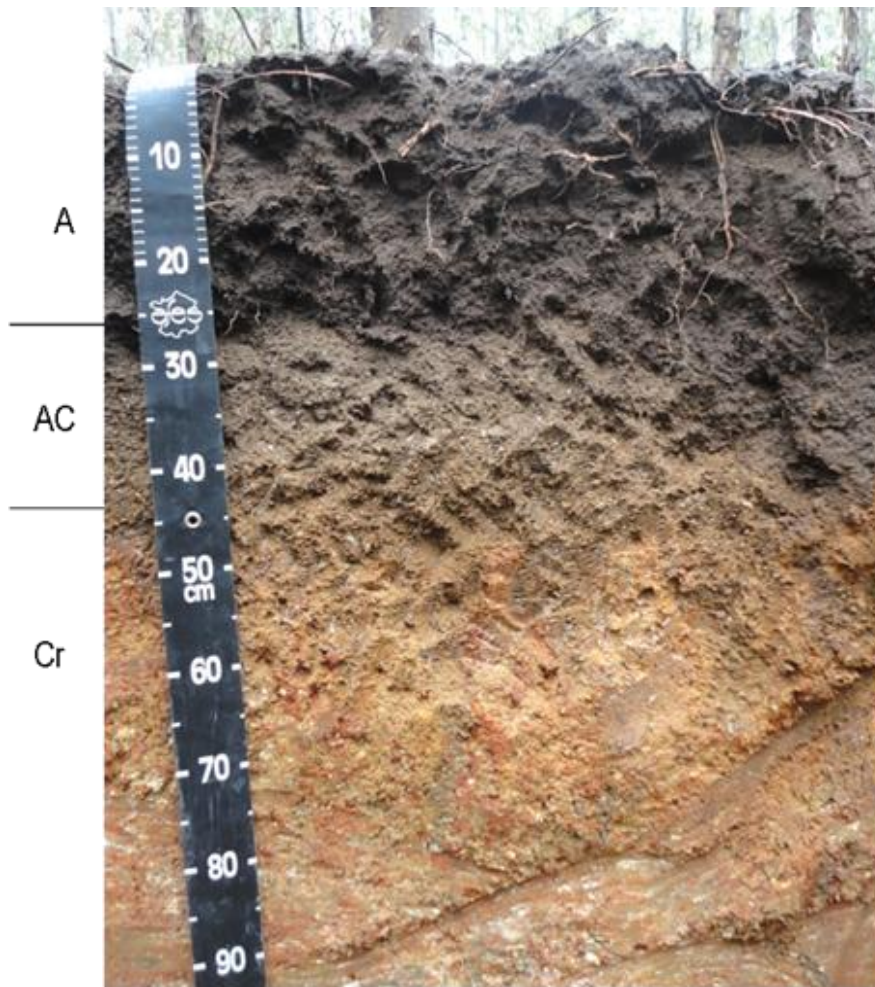
DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

### **B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- A 0-25 cm, preto (7,5 YR 2,5/1, úmido); franco arenosa com cascalho; maciça quebrando em fraca pequena a grande blocos subangulares; pouco poroso; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e ondulada.
- AC 25-42 cm, bruno (7,5 YR 4/2, úmido); franco argilo arenosa com cascalho; maciça quebrando em moderada pequena a grande blocos angulares; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e irregular.
- Cr 42-90<sup>+</sup> cm, coloração variegada, composta de Amarelo-avermelhado (5 YR 6/8, úmido) e Vermelho (2,5 YR 4/6); franco argilosa cascalhenta; transição difusa e ondulada.

Observações: Raízes comuns no A e poucas no AC.

Ocorrem linguas de material do horizonte AC que penetram no horizonte Cr.



**ANEXO A13.** Foto representativa do Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd) descrito no perfil 13.

Foto: Alberto Vasconcellos Inda



**ANEXO A13.** Análises químicas e físicas do Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd) - Perfil P13.

| Horizonte |          | Frações da amostra total, % |                 |                         | Composição granulométrica, % |                       |                    |                | Argila natural<br>% | Grau de flocculação<br>%         | Relação silte/argila | Carbono orgânico<br>%   | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|----------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof. cm | Calhau >20mm                | Cascalho 20-2mm | Terra fina <2mm         | Areia grossa 2-0,2mm         | Areia fina 0,2-0,05mm | Silte 0,05-0,002mm | Argila <0,002  |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A         | 00-25    | 0                           | 13              | 87                      | 51                           | 20                    | 12                 | 17             | 3                   | 82                               | 0,71                 | 1,20                    | 0,16                    | 8           |                    |
| AC        | 25-42    | 0                           | 12              | 88                      | 40                           | 8                     | 12                 | 40             | 9                   | 78                               | 0,30                 | 1,20                    | 0,18                    | 7           |                    |
| Cr        | 42-90+   | 0                           | 24              | 76                      | 19                           | 7                     | 13                 | 61             | 3                   | 95                               | 0,21                 | 0,48                    | 0,09                    | 5           |                    |
| Horizonte |          | pH                          |                 | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                    | S                       | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof. cm | H <sub>2</sub> O            | KCl             | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                       |                    |                |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>   | meq 100 g <sup>-1</sup> | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           |          |                             |                 |                         |                              |                       |                    |                |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| A         | 00-25    | 4,5                         | 3,9             | 0,7                     | 0,9                          | 0,6                   | 0,02               | 0,33           | 2,6                 | 3,3                              | 4,3                  | 1,9                     | 5,2                     | 37          | 27                 |
| AC        | 25-42    | 4,2                         | 3,7             | 2,6                     | 0,6                          | 0,3                   | 0,02               | 0,18           | 4,0                 | 6,6                              | 1,4                  | 1,1                     | 7,7                     | 14          | 70                 |
| Cr        | 42-90+   | 4,8                         | 3,9             | 3,6                     | 0,7                          | 0,5                   | 0,01               | 0,11           | 2,4                 | 6,0                              | 1,5                  | 1,3                     | 7,3                     | 18          | 73                 |

**ANEXO A14** – Luvissole Crômico Órtico típico (TCo), perfil 14.**A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 24/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Luvissole Crômico Órtico típico (TCo)

LOCALIZAÇÃO – Cerro do ouro. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30° 26' 28.2'' S / 53° 58' 43.9'' W.

ALTITUDE – 298 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas ígneas ácidas e básicas da Formação Acampamento Velho

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição de rochas da Formação Acampamento Velho

RELEVO LOCAL – ondulado                      RELEVO REGIONAL – ondulado a forte ondulado

DRENAGEM – moderadamente drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregoso e não rochoso

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

A 0-24/38 cm, cinzento muito escuro (5 YR 3/1, úmido); franco arenosa com cascalho; fraca pequena blocos subangulares; duro, friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; transição clara e ondulada.

Bt 35/46-50/85 cm, vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido); argila; forte pequena blocos angulares; cerosidade moderada e comum; duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada.

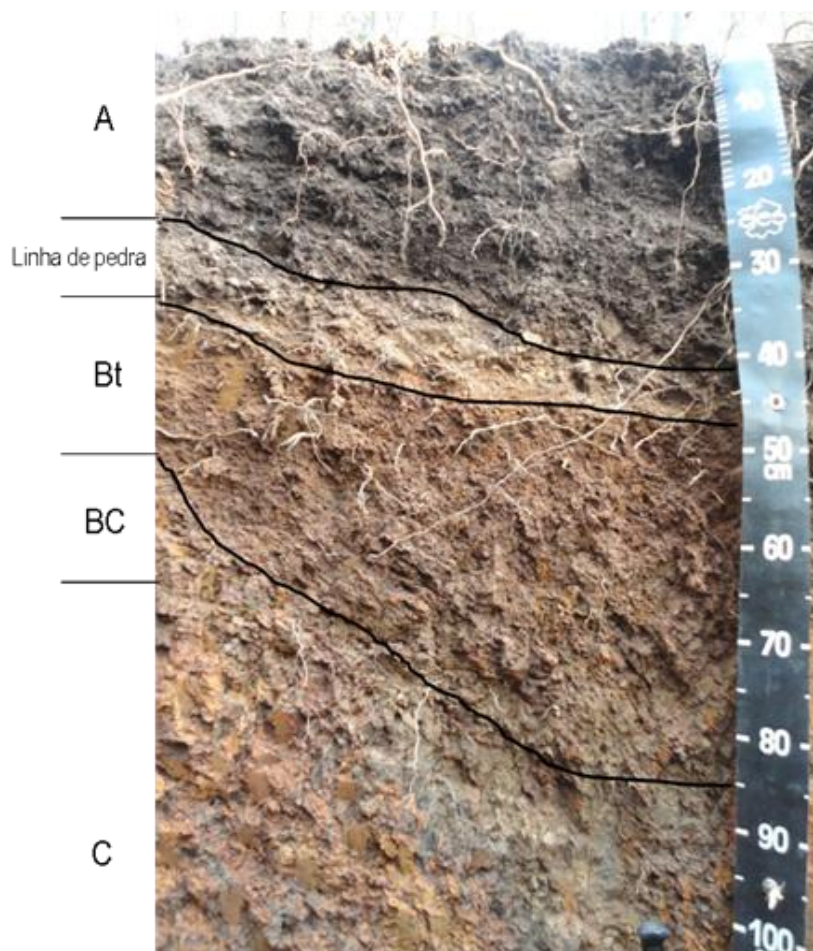
BC 50/85-70/100 cm, bruno (10 YR 5/3, úmido), mosqueado vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; prismática que se quebra em forte média e grande blocos angulares; friável, ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástica; transição difusa e irregular.

C 70/100/170+ cm, coloração variegada, composta de bruno acinzentado escuro (10 YR 4/2, úmido) e vermelho (2,5 YR 4/8); franco-argilosa; transição difusa e ondulada.

Observações: Raízes muitas no A, comuns no Bt e raras no BC.

Horizonte A decapado por erosão laminar.

Presença de linha de pedra entre os horizontes A e Bt (24/38-35/46 cm).



**ANEXO A14.** Foto representativa do Luvissole Crômico Órtico típico (TCo) descrito no perfil 14.

Foto: Alberto Vasconcellos Inda

## ANEXO A14. Análises químicas e físicas do Luvissole Crômico Órtico típico (TCO) - Perfil P14.

| Horizonte |                  | Frações da amostra total, % |                    |                         | Composição granulométrica, % |                          |                       |                  | Argila natural<br>% | Grau de<br>floculação<br>%       | Relação<br>silte/argila | Carbono<br>orgânico<br>% | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|---------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof.<br>cm      | Calhau<br>>20mm             | Cascalho<br>20-2mm | Terra fina<br><2mm      | Areia grossa<br>2-0,2mm      | Areia fina<br>0,2-0,05mm | Silte<br>0,05-0,002mm | Argila<br><0,002 |                     |                                  |                         |                          |                         |             |                    |
| A         | 00-24/38         | 0                           | 17                 | 83                      | 21                           | 12                       | 32                    | 35               | 9                   | 74                               | 0.91                    | 2.70                     | 0.23                    | 12          |                    |
| LP        | 24/38-<br>35/46  | -                           | -                  | -                       | -                            | -                        | -                     | -                | -                   | -                                | -                       | -                        | -                       | -           |                    |
| Bt        | 35/46-<br>50/85  | 0                           | 0                  | 100                     | 10                           | 6                        | 17                    | 67               | 31                  | 54                               | 0.25                    | 0.91                     | 0.09                    | 10          |                    |
| BC        | 50/85-<br>70/100 | 0                           | 0                  | 100                     | 15                           | 10                       | 27                    | 48               | 20                  | 58                               | 0.56                    | 0.38                     | 0.04                    | 10          |                    |
| C         | 70/100-<br>170   | 0                           | 0                  | 100                     | 19                           | 14                       | 28                    | 39               | 18                  | 54                               | 0.72                    | 0.28                     | 0.03                    | 9           |                    |
| Horizonte |                  | pH                          |                    | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2</sup>              | Mg <sup>2+</sup>         | Na <sup>+</sup>       | K <sup>+</sup>   | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                       | S                        | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof.            |                             |                    | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                          |                       |                  |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>      | meq 100 g <sup>-1</sup>  | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           | cm               | H <sub>2</sub> O            | KCl                |                         |                              |                          |                       |                  |                     |                                  |                         |                          |                         |             |                    |
| A         | 00-24/38         | 4.8                         | 4.0                | 0.9                     | 4.7                          | 2.8                      | 0.08                  | 0.49             | 6.1                 | 7.0                              | 5.0                     | 8.1                      | 15.1                    | 54          | 10                 |
| LP        | 24/38-<br>35/46  | -                           | -                  | -                       | -                            | -                        | -                     | -                | -                   | -                                | -                       | -                        | -                       | -           | -                  |
| Bt        | 35/46-<br>50/85  | 4.8                         | 3.7                | 7.0                     | 4.5                          | 6.5                      | 0.17                  | 0.14             | 4.6                 | 11.6                             | 2.6                     | 11.3                     | 22.3                    | 51          | 39                 |
| BC        | 50/85-<br>70/100 | 4.8                         | 3.9                | 7.8                     | 4.4                          | 8.0                      | 0.46                  | 0.15             | 4.1                 | 11.9                             | 2.6                     | 13.0                     | 24.9                    | 52          | 38                 |
| C         | 70/100-<br>170   | 4.6                         | 3.8                | 4.5                     | 7.2                          | 8.7                      | 0.57                  | 0.12             | 3.0                 | 7.5                              | 2.9                     | 16.6                     | 24.1                    | 69          | 21                 |

**ANEXO A15** – Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe), perfil 15.**A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 24/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe)

LOCALIZAÇÃO – Três Passos. Perfil descrito em trincheira nas coordenadas 30° 14' 52.6'' S / 53° 55' 40.2'' W.

ALTITUDE – 122 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas sedimentares da Formação Rio Bonito.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição de arenitos siltitos da Formação Rio Bonito.

RELEVO LOCAL – suave ondulado      RELEVO REGIONAL – suave ondulado a ondulado

DRENAGEM – bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregoso e não rochoso

USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

Ap 0-10 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/3, úmido); franco argilo arenosa; fraca média granular e grãos simples; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

A 10-40 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido); franco argilo arenosa; moderada pequena e média blocos subangulares e grande granular; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

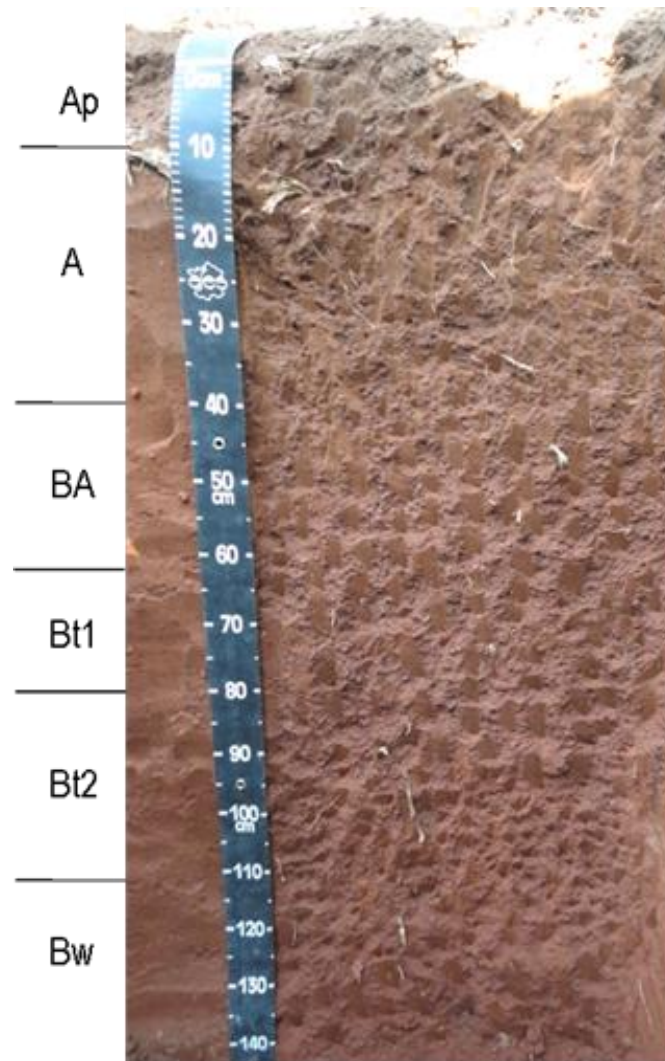
BA 40-62 cm, vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); franco argilosa; moderada pequena a grande blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bt1 62-79 cm, vermelho escuro a vermelho escuro acinzentado (10 R 3/5, úmido); franco argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

Bt2 79-112 cm, vermelho escuro (10 R 3/6, úmido); argila; moderada pequena a média blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

Bw 112-140+ cm, vermelho escuro (10 R 3/6); argila; moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso.

Observações: Raízes muitas no Ap e A, comuns no BA e raras no Bt1, Bt2 e Bw.



**ANEXO A15.** Foto representativa do Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe) descrito no perfil 15.

Foto: Alberto Vasconcelos Inda

**ANEXO A15.** Análises químicas e físicas do Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe) - Perfil P15.

| Horizonte |          | Frações da amostra total, % |                 |                         | Composição granulométrica, % |                       |                    |                | Argila natural<br>% | Grau de flocculação<br>%         | Relação silte/argila | Carbono orgânico<br>%   | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|----------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof. cm | Calhau >20mm                | Cascalho 20-2mm | Terra fina <2mm         | Areia grossa 2-0,2mm         | Areia fina 0,2-0,05mm | Silte 0,05-0,002mm | Argila <0,002  |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| Ap        | 00-10    | 0                           | 0               | 100                     | 28                           | 26                    | 19                 | 27             | 9                   | 67                               | 0.70                 | 1.05                    | 0.07                    | 15          |                    |
| A         | 10-40    | 0                           | 0               | 100                     | 24                           | 23                    | 16                 | 37             | 13                  | 65                               | 0.43                 | 0.82                    | 0.06                    | 14          |                    |
| BA        | 40-62    | 0                           | 0               | 100                     | 20                           | 21                    | 14                 | 45             | 19                  | 58                               | 0.31                 | 0.60                    | 0.07                    | 9           |                    |
| Bt1       | 62-79    | 0                           | 0               | 100                     | 20                           | 18                    | 13                 | 49             | 15                  | 62                               | 0.59                 | 0.51                    | 0.07                    | 7           |                    |
| Bt2       | 79-112   | 0                           | 1               | 99                      | 15                           | 16                    | 15                 | 54             | 17                  | 69                               | 0.28                 | 0.43                    | 0.06                    | 7           |                    |
| Bw        | 112-140  | 0                           | 2               | 98                      | 13                           | 14                    | 17                 | 56             | 19                  | 66                               | 0.30                 | 0.32                    | 0.05                    | 6           |                    |
| Horizonte |          | pH                          |                 | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2</sup>              | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                    | S                       | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof. cm | H <sub>2</sub> O            | KCl             | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                       |                    |                |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>   | meq 100 g <sup>-1</sup> | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           | cm       |                             |                 |                         |                              |                       |                    |                |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| Ap        | 00-10    | 5.6                         | 5.1             | 0.0                     | 3.7                          | 1.9                   | 0.02               | 0.28           | 2.0                 | 2.0                              | 3.8                  | 5.9                     | 7.9                     | 75          | 0                  |
| A         | 10-40    | 4.7                         | 3.9             | 0.8                     | 1.6                          | 0.9                   | 0.01               | 0.19           | 2.8                 | 3.6                              | 2.1                  | 2.7                     | 6.3                     | 43          | 23                 |
| BA        | 40-62    | 4.7                         | 3.9             | 0.5                     | 1.0                          | 0.4                   | 0.03               | 0.21           | 2.5                 | 2.9                              | 2.5                  | 1.6                     | 4.7                     | 34          | 27                 |
| Bt1       | 62-79    | 4.9                         | 4.1             | 0.3                     | 5.7                          | 1.9                   | 0.02               | 0.22           | 2.5                 | 2.8                              | 2.2                  | 7.8                     | 10.6                    | 74          | 4                  |
| Bt2       | 79-112   | 5.1                         | 4.3             | 0.3                     | 3.8                          | 1.7                   | 0.02               | 0.09           | 1.9                 | 2.2                              | 2.0                  | 5.6                     | 7.8                     | 72          | 5                  |
| Bw        | 112-140  | 5.0                         | 4.6             | 0.2                     | 3.4                          | 2.0                   | 0.02               | 0.08           | 2.1                 | 2.3                              | 2.0                  | 5.5                     | 7.8                     | 71          | 4                  |

**ANEXO A16 - Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe), perfil 16.****A) DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 24/08/2012

CLASSIFICAÇÃO: Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe)

LOCALIZAÇÃO – Três Passos.

ALTITUDE – 123 metros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – rochas sedimentares da Formação Rio Bonito.

MATERIAL DE ORIGEM – produtos da decomposição de arenitos siltitos da Formação Rio Bonito.

RELEVO LOCAL – suave ondulado      RELEVO REGIONAL – suave ondulado a ondulado

DRENAGEM – bem drenado

PEDREGOSIDADE E ROCHOSIDADE – não pedregoso e não rochoso

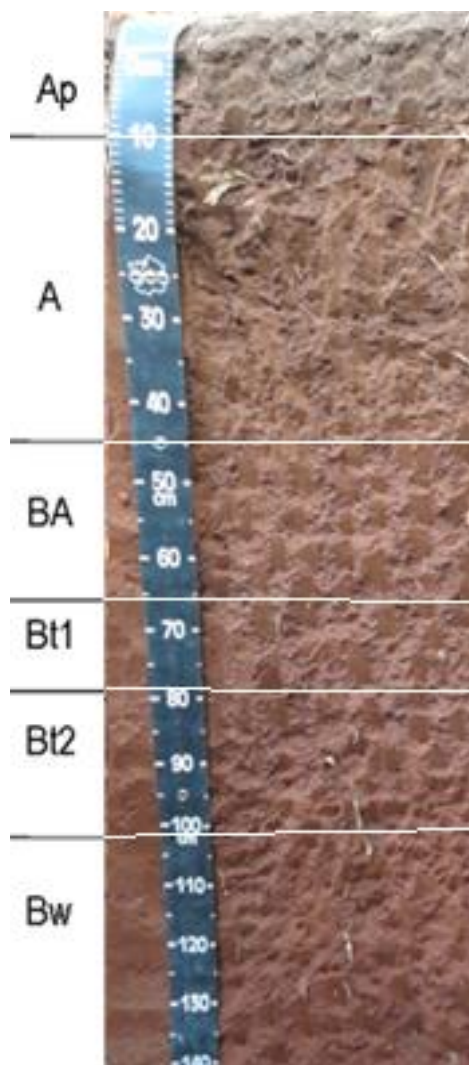
USO ATUAL – florestamento de Eucalipto

DESCRITO E COLETADO POR – Alberto Vasconcellos Inda

**B) DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA**

- Ap 0-10 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/3, úmido); franco argilo arenosa; fraca média granular e grãos simples; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A 10-45 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido); franco argilo arenosa; moderada pequena e média blocos subangulares e grande granular; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BA 45-67 cm, vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); franco argilosa; moderada pequena a grande blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Bt1 67-79 cm, vermelho escuro a vermelho escuro acinzentado (10 R 3/5, úmido); franco argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- Bt2 79-110 cm, vermelho escuro (10 R 3/6, úmido); argila; moderada pequena a média blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- Bw 110-140+ cm, vermelho escuro (10 R 3/6); argila; moderada pequena e média blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso.





**ANEXO A16.** Foto representativa do Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe) descrito no perfil 16.

Foto: Alberto Vasconcellos Inda

## ANEXO A16. Análises químicas e físicas do Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe) - Perfil P16.

| Horizonte |          | Frações da amostra total, % |                 |                         | Composição granulométrica, % |                       |                    |                | Argila natural<br>% | Grau de floculação<br>%          | Relação silte/argila | Carbono orgânico<br>%   | Nitrogênio<br>%         | Relação C/N |                    |
|-----------|----------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------|
| Símbolo   | Prof. cm | Calhau >20mm                | Cascalho 20-2mm | Terra fina <2mm         | Areia grossa 2-0,2mm         | Areia fina 0,2-0,05mm | Silte 0,05-0,002mm | Argila <0,002  |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| Ap        | 00-10    | 0                           | 0               | 100                     | 28                           | 26                    | 19                 | 27             | 9                   | 67                               | 0.70                 | 1.05                    | 0.07                    | 15          |                    |
| A         | 10-40    | 0                           | 0               | 100                     | 24                           | 23                    | 16                 | 37             | 13                  | 65                               | 0.43                 | 0.82                    | 0.06                    | 14          |                    |
| BA        | 40-62    | 0                           | 0               | 100                     | 20                           | 21                    | 14                 | 45             | 19                  | 58                               | 0.31                 | 0.60                    | 0.07                    | 9           |                    |
| Bt1       | 62-79    | 0                           | 0               | 100                     | 20                           | 18                    | 13                 | 49             | 15                  | 62                               | 0.59                 | 0.51                    | 0.07                    | 7           |                    |
| Bt2       | 79-112   | 0                           | 1               | 99                      | 15                           | 16                    | 15                 | 54             | 17                  | 69                               | 0.28                 | 0.43                    | 0.06                    | 7           |                    |
| Bw        | 112-140  | 0                           | 2               | 98                      | 13                           | 14                    | 17                 | 56             | 19                  | 66                               | 0.30                 | 0.32                    | 0.05                    | 6           |                    |
| Horizonte |          | pH                          |                 | Al <sup>3+</sup>        | Ca <sup>2+</sup>             | Mg <sup>2+</sup>      | Na <sup>+</sup>    | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup>      | H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> | P                    | S                       | T                       | V           | S-Al <sup>3+</sup> |
| Símbolo   | Prof. cm | H <sub>2</sub> O            | KCl             | meq 100 g <sup>-1</sup> |                              |                       |                    |                |                     |                                  | mg g <sup>-1</sup>   | meq 100 g <sup>-1</sup> | meq 100 g <sup>-1</sup> | %           | %                  |
|           |          |                             |                 |                         |                              |                       |                    |                |                     |                                  |                      |                         |                         |             |                    |
| Ap        | 00-10    | 5.6                         | 5.1             | 0.0                     | 3.7                          | 1.9                   | 0.02               | 0.28           | 2.0                 | 2.0                              | 3.8                  | 5.9                     | 7.9                     | 75          | 0                  |
| A         | 10-40    | 4.7                         | 3.9             | 0.8                     | 1.6                          | 0.9                   | 0.01               | 0.19           | 2.8                 | 3.6                              | 2.1                  | 2.7                     | 6.3                     | 43          | 23                 |
| BA        | 40-62    | 4.7                         | 3.9             | 0.5                     | 1.0                          | 0.4                   | 0.03               | 0.21           | 2.5                 | 2.9                              | 2.5                  | 1.6                     | 4.7                     | 34          | 27                 |
| Bt1       | 62-79    | 4.9                         | 4.1             | 0.3                     | 5.7                          | 1.9                   | 0.02               | 0.22           | 2.5                 | 2.8                              | 2.2                  | 7.8                     | 10.6                    | 74          | 4                  |
| Bt2       | 79-112   | 5.1                         | 4.3             | 0.3                     | 3.8                          | 1.7                   | 0.02               | 0.09           | 1.9                 | 2.2                              | 2.0                  | 5.6                     | 7.8                     | 72          | 5                  |
| Bw        | 112-140  | 5.0                         | 4.6             | 0.2                     | 3.4                          | 2.0                   | 0.02               | 0.08           | 2.1                 | 2.3                              | 2.0                  | 5.5                     | 7.8                     | 71          | 4                  |

## **APÊNDICES**



**APÊNDICE A** – Composição granulométrica das camadas dos solos presentes no estudo.

| Perfil    | Composição granulométrica (%)                                      |             |            |       |        |                 |
|-----------|--|-------------|------------|-------|--------|-----------------|
|           | Cascalho   | AreiaGrossa | Areia fina | Silte | Argila | Classe textural |
| <b>P1</b> | <b>Argissolo Bruno-Acinzentado Distrófico abrupto (PBACd)</b>      |             |            |       |        |                 |
| 0-10      | 1  | 35          | 14         | 28    | 22     | Franco          |
| 10-20     | 1  | 31          | 16         | 25    | 28     | Franco Argilo   |
| 20-40     | 15   | 29          | 13         | 26    | 31     | Franco Argiloso |
| 40-60     | 15   | 34          | 9          | 18    | 39     | Franco Argiloso |
| 60-80     | 27   | 24          | 7          | 13    | 56     | Argila          |
| 80-100    | 27   | 25          | 8          | 26    | 41     | Argila          |
| <b>P2</b> | <b>Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVD)</b>                  |             |            |       |        |                 |
| 0-10      | 2  | 42          | 21         | 18    | 19     | Franco Arenoso  |
| 10-20     | 2  | 42          | 19         | 17    | 22     | Franco Argilo   |
| 20-40     | 0  | 36          | 13         | 14    | 36     | Argila Arenosa  |
| 40-60     | 4  | 25          | 7          | 12    | 56     | Argila          |
| 60-80     | 6  | 24          | 8          | 13    | 54     | Argila          |
| 80-100    | 6  | 23          | 10         | 18    | 50     | Argila          |
| <b>P3</b> | <b>Cambissolo Háptico Distroférico/Tb Distrófico típico (CXbd)</b> |             |            |       |        |                 |
| 0-10      | 3  | 40          | 28         | 16    | 16     | Franco Arenoso  |
| 10-20     | 3  | 40          | 26         | 16    | 18     | Franco Arenoso  |
| 20-40     | 20   | 38          | 25         | 17    | 20     | Franco Arenoso  |
| 40-60     | 20   | 39          | 17         | 18    | 26     | Franco Argilo   |
| 60-80     | 11   | 37          | 16         | 20    | 27     | Franco Argilo   |
| 80-100    | 11   | 18          | 18         | 27    | 37     | Franco Argiloso |
| <b>P4</b> | <b>Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd)</b>                 |             |            |       |        |                 |
| 0-10      | 27   | 41          | 32         | 14    | 13     | Franco Arenoso  |
| 10-20     | 27   | 49          | 24         | 14    | 13     | Franco Arenoso  |
| 20-40     | 27   | 59          | 21         | 11    | 9      | Franco Arenoso  |
| 40-60     | 0  | 34          | 14         | 24    | 28     | Franco Argilo   |
| 60-80     | 0  | 52          | 23         | 14    | 11     | Franco Arenoso  |
| 80-100    | 0  | 42          | 13         | 23    | 22     | Franco Argilo   |
| <b>P5</b> | <b>Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd)</b>                 |             |            |       |        |                 |
| 0-10      | 2  | 47          | 18         | 19    | 17     | Franco Arenoso  |
| 10-20     | 2  | 42          | 19         | 20    | 19     | Franco Arenoso  |
| 20-40     | 2  | 38          | 17         | 22    | 22     | Franco Argilo   |
| 40-60     | 50   | 46          | 24         | 18    | 12     | Franco Arenoso  |
| 60-80     | 50   | 60          | 22         | 11    | 6      | Areia Franca    |
| 80-100    | 50   | 25          | 10         | 17    | 48     | Argila          |
| <b>P6</b> | <b>Argissolo Bruno-Acinzentado Eutrófico típico</b>                |             |            |       |        |                 |
| 0-10      | 0  | 30          | 20         | 32    | 18     | Franco          |
| 10-20     | 0  | 44          | 23         | 21    | 12     | Franco Arenoso  |
| 20-40     | 4  | 42          | 22         | 22    | 14     | Franco Arenoso  |
| 40-60     | 4  | 45          | 20         | 20    | 15     | Franco Arenoso  |
| 60-80     | 2  | 39          | 19         | 20    | 22     | Franco Argilo   |
| 80-100    | 2  | 37          | 18         | 20    | 25     | Franco Argilo   |

**APÊNDICE A** – Composição granulométrica das camadas dos solos presentes no estudo.

| Perfil   | Composição granulométrica (%) |              |       |       |        | Classe textural |
|--|-------------------------------|--------------|-------|-------|--------|-----------------|
|  | Cascalho                      | Areia grossa | Areia | Silte | Argila |                 |
| <b>P7 Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd)</b>    |                               |              |       |       |        |                 |
| 0-10   | 0                             | 43           | 18    | 21    | 18     | Franco Arenoso  |
| 10-20  | 0                             | 41           | 19    | 23    | 18     | Franco Arenoso  |
| 20-40  | 0                             | 42           | 18    | 22    | 19     | Franco Arenoso  |
| 40-60  | 5                             | 38           | 14    | 21    | 26     | Franco Argilo   |
| 60-80  | 5                             | 34           | 13    | 9     | 45     | Franco Argilo   |
| 80-100   | 5                             | 29           | 8     | 15    | 48     | Argila          |
| <b>P8 Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd)</b>  |                               |              |       |       |        |                 |
| 0-10   | 2                             | 61           | 16    | 12    | 11     | Franco Arenoso  |
| 10-20  | 2                             | 63           | 13    | 13    | 11     | Franco Arenoso  |
| 20-40  | 2                             | 60           | 15    | 14    | 11     | Franco Arenoso  |
| 40-60  | 3                             | 54           | 19    | 17    | 10     | Franco Arenoso  |
| 60-80  | 3                             | 58           | 18    | 15    | 9      | Franco Arenoso  |
| 80-100   | 27                            | 55           | 22    | 15    | 9      | Franco Arenoso  |
| <b>P9 Luvissole Crômico Órtico típico (TCo)</b>        |                               |              |       |       |        |                 |
| 0-10   | 1                             | 16           | 21    | 35    | 28     | Franco Argiloso |
| 10-20  | 1                             | 34           | 13    | 22    | 31     | Franco Argilo   |
| 20-40  | 0                             | 42           | 16    | 21    | 21     | Franco Argilo   |
| 40-60  | 0                             | 43           | 17    | 24    | 16     | Franco Arenoso  |
| 60-80  | 0                             | 39           | 17    | 21    | 23     | Franco Argilo   |
| 80-100   | 0                             | 10           | 24    | 40    | 26     | Franco          |
| <b>P10 Luvissole Crômico Órtico típico (TCo)</b>       |                               |              |       |       |        |                 |
| 0-10   | 1                             | 8            | 15    | 45    | 32     | Franco Argiloso |
| 10-20  | 1                             | 9            | 16    | 43    | 32     | Franco Argiloso |
| 20-40  | 8                             | 7            | 15    | 42    | 36     | Franco Argiloso |
| 40-60  | 0                             | 11           | 16    | 38    | 35     | Franco Argiloso |
| 60-80  | 0                             | 4            | 13    | 50    | 33     | Franco Argilo   |
| 80-100   | 0                             | 6            | 23    | 52    | 19     | Franco Siltoso  |
| <b>P11 Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd)</b>   |                               |              |       |       |        |                 |
| 0-10   | 0                             | 35           | 21    | 23    | 22     | Franco Argilo   |
| 10-20  | 0                             | 38           | 17    | 21    | 23     | Franco Argilo   |
| 20-40  | 4                             | 28           | 21    | 21    | 30     | Franco Argilo   |
| 40-60  | 4                             | 30           | 15    | 17    | 39     | Franco Argiloso |
| 60-80  | 4                             | 26           | 9     | 12    | 52     | Argila          |
| 80-100   | 15                            | 25           | 8     | 10    | 57     | Argila          |
| <b>P12 Argissolo Vermelho Distrófico abrupto (PVd)</b> |                               |              |       |       |        |                 |
| 0-10   | 0                             | 21           | 41    | 18    | 20     | Franco Arenoso  |
| 10-20  | 0                             | 22           | 38    | 18    | 22     | Franco Argilo   |
| 20-40  | 2                             | 17           | 34    | 18    | 30     | Franco Argilo   |
| 40-60  | 7                             | 12           | 29    | 14    | 45     | Argila          |
| 60-80  | 10                            | 10           | 26    | 13    | 51     | Argila          |
| 80-100   | 10                            | 6            | 17    | 9     | 68     | Muito Argiloso  |

**APÊNDICE A** – Composição granulométrica das camadas dos solos presentes no estudo.

| <b>P13</b>  | <b>Composição granulométrica (%)</b> |                     |              |              |               | <b>Classe textural</b> |
|---|--------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|---------------|------------------------|
|   | <b>Cascalho</b>                      | <b>Areia grossa</b> | <b>Areia</b> | <b>Silte</b> | <b>Argila</b> |                        |
| <b>Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd)</b>                    |                                      |                     |              |              |               |                        |
| 0-10  | 13                                   | 46                  | 21           | 18           | 15            | Franco Arenoso         |
| 10-20   | 13                                   | 45                  | 21           | 17           | 17            | Franco Arenoso         |
| 20-40   | 12                                   | 45                  | 19           | 16           | 20            | Franco Argilo          |
| 40-60   | 24                                   | 37                  | 10           | 15           | 38            | Argila Arenosa         |
| 60-80   | 24                                   | 24                  | 12           | 16           | 49            | Argila                 |
| 80-   | 24                                   | 19                  | 9            | 21           | 51            | Argila                 |
| <b>P14 Luvissole Crômico Órtico típico (TCo)</b>                      |                                      |                     |              |              |               |                        |
| 0-10  | 17                                   | 15                  | 19           | 37           | 29            | Franco Argiloso        |
| 10-20   | 17                                   | 8                   | 31           | 31           | 29            | Franco Argiloso        |
| 20-40   | 0                                    | 10                  | 22           | 38           | 30            | Franco Argiloso        |
| 40-60   | 0                                    | 11                  | 6            | 30           | 53            | Argila                 |
| 60-80   | 0                                    | 15                  | 4            | 26           | 55            | Argila                 |
| 80-   | 0                                    | 22                  | 4            | 30           | 44            | Argila                 |
| <b>P15 Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe)</b> |                                      |                     |              |              |               |                        |
| 0-10  | 0                                    | 38                  | 16           | 24           | 22            | Franco Argilo          |
| 10-20   | 0                                    | 40                  | 17           | 19           | 24            | Franco Argilo          |
| 20-40   | 0                                    | 32                  | 15           | 23           | 30            | Franco Argilo          |
| 40-60   | 0                                    | 29                  | 14           | 21           | 36            | Franco Argiloso        |
| 60-80   | 0                                    | 27                  | 11           | 18           | 44            | Argila                 |
| 80-   | 1                                    | 23                  | 10           | 15           | 52            | Argila                 |
| <b>P16 Argissolo Vermelho Eutroférico/Eutrófico latossólico (PVe)</b> |                                      |                     |              |              |               |                        |
| 0-10  | 0                                    | 28                  | 26           | 19           | 27            | Franco Argilo          |
| 10-20   | 0                                    | 41                  | 16           | 21           | 22            | Franco Argilo          |
| 20-40   | 0                                    | 40                  | 14           | 23           | 23            | Franco Argilo          |
| 40-60   | 0                                    | 38                  | 13           | 21           | 28            | Franco Argilo          |
| 60-80   | 0                                    | 30                  | 13           | 16           | 42            | Argila                 |
| 80-   | 1                                    | 24                  | 10           | 18           | 48            | Argila                 |

**APÊDICE B** – Densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (macro), microporosidade (micro), e condutividade hidráulica saturada (Ksat) dos perfis das classes de solos estudadas.

| Perfil | Camada | Dp                 | Ds   | PT                               | Macro | Micro | Ksat<br>cm h <sup>-1</sup> |
|--------|--------|--------------------|------|----------------------------------|-------|-------|----------------------------|
|        |        | g cm <sup>-3</sup> |      | cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> |       |       |                            |
| P01    | 0-10   | 2,41               | 1,27 | 0,47                             | 0,22  | 0,25  | 8,14                       |
|        | 10-20  | 2,48               | 1,41 | 0,43                             | 0,18  | 0,25  | 4,38                       |
|        | 20-40  | 2,49               | 1,42 | 0,43                             | 0,19  | 0,24  | 4,07                       |
|        | 40-60  | 2,55               | 1,48 | 0,42                             | 0,20  | 0,22  | 4,57                       |
|        | 60-80  | 2,59               | 1,42 | 0,45                             | 0,23  | 0,22  | 19,68                      |
|        | 80-100 | 2,53               | 1,51 | 0,40                             | 0,16  | 0,24  | 4,55                       |
| P02    | 0-10   | 2,55               | 1,33 | 0,48                             | 0,29  | 0,19  | 32,54                      |
|        | 10-20  | 2,50               | 1,47 | 0,41                             | 0,21  | 0,20  | 12,43                      |
|        | 20-40  | 2,57               | 1,42 | 0,45                             | 0,20  | 0,25  | 14,85                      |
|        | 40-60  | 2,58               | 1,35 | 0,48                             | 0,17  | 0,31  | 0,28                       |
|        | 60-80  | 2,57               | 1,41 | 0,45                             | 0,14  | 0,31  | 0,96                       |
|        | 80-100 | 2,56               | 1,51 | 0,41                             | 0,16  | 0,25  | 0,83                       |
| P03    | 0-10   | 2,52               | 1,45 | 0,42                             | 0,26  | 0,16  | 3,85                       |
|        | 10-20  | 2,50               | 1,51 | 0,40                             | 0,23  | 0,16  | 4,64                       |
|        | 20-40  | 2,51               | 1,52 | 0,39                             | 0,24  | 0,15  | 33,34                      |
|        | 40-60  | 2,41               | 1,51 | 0,38                             | 0,24  | 0,13  | 91,43                      |
|        | 60-80  | 2,48               | 1,59 | 0,36                             | 0,09  | 0,26  | 9,80                       |
|        | 80-100 | 2,48               | 1,50 | 0,40                             | 0,10  | 0,30  | 15,10                      |
| P04    | 0-10   | 2,33               | 1,42 | 0,39                             | 0,33  | 0,06  | 92,30                      |
|        | 10-20  | 2,33               | 1,37 | 0,41                             | 0,34  | 0,07  | 32,33                      |
|        | 20-40  | 2,46               | 1,42 | 0,42                             | 0,33  | 0,09  | 130,86                     |
|        | 40-60  | 2,43               | 1,44 | 0,41                             | 0,28  | 0,13  | 87,80                      |
|        | 60-80  | 2,41               | 1,54 | 0,36                             | 0,23  | 0,14  | 44,90                      |
|        | 80-100 | 2,38               | 1,51 | 0,37                             | 0,21  | 0,16  | 32,29                      |
| P05    | 0-10   | 2,48               | 1,38 | 0,44                             | 0,27  | 0,17  | 40,73                      |
|        | 10-20  | 2,46               | 1,47 | 0,40                             | 0,22  | 0,18  | 21,59                      |
|        | 20-40  | 2,53               | 1,47 | 0,42                             | 0,23  | 0,19  | 10,64                      |
|        | 40-60  | 2,52               | 1,54 | 0,39                             | 0,20  | 0,18  | 3,37                       |
|        | 60-80  | 2,55               | 1,52 | 0,41                             | 0,26  | 0,14  | 64,96                      |
|        | 80-100 | 2,51               | 1,52 | 0,39                             | 0,13  | 0,26  | 8,57                       |
| P06    | 0-10   | 2,44               | 1,43 | 0,41                             | 0,27  | 0,14  | 13,88                      |
|        | 10-20  | 2,51               | 1,45 | 0,42                             | 0,25  | 0,17  | 13,34                      |
|        | 20-40  | 2,46               | 1,46 | 0,41                             | 0,21  | 0,20  | 8,48                       |
|        | 40-60  | 2,49               | 1,51 | 0,39                             | 0,21  | 0,18  | *                          |
|        | 60-80  | 2,52               | 1,58 | 0,37                             | 0,19  | 0,18  | 16,14                      |
|        | 80-100 | 2,50               | 1,60 | 0,36                             | 0,16  | 0,20  | 10,17                      |
| P07    | 0-10   | 2,52               | 1,44 | 0,43                             | 0,23  | 0,20  | 4,46                       |
|        | 10-20  | 2,47               | 1,46 | 0,41                             | 0,22  | 0,18  | 9,85                       |
|        | 20-40  | 2,53               | 1,46 | 0,42                             | 0,22  | 0,20  | 10,57                      |
|        | 40-60  | 2,51               | 1,45 | 0,42                             | 0,22  | 0,20  | 18,11                      |
|        | 60-80  | 2,46               | 1,47 | 0,40                             | 0,19  | 0,22  | 5,84                       |
|        | 80-100 | 2,54               | 1,41 | 0,45                             | 0,12  | 0,33  | 11,04                      |
| P08    | 0-10   | 2,43               | 1,26 | 0,48                             | 0,34  | 0,15  | 36,15                      |
|        | 10-20  | 2,39               | 1,30 | 0,45                             | 0,32  | 0,14  | 32,45                      |
|        | 20-40  | 2,46               | 1,39 | 0,43                             | 0,31  | 0,12  | 37,14                      |
|        | 40-60  | 2,49               | 1,33 | 0,47                             | 0,36  | 0,11  | 44,49                      |
|        | 60-80  | 2,51               | 1,31 | 0,48                             | 0,34  | 0,13  | 29,96                      |
|        | 80-100 | 2,50               | 1,44 | 0,43                             | 0,33  | 0,10  | 29,22                      |



**APÊDICE B** – Densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (macro), microporosidade (micro), e condutividade hidráulica saturada (Ksat) dos perfis das classes de solos estudadas.

| Perfil | Camada | Dp                 | Ds   | PT                               | Macro | Micro | Ksat<br>cm h <sup>-1</sup> |
|--------|--------|--------------------|------|----------------------------------|-------|-------|----------------------------|
|        |        | g cm <sup>-3</sup> |      | cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> |       |       |                            |
| P09    | 0-10   | 2,31               | 1,20 | 0,48                             | 0,16  | 0,32  | 5,52                       |
|        | 10-20  | 2,48               | 1,37 | 0,45                             | 0,28  | 0,17  | 41,43                      |
|        | 20-40  | 2,37               | 1,38 | 0,42                             | 0,23  | 0,18  | 23,69                      |
|        | 40-60  | 2,40               | 1,28 | 0,47                             | 0,14  | 0,33  | 8,27                       |
|        | 60-80  | 2,48               | 1,31 | 0,47                             | 0,11  | 0,37  | 20,21                      |
|        | 80-100 | 2,54               | 1,42 | 0,44                             | 0,05  | 0,40  | 2,10                       |
| P10    | 0-10   | 2,29               | 1,14 | 0,50                             | 0,20  | 0,31  | 27,56                      |
|        | 10-20  | 2,36               | 1,23 | 0,48                             | 0,16  | 0,32  | 28,33                      |
|        | 20-40  | 2,40               | 1,26 | 0,48                             | 0,16  | 0,32  | 40,38                      |
|        | 40-60  | 2,54               | 1,14 | 0,55                             | 0,19  | 0,36  | 15,68                      |
|        | 60-80  | 2,53               | 1,21 | 0,52                             | 0,21  | 0,31  | 6,62                       |
|        | 80-100 | 2,59               | 1,29 | 0,50                             | 0,09  | 0,41  | 2,43                       |
| P11    | 0-10   | 2,50               | 1,42 | 0,43                             | 0,21  | 0,22  | *                          |
|        | 10-20  | 2,46               | 1,50 | 0,39                             | 0,17  | 0,22  | 6,16                       |
|        | 20-40  | 2,50               | 1,51 | 0,40                             | 0,16  | 0,23  | 20,08                      |
|        | 40-60  | 2,54               | 1,38 | 0,46                             | 0,19  | 0,27  | *                          |
|        | 60-80  | 2,40               | 1,35 | 0,44                             | 0,12  | 0,32  | *                          |
|        | 80-100 | 2,42               | 1,30 | 0,46                             | 0,13  | 0,33  | 8,26                       |
| P12    | 0-10   | 2,51               | 1,44 | 0,42                             | 0,27  | 0,15  | 14,33                      |
|        | 10-20  | 2,46               | 1,51 | 0,38                             | 0,18  | 0,20  | 15,32                      |
|        | 20-40  | 2,49               | 1,43 | 0,43                             | 0,20  | 0,23  | 9,20                       |
|        | 40-60  | 2,51               | 1,38 | 0,45                             | 0,23  | 0,22  | *                          |
|        | 60-80  | 2,50               | 1,35 | 0,46                             | 0,18  | 0,28  | 3,80                       |
|        | 80-100 | 2,49               | 1,36 | 0,45                             | 0,14  | 0,31  | 3,43                       |
| P13    | 0-10   | 2,51               | 1,42 | 0,43                             | 0,26  | 0,17  | 20,55                      |
|        | 10-20  | 2,44               | 1,44 | 0,41                             | 0,24  | 0,17  | 27,73                      |
|        | 20-40  | 2,48               | 1,43 | 0,42                             | 0,27  | 0,15  | *                          |
|        | 40-60  | 2,42               | 1,42 | 0,41                             | 0,19  | 0,22  | 58,60                      |
|        | 60-80  | 2,43               | 1,19 | 0,51                             | 0,29  | 0,22  | 43,55                      |
|        | 80-100 | 2,43               | 1,39 | 0,43                             | 0,18  | 0,25  | 8,16                       |
| P14    | 0-10   | 2,28               | 1,12 | 0,51                             | 0,23  | 0,28  | 23,24                      |
|        | 10-20  | 2,35               | 1,35 | 0,43                             | 0,24  | 0,19  | 94,20                      |
|        | 20-40  | 2,42               | 1,33 | 0,45                             | 0,30  | 0,15  | 63,10                      |
|        | 40-60  | 2,59               | 1,17 | 0,55                             | 0,17  | 0,38  | 27,13                      |
|        | 60-80  | 2,70               | 1,15 | 0,57                             | 0,15  | 0,42  | 24,17                      |
|        | 80-100 | 2,68               | 1,26 | 0,53                             | 0,06  | 0,48  | 11,50                      |
| P15    | 0-10   | 2,39               | 1,50 | 0,37                             | 0,13  | 0,24  | 4,61                       |
|        | 10-20  | 2,44               | 1,56 | 0,36                             | 0,12  | 0,25  | 0,53                       |
|        | 20-40  | 2,55               | 1,56 | 0,39                             | 0,15  | 0,24  | 1,23                       |
|        | 40-60  | 2,48               | 1,55 | 0,37                             | 0,13  | 0,25  | 4,24                       |
|        | 60-80  | 2,57               | 1,52 | 0,41                             | 0,13  | 0,28  | 1,21                       |
|        | 80-100 | 2,49               | 1,45 | 0,42                             | 0,13  | 0,29  | 0,90                       |
| P16    | 0-10   | 2,45               | 1,42 | 0,42                             | 0,22  | 0,20  | 16,70                      |
|        | 10-20  | 2,42               | 1,44 | 0,40                             | 0,20  | 0,20  | 11,36                      |
|        | 20-40  | 2,41               | 1,50 | 0,38                             | 0,15  | 0,23  | 6,01                       |
|        | 40-60  | 2,58               | 1,51 | 0,42                             | 0,19  | 0,22  | 1,22                       |
|        | 60-80  | 2,55               | 1,47 | 0,42                             | 0,18  | 0,24  | 1,19                       |
|        | 80-100 | 2,46               | 1,42 | 0,42                             | 0,14  | 0,28  | 4,12                       |

\*Não determinados.