

**LEVANTAMENTO DE SOLOS,  
INTERPRETAÇÃO PARA O RISCO DE  
ANOXIA E ESTABELECIMENTO DE  
UNIDADES DE MANEJO PARA A CULTURA  
DO EUCALIPTO NO RIO GRANDE DO SUL**

**ADRIANA MONTEIRO DA COSTA**

**2008**

**ADRIANA MONTEIRO DA COSTA**

**LEVANTAMENTO DE SOLOS, INTERPRETAÇÃO PARA O  
RISCO DE ANOXIA E ESTABELECIMENTO DE UNIDADES DE  
MANEJO PARA A CULTURA DO EUCALIPTO  
NO RIO GRANDE DO SUL**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do  
Solo, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. João José G.S.M.Marques

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Costa, Adriana Monteiro da.

Levantamento de solos, interpretação para o risco de anoxia e estabelecimento de unidades de manejo para a cultura do eucalipto no Rio Grande do Sul / Adriana Monteiro da Costa. – Lavras : UFLA, 2008.

111 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: João José G. S. M. Marques.

Bibliografia.

1. Aptidão agrícola.
2. Mapa de solos.
3. Pedologia.
4. Silvicultura.
- 5.

Anoxia. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.478165

**ADRIANA MONTEIRO DA COSTA**

**LEVANTAMENTO DE SOLOS, INTERPRETAÇÃO PARA O  
RISCO DE ANOXIA E ESTABELECIMENTO DE UNIDADES DE  
MANEJO PARA A CULTURA DO EUCALIPTO  
NO RIO GRANDE DO SUL**

Tese apresentada à Universidade Federal de  
Lavras como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do  
Solo, para a obtenção do título de “Doutor”.

**APROVADA** em 7 de março de 2008

Prof. Dr. Nilton Curi	UFLA
Prof. Dr. Marx Leandro N. Silva	UFLA
Dr. Luiz Marcelo Aguiar Sans	Embrapa Milho e Sorgo
Dr. Derli Prudente Santana	Embrapa Milho e Sorgo

Prof. João José G. S. M. Marques  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS-BRASIL

*“Ainda que eu falasse a língua dos homens e dos anjos, e não tivesse amor,  
seria como um metal que soa ou como o sino que tine.  
E ainda que tivesse o dom de profecias, e conhecesse todos os mistérios e toda  
a ciência, e ainda tivesse toda a fé de maneira tal que transportasse os montes, e  
não tivesse amor, nada seria.  
E ainda que distribuísse toda a minha fortuna para o sustento dos pobres, e  
ainda que entregasse o meu corpo para ser queimado, e não tivesse amor, nada  
disso me aproveitaria.  
O amor é sofredor, é benigno, o amor não é invejoso, não trata com leviandade,  
não se ensoberbece,  
Não se porta com indecência, não busca os seus interesses, não se irrita, não  
deseja mal;  
Não folga com a injustiça, mas folga com a verdade;  
Tudo sofre, tudo crê, tudo espera, tudo suporta.  
O amor nunca falha; mas havendo profecias serão aniquiladas; havendo  
línguas, cessarão; havendo ciência desaparecerá;  
Porque em parte conhecemos, e em parte profetizamos;  
Mas quando vier o que é perfeito, então o que o é em parte será aniquilado.  
Quando eu era menino, falava como menino, sentia como menino, discorria  
como menino, mas, logo que cheguei a ser homem, acabei com as coisas de  
menino.  
Porque agora vemos por espelho em enigma mas então veremos face a face;  
agora conheço em parte, mas então conhecerei como também sou conhecido.  
Agora, pois, permanecem a fé, a esperança e o amor, estes três, mas o maior  
deles é o amor.”*

I aos Coríntios 13:1-13

*A Deus, pelo dom da vida e pelo privilégio de suas provações,*

## **OFEREÇO**

*A minha mãe, Dulcinéa, a meu pai José Nilson  
e aos meus irmãos, Vanessa, Wester e Valéria,  
pelo amor incondicional, que me fortalece a  
cada dia.*

*A Bruno, pelo amor, carinho e por fazer parte  
da minha vida.*

## **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Ciência do Solo (DCS/UFLA) da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do doutorado e deste trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

À Aracruz Celulose S.A, na pessoa de Elias Frank Araújo, pela cooperação e apoio financeiro que permitiram a realização deste trabalho.

Ao Professor João José Marques, pela orientação, ensinamentos, amizade, confiança e compreensão, durante todo o curso.

Ao Professor Nilton Curi, pelos ensinamentos, disposição, humildade, paciência, amizade e por todos os conselhos, profissionais e pessoais.

A Professor Marx Leandro Naves Silva (DCS/UFLA), membro da banca examinadora, pelas sugestões e críticas apresentadas para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Dr. Derli Prudente Santana e Dr. Luiz Marcelo Aguiar Sans (Embrapa Milho e Sorgo), membros da banca examinadora e grandes responsáveis pela idealização e concretização deste sonho, por terem acreditado, incentivado e contribuído para a minha inserção na Ciência do Solo.

A todos os funcionários da Embrapa Milho e Sorgo, que sempre acreditaram no meu trabalho.

A todos os professores do Departamento de Ciência do Solo, pelos ensinamentos, convívio e amizade, em especial aos professores Mozart Martins, e Alfredo Scheid Lopes (Alfredão), pela amizade, simplicidade e pelas prosas.

Ao professor Carlos Alberto Silva, pela simplicidade, acessibilidade e disposição a sempre nos ouvir.

A todos os funcionários do Departamento de Ciência do Solo, Daniela Andrade, Roberta, Cristina, Dulce, João Gualberto, João Bosco, Émerson, Cida, Roberto, Vitinho, Ilton, Manoel, Marlene, Delane, Pezão, Leninha, Eliane, Márcia, Ritinha e Maria Alice, pelo convívio e ajuda sempre que precisei.

Ao professor Luiz Marcelo (Passarinho) (DCF/UFLA), pelos ensinamentos e disposição sempre que precisei.

A Gilberto Coelho, pela ajuda e ensinamentos.

Ao Dr. Edemar Streck (Emater – RS), pela presteza e por disponibilizar mapa digital de solos do Rio Grande do Sul.

A Ana Luíza e ao Eduardo Borin, Regimeire e Gustavo, Patrícia e Leônidas e Geila Carvalho, pela cumplicidade, amizade, paciência e incentivo.

Aos grande amigos Ana Rosa, Daniela Zuliane, Bruno Dias, Euzelina, Michele Duarte (parceira), Ivoney Gontijo, Kátia Costa e Bárbara e Rodrigo (Nick), pelo convívio e amizade.

A todos os amigos e colegas de pós-graduação, em especial, Fernanda Wasner, Cláudio Soares, Lúcio, Aretuza, Cezar (Zeca), Cesinha, Xandão, Regla, Évio, Waldete, Leandro, Jussara, Ênio, Amaury, Josinaldo, José Zilton, Fabiana, Eduardo, Ciro, Vico, Paulo Pinho, Núbia, Evaldo, Ivana, Fabiano, Fabrício, Giovana, Krisle, Bruno Pires, Glácia, Elen, Luiz Gustavo, Sussuca e Sílvio.

A Carlinhos e Beatriz, Adalberto e Marli, D. Odete e Tanimara, pelo carinho, respeito e por terem se tornado parte da minha família.

A minha família, tias, tios e primos e cunhados que nunca deixaram de estar ao meu lado, pelo apoio nos momentos mais difíceis, pelo exemplo de solidariedade, humildade e amor ao próximo.

Aos sempre amigos, Denice, Ivan, Ubiraci, Fezinha (UDI) e Adriane Andrade que, mesmo longe, estão sempre presentes na minha vida.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste grande sonho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>RESUMO GERAL</b> .....	i
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	iii
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
Referências Bibliográficas.....	3
<b>Capítulo 1: Unidades de manejo para o cultivo de eucalipto no estado do Rio Grande do Sul</b> .....	5
Resumo .....	5
Abstract.....	7
1 Introdução.....	8
2 Material e métodos.....	9
3 Resultados e discussão.....	12
4 Conclusões .....	23
5 Referências Bibliográficas.....	24
<b>Capítulo 2: Avaliação do risco de anoxia para o cultivo de eucalipto no Rio Grande do Sul, utilizando levantamento de solos</b> .....	26
Resumo .....	26
Abstract.....	28
1 Introdução.....	29
2 Material e métodos.....	31
3 Resultados e discussão.....	33
4 Conclusões .....	44
5 Referências Bibliográficas.....	45
<b>Capítulo 3: Comparação entre informações obtidas por diferentes levantamentos de solos em microbacia hidrográfica do Rio Grande do Sul</b> .....	47
Resumo .....	47
Abstract.....	48
1 Introdução.....	49
2 Material e métodos.....	51
3 Resultados e discussão.....	53
4 Conclusões .....	62
5 Agradecimento.....	63
6 Referências Bibliográficas.....	63
<b>ANEXOS</b> .....	66

## RESUMO GERAL

COSTA, Adriana Monteiro da. **Levantamento de solos, interpretação para o risco de anoxia e estabelecimento de unidades de manejo para a cultura do eucalipto no Rio Grande do Sul**. 2008. 111p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil<sup>1</sup>.

A grande expansão do cultivo de eucalipto para diferentes regiões do país leva à necessidade de conhecimento da distribuição espacial dos solos e da sua capacidade de uso, a fim de garantir a produtividade dos plantios comerciais e preservação do ambiente. O levantamento de solos consiste numa importante tecnologia para identificação e delimitação dos distintos ambientes de solos e sua interpretação pode fornecer subsídios para um planejamento adequado de uso das terras. Este trabalho teve por objetivo a elaboração de levantamento detalhado e semidetalhado de solos e sua interpretação para o risco de anoxia e estabelecimento de unidades de manejo para o cultivo de eucalipto no Estado do Rio Grande do Sul. A área em estudo abrange parte dos Municípios de Arroio dos Ratos, Barra do Ribeiro, Butiá, Cachoeira do Sul, Camaquã, Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul, Guaíba, Mariana Pimental, Pântano Grande, Rio Pardo, São Jerônimo, Tapes e Triunfo. Realizou-se o levantamento detalhado de solos para microbacia hidrográfica e semidetalhado de solos para as demais áreas em estudo utilizando-se como critérios para determinação das unidades de mapeamento os atributos do solo: classe textural, profundidade efetiva do horizonte B, presença de mosqueados e indícios de gleização, presença de caráter coeso, de cascalhos/pedregosidade e como atributo do meio a declividade do terreno. Compararam-se informações obtidas por diferentes levantamentos de solos, interpretou-se o levantamento semidetalhado quanto ao risco de anoxia à cultura do eucalipto e definiram-se unidades de manejo para o cultivo do eucalipto visando a separação de áreas homogêneas quanto à produtividade. O levantamento detalhado de solos permitiu a identificação de unidades de mapeamento de solos não delimitadas no mapa ampliado do levantamento de reconhecimento. A ampliação do mapa de pequena escala mostrou-se inviável, levando a superestimação da aptidão agrícola da área em estudo. A interpretação das informações constantes no mapa semidetalhado, para fins de avaliação do risco de anoxia mostraram-se compatíveis com a medida direta dos efeitos da anoxia sobre a cultura do eucalipto. O levantamento semidetalhado de solos permitiu a estimativa dos parâmetros ambientais e do solo limitantes ao cultivo do eucalipto. Determinaram-se as unidades de manejo para o cultivo do

---

<sup>1</sup> Comitê de orientação: Prof. João José Granate de Sá e Melo Marques, DCS/UFLA (orientador); Prof. Nilton Curi, DCS/UFLA (Co-orientador).

eucalipto: apta superior (60%), apta inferior (14%), marginal superior (19%), marginal inferior (2%) e inapta (4%). As maiores limitações foram atribuídas à deficiência de oxigênio e impedimentos ao manejo, impondo limitações severas ao cultivo, mesmo em manejo de alta tecnologia. Dependendo dos objetivos, o agrupamento pode ser mudado, sendo para tal, necessárias reconsiderações dos critérios de agrupamento. As classes de solos consistiram em um importante estratificador de ambientes a nível local.

**Palavras-chaves:** aptidão agrícola, mapa de solos, pedologia, silvicultura, anoxia

## GENERAL ABSTRACT

COSTA, Adriana Monteiro da. **Soils mapping, interpretation for anoxia and management units for eucalyptus in the State of Rio Grande do Sul.** 2008. 111p. Thesis (Doctor in Soil Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil<sup>2</sup>.

The major expansion of *Eucalyptus* plantations throughout different regions of Brazil requires knowledge about the soil spatial distribution and land use capacity, in order to warrant the productivity of the commercial forests and the environmental preservation. Soil survey is an important tool for identifying and delimitating different soils. This study aimed to elaborate detailed and semi-detailed soil surveys, to provide interpretation for anoxia risks, and to establish management units for eucalyptus plantations in the State of Rio Grande do Sul. The studied area partially covers Arroio dos Ratos, Barra do Ribeiro, Butiá, Cachoeira do Sul, Camaquã, Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul, Guaíba, Mariana Pimental, Pântano Grande, Rio Pardo, São Jerônimo, Tapes, and Triunfo counties. The detailed soil survey for a watershed and the semi-detailed soil survey for the others areas were realized minding particularly the following soil attributes: texture, B horizon depth, mottle presence, gley status, presence of cohesive behavior, gravel and stone contents, and slope steepness. The informations obtained in soil surveys made at different scales were compared. The semi-detailed soil survey was interpreted to anoxia risk for *Eucalyptus*. The management units were defined for *Eucalyptus* to promote the separation of homogeneous areas according to expected productivity. The detailed soil survey allowed identification of soil units that were not delimited in the map a reconnaissance survey. The magnification of a short scale map showed to be not suitable because it overestimated the land suitability. The interpretation to anoxia risk showed to be compatible with the direct measure of anoxic effects on eucalyptus trees. The mapped areas showed the following management units for eucalyptus plantations: apt superior (60%), apt inferior (14%), marginal superior (19%), marginal inferior (2%), and unapt (4%). The largest restrictions were due to risk of anoxia and soil tillage difficulties.

**Key Words:** land agricultural vocation, soil map, pedology, silviculture, anoxia risk.

---

<sup>2</sup> Guidance committee: Prof. João José Granate de Sá e Melo Marques, DCS/UFLA (adviser); Prof. Nilton Curi, DCS/UFLA (Co-adviser).

## INTRODUÇÃO GERAL

O setor de base florestal constitui um mercado em franca expansão no Brasil. O crescimento de florestas plantadas para espécies de eucalipto e pinus, em 2006, atingiu cerca de 130.000 ha de novas áreas, comparativamente a 2005, revelando a produtividade crescente das florestas (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, Abraf, 2007). O segmento de celulose e papel é considerado um dos mais bem sucedidos do setor florestal, devido à sua competitividade decorrente das altas produtividades (Soares et al., 2007).

A utilização de espécies com alta adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, bem como condições climáticas favoráveis, tem promovido a expansão das áreas de plantio para diferentes estados do país. A manutenção da produtividade e, conseqüentemente, da sustentabilidade da atividade florestal depende da qualidade no ambiente dos sítios florestais (Corrêa Neto et al., 2007).

Diferentes atributos do ambiente e do solo podem influenciar a qualidade dos sítios florestais. Condições climáticas, a fisiografia e o solo são fatores determinantes da produtividade (Gonçalves et al., 1990, Gomes et al., 2007). A adequação do uso da terra de acordo com sua capacidade de uso pode promover ganhos na produtividade, favorecendo a competitividade do setor. Segundo Giasson et al. (2006), para cada tipo de solo deve existir um uso economicamente ótimo da terra e, assim, uma maior lucratividade pode ser alcançada se cada unidade de manejo puder ser utilizada de acordo com o seu ótimo.

O levantamento de solos consiste em uma das técnicas utilizadas para avaliar a produtividade nos sítios florestais no Brasil (Menezes, 2005). No entanto, consiste numa avaliação puramente taxonômica, sendo necessária

interpretação adequada para atender a finalidades específicas (Gonçalves et al., 1988).

Apesar de consistir numa importante ferramenta que fornece informações para diferentes finalidades, a maioria dos levantamentos de solos disponíveis no Brasil é considerada pouco detalhada, sendo a maioria de reconhecimento (França & Demattê, 1993; Fiorio et al., 2003; Demattê et al., 2004) e não sendo adequados para o planejamento de uso e manejo de solos de municípios, bacias hidrográficas ou propriedades rurais (Dalmolin et al., 2004).

Para o estado do Rio Grande do Sul, os levantamentos de solos em escalas maiores ocorrem de forma isolada (Schneider & Klamt, 1996), não atendendo à demanda por informações mais apuradas. A carência de informações, em relatórios e mapas mais detalhados de solos, exige conhecimento e habilidades dos técnicos atuantes na área para identificar os diferentes tipos de solos e suas limitações de uso agrícola, visando ao uso racional, economicamente viável e sustentável dos solos (Streck et al., 2002). A execução de levantamentos de solos em escalas maiores condizentes com a expansão agrícola na região é essencial, a fim de se obterem informações necessárias à classificação da aptidão agrícola das terras (Schneider et al., 2007), de forma a fornecer subsídios para um planejamento adequado de uso dos solos.

Este trabalho foi realizado objetivando a elaboração, a execução, a interpretação de levantamentos detalhados e semidetalhados de solos e definição de unidades de manejo para o cultivo de eucalipto no estado do Rio Grande do Sul.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2006/ABRAF. Brasília, 2007. 80p.

CORRÊA NETO, T.A.; ANJOS, L.H. dos.; PEREIRA, M.G.; AMORIM, H.B.; JACCOUD, C. F. de S. Atributos edafoambientais e parâmetros dendométricos de plantios de eucalipto em uma topossequência no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.1, p.43-51, jan./mar. 2007.

DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; PEDRON, F. de A.; AZEVEDO, A. C. de. Relação entre as características e o uso das informações de levantamentos de solos de diferentes escalas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1479-1486, set./out. 2004.

DEMATTÊ, J.A.M.; GENÚ, A.M.; FIORIO, P.R.; ORTIZ, J.L.; MAZZA, J.A.; LEONARDO, H.C.L. Comparação entre mapas de solos obtidos por sensoriamento remoto espectral e pelo método convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.1219-1229, dez. 2004.

FIORIO, P.R.; DEMATTÊ, J.A.M.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, J.C.N. Geoprocessamento e topossequência na determinação de levantamentos de solos em diferentes escalas. **Magistra**, Cruz das Almas, v.15, n.2, p.111-209, jul./dez. 2003.

FRANÇA, G.V.; DEMATTÊ, J.A.M. Levantamento de solos e interpretação fotográfica dos padrões desenvolvidos em solos originados do arenito de Bauru. **Science Agrícola**, Piracicaba, v.50, n.1, p.77-86, fev./maio 1993.

GIASSON, E.; INDA JÚNIOR, A.V.; NASCIMENTO, P.C. Estimativa do benefício econômico potencial de dois levantamentos de solos no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.478-486, mar./abr. 2006.

GOMES, F DOS S.; MENEGOL, O.; DEMATTÊ, J.A.M. Soil attributes related to eucalypt and pine plantations productivity in the south of Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v.24, n.4, p.61-82, June 2007.

GONÇALVES, J.L de M. Interpretação de levantamento de solo para fins silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, n.39, p.65-72, ago. 1988.

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

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

SCHNEIDER, P., GIASSON, E., KLAMT, E. **Classificação da aptidão agrícola das terras: um sistema alternativo**. Guaíba: Agrolivros, 2007. 72p.

SCHNEIDER, P.; KLAMT, E. Necessidades e perspectivas em levantamentos de solos no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ENSINO DE SOLOS, 2., 1996, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, RS: SBCS. UFMS, 1996.

SOARES, N. S., N.S.; SILVA, M.L da.; LIMA, J.E. A função da produção da indústria brasileira de celulose, em 2004. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.495-502, 2007.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, E.S.D.; KLAMT.; NASCIMENTO, P. C. do.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2002. 107p.

## CAPÍTULO 1

### UNIDADES DE MANEJO PARA O CULTIVO DE EUCALIPTO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

#### RESUMO

COSTA, Adriana Monteiro da. Unidades de manejo para o cultivo de eucalipto no estado do Rio Grande do Sul. In: \_\_\_\_\_. **Levantamento de solos, interpretação para o risco de anoxia e estabelecimento de unidades de manejo para a cultura do eucalipto no Rio Grande do Sul.** 2008. Cap.1, p.5-25. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O segmento de celulose e papel tem-se destacado no setor florestal brasileiro levando a um avanço do cultivo de eucalipto para distintas regiões do país. O conhecimento dos atributos do solo e do ambiente que podem afetar a produtividade da cultura torna-se de fundamental importância para garantir a sustentabilidade e competitividade do setor. O estudo foi conduzido com objetivo de realizar o levantamento semidetalhado de solos e definir unidades de manejo para o cultivo do eucalipto no Estado do Rio Grande do Sul. As áreas em estudo compreendem parte dos municípios de Arroio dos Ratos, Barra do Ribeiro, Butiá, Cachoeira do Sul, Camaquã, Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul, Guaíba, Mariana Pimental, Pântano Grande, Rio Pardo, São Jerônimo, Tapes e Triunfo, no Estado do Rio Grande do Sul. Realizou-se o levantamento semidetalhado de solos para as áreas em estudo utilizando-se como critérios para determinação das unidades de mapeamento os atributos do solo: classe textural, profundidade efetiva do horizonte B, presença de mosqueados e indícios de gleização, presença de caráter coeso, de cascalhos/pedregosidade, e como atributo do meio, a declividade do terreno. Com base nas informações da legenda do levantamento semidetalhado de solos, observações de campo, dados de produtividade e da experiência de técnicos que atuam na área, foram definidos critérios específicos, determinantes do manejo e da produtividade do eucalipto no Estado do Rio Grande do Sul, e elaborado um quadro-guia de classificação para definição das unidades de manejo para o cultivo do eucalipto. A elaboração do quadro-guia de classificação, específico para a região em estudo, permitiu determinar os fatores limitantes ao manejo dos solos e à produtividade do eucalipto. Definiram-se as unidades apta superior, apta

inferior, marginal superior, marginal inferior e inapta ao cultivo do eucalipto. As maiores restrições observadas foram impostas pela deficiência de oxigênio e impedimentos ao manejo.

**Palavras-chave:** aptidão agrícola, levantamento de solos, silvicultura.

## CHAPTER 1

### MANAGEMENT UNITS FOR *Eucalyptus* IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

#### ABSTRACT

COSTA, Adriana Monteiro da. Management units for *Eucalyptus* in the State of Rio Grande do Sul. In: \_\_\_\_\_. **Soils mapping, interpretation for anoxia and management units for eucalyptus in the State of Rio Grande do Sul.** 2008. Chap.1, p.5-25. Thesis (Doctor in Soil Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil

The cellulose and paper sector is a major player in the Brazilian forest economy, growing eucalyptus forests in different regions of Brazil. The knowledge of soils has a fundamental importance to warrant the sector sustainability and competitiveness. This study was conducted with the aim to make soil surveys at different scales and set management units for eucalyptus forests in the State of Rio Grande do Sul. The studied areas are sited in the counties of Arroio dos Ratos, Barra do Ribeiro, Butiá, Cachoeira do Sul, Camaquã, Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul, Guaíba, Mariana Pimental, Pântano Grande, Rio Pardo, São Jerônimo, Tapes, and Triunfo, in the State of Rio Grande do Sul. The following soil attributes, texture, B horizon depth, mottle presence, gley status, presence of cohesive behavior, gravel and stone content, and slope steepness, were subject to particular attention while surveying the area. The management units were defined and a classification guide was elaborated based on: data from the semi-detailed soils, field observation, productivity data, and experience of local forest technicians. The mapped areas showed the following management units for *Eucalyptus* plantations: apt superior, apt inferior, marginal superior, marginal inferior, and unapt. The largest restrictions were due to risk of lack of oxygen and management impediments.

**Keywords:** land agricultural vocation, soils survey, silviculture.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as plantações de eucalipto têm alcançado um grande avanço no Brasil, tornando-se de grande importância econômica para o país. O segmento de celulose e papel é considerado um dos mais bem sucedidos do setor florestal brasileiro (Soares et al., 2007). Em 2006, o setor gerou 109.860 empregos diretos e valor bruto de produção de 25.211 milhões de reais, correspondentes a 45% da arrecadação do setor florestal brasileiro (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, Abraf, 2007).

A rápida expansão dos plantios comerciais, principalmente para as regiões Sul e Sudeste do país leva à necessidade de estudos da qualidade no ambiente nos sítios florestais (Corrêa Neto et al., 2007) e do potencial produtivo dos mesmos, a fim de garantir a preservação dos recursos naturais e a competitividade do setor. Dessa forma, o estudo das relações entre o potencial produtivo e as principais limitações à produção de uma determinada área torna-se essencial para o manejo racional da floresta e do solo (Ortiz et al., 2006).

O levantamento de solos é uma importante tecnologia para a identificação e a delimitação dos diferentes ambientes de solos existentes, consistindo no melhor estratificador em nível local (Curi, 2000). A interpretação do levantamento de solos pode fornecer subsídios para a seleção de espécies, a extrapolação de resultados experimentais, a predição de crescimento e da qualidade da madeira, a interpretação à resposta a fertilizações minerais e as definições de técnicas silviculturais (Gonçalves, 1998).

Os levantamentos de solos realizados no Brasil são considerados pouco detalhados. A maioria é de reconhecimento (França & Demattê, 1993; Fiorio et al., 2003; Demattê et al., 2004), não atendendo, portanto, às necessidades exigidas para um adequado planejamento local de uso do solo, quando se pretende realizar projetos específicos, como de assentamento rural, de irrigação,

pastoris, de reflorestamento, de concessão de financiamento, de manejo agrícola, dentre outros.

Para o estado do Rio Grande do Sul, considerado pioneiro no levantamento de solos no Brasil, o número de levantamentos executados em escalas maiores ocorre de forma isolada e não condiz com a expansão e intensificação da agricultura no estado (Schneider & Klamt, 1996). Em virtude da grande expansão do setor florestal brasileiro, para a região Sul do país, tornam-se necessárias a execução de levantamentos de solos e a produção de mapas pedológicos com escala adequada para a obtenção de informações necessárias à classificação da aptidão agrícola das terras (Schneider et al., 2007), fornecendo subsídios para a definição de práticas de manejo dos solos que garantam a sustentabilidade do setor.

Com a realização deste trabalho, objetivou-se a elaboração do levantamento de solos semidetalhado e a determinação de unidades de manejo para o cultivo do eucalipto no Rio Grande do Sul.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

As áreas em estudo localizam-se no estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas UTM 22K 279.777 e 475.613 E e 6.596.039 e 6.710.322 S (Datum SAD 69). Com extensão de 18.550 ha, abrange parte dos seguintes municípios: Arroio dos Ratos, Barra do Ribeiro, Butiá, Cachoeira do Sul, Camaquã, Eldorado do Sul, Encruzilhada do Sul, Guaíba, Mariana Pimental, Pântano Grande, Rio Pardo, São Jerônimo, Tapes e Triunfo.

A vegetação primitiva era formada por mata subtropical alta e mata subtropical arbustiva. A área está compreendida nas regiões fisiográficas Depressão Central, Serra do Sudeste, Encosta do Sudeste e Encosta Inferior do

Nordeste (Brasil, 1973). O relevo varia de plano a forte ondulado e constitui fator determinante da variabilidade de solos na região. A litologia é formada por granitos e gnaisses do Pré-Cambriano (2300 Ma) recobertas, predominantemente, por sedimentos do paleozóico (465 Ma) (Ramgrab et al., 2004). O clima da região, segundo Classificação de Koppen, é do tipo Cfa, subtropical ou virginiano, úmido sem estiagem, em que a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio varia de 3° a 18°C (Brasil, 1973).

O levantamento semidetalhado de solos foi executado conforme Klamt et al. (2000), visando correlacionar atributos do solo e do ambiente com a produtividade do eucalipto. Inicialmente, foi confeccionada uma legenda preliminar de solos, utilizando-se, para tal, cartas planaltimétricas na escala de 1:50.000, aerofotos policromáticas na escala aproximada de 1:60.000, bem como levantamento planaltimétrico para os hortos em estudo, na escala de 1:10.000, com distância vertical entre curvas de nível igual a 5 m.

O método de prospecção foi por meio de caminhamento livre, percorrendo toda a área e realizando observações de campo e coletas de amostras quando da mudança de comportamento dos solos. Foram realizadas 546 observações de campo, com densidade de amostragem de 0,05 observações/ha e coletadas 205 amostras para análises químicas e granulométricas, nas profundidades de 0-20, 40-70 e 100-120 cm. As análises químicas e granulométricas foram realizadas conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa (1997) e a classificação pedológica foi realizada segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

Para georreferenciamento do mapa de solos, foi utilizado o software ArcGis 9.1 da ESRI. O contorno da área em estudo, em formato vetorial, serviu como base para plotagem dos pontos descritos e georreferenciados em campo. Utilizando-se rotinas do aplicativo ArcGis, foram delimitadas as classes de solos

definidas com base nos trabalhos de campo. O mapa de declividade do terreno foi gerado a partir de curvas de nível, com equidistância de 5 m. Inicialmente, criou-se um modelo digital de elevação do terreno (DEM) com base nos conceitos de malha triangular (TIN). Para tal, utilizaram-se como feição as cotas das curvas de nível, usando como forma de triangulação pontos em massa. A partir do DEM, definiram-se as classes de relevo: plano/suave ondulado (0%-8%), ondulado (8%-20%) e forte ondulado/montanhoso (20%-75%).

Posteriormente, foi realizada sobreposição dos mapas das classes de solos definidas em campo e das fases de relevo, obtendo-se o mapa de unidade de mapeamento (UM) de solos. Para a definição das unidades de mapeamento de solos, foram considerados, como características determinantes: classe textural, profundidade efetiva do horizonte B, presença de mosqueados e indícios de gleização, presença de caráter coeso, cascalhos e pedregosidade.

A partir das informações contidas na legenda do levantamento semidetalhado de solos e adaptando-se os conceitos de Ramalho Filho & Beek (1995), definiram-se critérios para a determinação de graus de limitação (desvios) dos parâmetros do solo e do ambiente que apresentam reflexos diretos no desenvolvimento do eucalipto: deficiência de nutrientes ( $\Delta N$ ), deficiência de água ( $\Delta H$ ), deficiência de oxigênio ( $\Delta O$ ), susceptibilidade à erosão ( $\Delta E$ ) e impedimentos ao manejo ( $\Delta M$ ). Adaptaram-se os conceitos do parâmetro impedimento à mecanização ( $\Delta E$ ) e definiu-se o parâmetro impedimento ao manejo ( $\Delta M$ ) que, no presente trabalho, apresenta restrições relacionadas à declividade da área e às condições de deficiência de oxigênio, elevando os custos para a execução do manejo nas áreas com grau forte deste desvio. Os desvios foram estimados considerando-se a viabilidade de melhoramento das deficiências por meio do emprego de técnicas de manejo de alto nível tecnológico. A deficiência de fertilidade ( $\Delta N$ ) foi definida pela saturação de bases (V%) dos solos e, considerando a sua reserva de nutrientes, avaliada pelo

grau de intemperismo, a profundidade efetiva e a textura do solo, consideram-se os graus de desvios nulo, ligeiro e moderado para a deficiência de nutrientes. Os parâmetros deficiência de água ( $\Delta H$ ) e deficiência de oxigênio ( $\Delta O$ ) foram inferidos com base na textura e na profundidade efetiva dos solos, sendo atribuídos para o ( $\Delta H$ ) os graus de desvios: nulo, moderado e forte e, para a deficiência de oxigênio ( $\Delta O$ ), os graus nulo, ligeiro e moderado. Os parâmetros susceptibilidade à erosão e impedimentos ao manejo foram avaliados considerando-se a textura, a profundidade efetiva e a declividade da área, sendo atribuídos graus de desvios nulo, ligeiro, moderado e forte, para ambos os parâmetros (Tabela 2 e 3).

De posse dos desvios de cada fator de limitação, a partir de observações de campo, de informações de produtividade da cultura, de interpretação de análises de solo e da experiência de técnicos da área e considerando-se os parâmetros que mais limitariam o cultivo do eucalipto na região, elaborou-se uma matriz de conversão (quadro-guia de classificação) (Tabela 4) para a determinação de unidades de manejo para o cultivo do eucalipto no estado do Rio Grande do Sul.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Observa-se a grande variabilidade de solos existentes, resultante, principalmente, da diversidade geológica e das formas de relevo na região (Tabela 1). A área total de solos mapeada representa 11.943 hectares; o restante da área é de 6.607 hectares, ocupados com vegetação nativa, estradas, cursos d'água e outros usos. A legenda do levantamento semidetalhado de solo e os atributos utilizados para a determinação dos parâmetros do solo de influência na produtividade do eucalipto são apresentados na Tabela 1.

**TABELA 1.** Unidades de mapeamento de solos, graus de graus de limitação para deficiência de nutrientes ( $\Delta N$ ), deficiência de água ( $\Delta H$ ), deficiência de oxigênio ( $\Delta O$ ), susceptibilidade à erosão ( $\Delta E$ ) e impedimentos ao manejo ( $\Delta M$ ) e unidades de manejo pra o cultivo do eucalipto no estado do Rio Grande do Sul.

<b>Símbolo</b>	<b>Ordem</b>	<b>Sub-ordem</b>	<b>Outros níveis</b>	<b>Textura<sup>1</sup></b>	<b>Relevo<sup>2</sup></b>	<b><math>\Delta N</math></b>	<b><math>\Delta H</math></b>	<b><math>\Delta O</math></b>	<b><math>\Delta E</math></b>	<b><math>\Delta M</math></b>	<b>UM<sup>3</sup></b>
PA1	Argissolo	Amarelo	típico	média	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA1	Argissolo	Amarelo	típico	média	ond	L	N	L	L	M	AI
PA2	Argissolo	Amarelo	típico	média	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA2	Argissolo	Amarelo	típico	média	ond	L	N	L	L	M	AI
PA3	Argissolo	Amarelo	típico	argilosa	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA3	Argissolo	Amarelo	típico	argilosa	ond	L	N	L	L	M	AI
PA4	Argissolo	Amarelo	típico	argilosa	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA4	Argissolo	Amarelo	típico	argilosa	ond	L	N	L	L	M	AI
PA5	Argissolo	Amarelo	típico	média	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA6	Argissolo	Amarelo	típico	argilosa	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA6	Argissolo	Amarelo	típico	argilosa	ond	L	N	L	N	L	AS
PA7	Argissolo	Amarelo	típico	argilosa	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA7	Argissolo	Amarelo	típico	argilosa	ond	L	N	L	L	M	AI
PA8	Argissolo	Amarelo	esessarênico	a/a/m	plan/sond	M	F	L	M	N	MS
PV1	Argissolo	Vermelho	típico	média	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV1	Argissolo	Vermelho	típico	média	ond	L	N	N	L	M	AI
PV2	Argissolo	Vermelho	típico	média	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV2	Argissolo	Vermelho	típico	média	ond	L	N	N	L	M	AI
PV3	Argissolo	Vermelho	típico	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV3	Argissolo	Vermelho	típico	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI
PV3	Argissolo	Vermelho	típico	argilosa	fond	L	N	N	F	F	MI
PV4	Argissolo	Vermelho	típico	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV4	Argissolo	Vermelho	típico	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI

...continua...

TABELA 1, Cont.

Símbolo	Ordem	Sub-ordem	Outros níveis	Textura <sup>1</sup>	Relevo <sup>2</sup>	ΔN	ΔH	ΔO	ΔE	ΔM	UM <sup>3</sup>
PV5	Argissolo	Vermelho	típico	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV5	Argissolo	Vermelho	típico	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI
PV6	Argissolo	Vermelho	típico	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV6	Argissolo	Vermelho	típico	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI
PV7	Argissolo	Vermelho	coesos	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV7	Argissolo	Vermelho	coesos	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI
PV8	Argissolo	Vermelho	espedaçado	a/a/m/r	plan/sond	M	F	N	M	N	MS
PV8	Argissolo	Vermelho	espedaçado	a/a/m/r	ond	M	F	N	M	L	MS
PV9	Argissolo	Vermelho	húmido	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV9	Argissolo	Vermelho	húmido	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA01	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	médica	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA01	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	médica	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA02	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	médica	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA02	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	médica	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA03	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA03	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA03	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	argilosa	fond	L	N	N	F	F	MI
PVA04	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA04	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA04	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	argilosa	fond	L	N	N	F	F	MI
PVA05	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	médica	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA05	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	médica	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA06	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA06	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA07	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA07	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA08	Argissolo	Vermelho-Amarelo	coesos	argilosa	plan/sond	L	N	N	N	L	AS

...continua...

TABELA 1, Cont.

Símbolo	Ordem	Sub-ordem	Outros níveis	Textura <sup>1</sup>	Relevo <sup>2</sup>	ΔN	ΔH	ΔO	ΔE	ΔM	UM <sup>3</sup>
PVA08	Argissolo	Vermelho-Amarelo	coeso	argilosa	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA09	Argissolo	Vermelho-Amarelo	espessarênico	a/a/m/r	plan/sond	M	F	N	M	N	MS
PVA09	Argissolo	Vermelho-Amarelo	espessarênico	a/a/m/r	ond	M	F	N	M	L	MS
PVA10	Argissolo	Vermelho-Amarelo	espessarênico	a/a/m	plan/sond	M	F	N	M	N	MS
PVA10	Argissolo	Vermelho-Amarelo	espessarênico	a/a/m	ond	M	F	N	M	L	MS
CH1	Cambissolo	Húmico	típico	média	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CH1	Cambissolo	Húmico	típico	média	ond	L	M	L	M	M	MS
CH2	Cambissolo	Húmico	típico	média	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CH2	Cambissolo	Húmico	típico	média	ond	L	M	L	M	M	MS
CH3	Cambissolo	Húmico	típico	argilosa	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CH3	Cambissolo	Húmico	típico	argilosa	ond	L	M	L	M	M	MS
CX1	Cambissolo	Háplico	típico	média	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CX1	Cambissolo	Háplico	típico	média	ond	L	M	L	M	M	MS
CX1	Cambissolo	Háplico	típico	média	fond	L	M	L	F	F	MI
CX2	Cambissolo	Háplico	típico	média	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CX2	Cambissolo	Háplico	típico	média	ond	L	M	L	M	M	MS
CX2	Cambissolo	Háplico	típico	média	fond	L	M	L	F	F	MI
CX3	Cambissolo	Háplico	típico	argilosa	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CX3	Cambissolo	Háplico	típico	argilosa	ond	L	M	L	M	M	MS
CX3	Cambissolo	Háplico	típico	média	fond	L	M	L	F	F	MI
CX4	Cambissolo	Háplico	típico	argilosa	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CX4	Cambissolo	Háplico	típico	argilosa	ond	L	M	L	M	M	MS
CX4	Cambissolo	Háplico	típico	média	fond	L	M	L	F	F	MI
GX1	Gleissolo	Háplico	argissólico	média	plan/sond	L	N	M	N	L	I
GX2	Gleissolo	Háplico	composto	média	plan/sond	L	N	M	N	L	I

...continua...

TABELA 1, Cont.

Símbolo	Ordem	Sub-ordem	Outros níveis	Textura <sup>1</sup>	Relevo <sup>2</sup>	ΔN	ΔH	ΔO	ΔE	ΔM	UM <sup>3</sup>
GX2	Gleissolo	Háplico	composto	média	ond	L	N	L	L	M	MI
GX3	Gleissolo	Háplico	composto	argilosa	plan/sond	L	N	M	N	L	I
GX3	Gleissolo	Háplico	composto	argilosa	ond	L	N	L	L	M	MI
GX4	Gleissolo	Háplico	composto	argilosa	plan/sond	L	N	M	N	L	I
RL	Neossolo	Litólico	típico	—	plan/sond	N	M	L	L	L	MS
RL	Neossolo	Litólico	típico	—	ond	N	M	L	M	M	MS
RQ	Neossolo	Quartzarênico	típico	—	plan/sond	M	F	N	M	N	MS
RQ	Neossolo	Quartzarênico	típico	—	ond	M	F	N	M	L	MS
RR	Neossolo	Regolítico	típico	—	plan/sond	N	M	L	L	L	MS
RR	Neossolo	Regolítico	típico	—	ond	N	M	L	M	M	MS
RY	Neossolo	Flúvico	típico	—	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
RY	Neossolo	Flúvico	típico	—	ond	L	N	L	L	M	AI
NV1	Nitossolo	Vermelho	típico	—	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
NV1	Nitossolo	Vermelho	típico	—	ond	L	N	N	L	M	AI
NV2	Nitossolo	Vermelho	típico	—	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
NV2	Nitossolo	Vermelho	típico	—	ond	L	N	N	L	M	AI
NX	Nitossolo	Háplico	típico	—	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
NX	Nitossolo	Háplico	típico	—	ond	L	N	N	L	M	AI
SX1	Planossolo	Háplico	típico	—	plan/sond	L	N	M	N	L	I
SX1	Planossolo	Háplico	típico	—	ond	L	N	L	L	M	MI
SX2	Planossolo	Háplico	gleissólico	—	plan/sond	L	N	M	N	L	I
SX3	Planossolo	Háplico	gleissólico	—	plan/sond	L	N	M	N	L	I
FF	Plintossolo	Pétrico	concrecionário	—	plan/sond	L	M	L	N	L	MS

<sup>(1)</sup>a: arenosa, m: média e r: argilosa, — não considerada. N: nulo, L: Ligeiro, M: Moderado, F: Forte, nd: não determinado.

<sup>(2)</sup>plan/sond: plano/suave ondulado (0-8%), ond: ondulado (8-20%), fond: forte ondulado/montanhoso (20-75%).

<sup>(3)</sup>Unidade de manejo: AS – Apta superior, AF – Apta inferior, MS- marginal superior, MI- marginal inferior I- Inapta.

O grau de limitação nulo de deficiência de nutrientes ( $\Delta N$ ) foi atribuído aos Neossolos Litólicos e Regolíticos. O grau ligeiro foi atribuído aos Argissolos Amarelos, Vermelhos e Vermelho-Amarelos, Cambissolos Háplicos e Húmicos, Gleissolos Háplicos, Neossolos Flúvicos, textura média e ou argilosa e Nitossolos Háplicos e Vermelhos, Planossolos Háplicos e Plintossolo Pétrico. Os solos de textura grosseira e muito pobres em nutrientes, que apresentam reserva praticamente nula de nutrientes (Neossolos Quartzarênicos e Argissolos espessarênicos), foram classificados como de graus de limitação moderado de deficiência de nutrientes.

Para a deficiência de água ( $\Delta H$ ), o grau nulo corresponde a solos bem drenados, textura média e ou argilosa (Argissolos Amarelos, Vermelhos, Vermelhos-Amarelos, Nitossolos Háplicos e Vermelhos) e imperfeitamente drenados (Gleissolos Háplicos, Neossolos Flúvicos e Planossolos Háplicos). Os solos de menor profundidade efetiva (Cambissolo Háplico, Húmico, Neossolos Litólicos, Regolíticos e Plintossolos Pétricos) apresentam limitação moderada, seguidos pelos solos excessivamente drenados, de textura arenosa (Neossolos Quartzarênicos e Argissolos espessarênicos), que representam grau de limitação forte por deficiência de água.

Para a deficiência de oxigênio ( $\Delta O$ ), a interação entre os atributos textura, profundidade efetiva e declividade determinam, para a mesma classe de solo, graus de desvios diferenciados, não devendo a interpretação deste parâmetro ser realizada considerando-se fatores isolados. O grau de desvio nulo quanto à deficiência de oxigênio é atribuído aos Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelhos-Amarelos, Neossolos Quartzarênicos e Nitossolos Háplicos e Vermelhos. O grau ligeiro é atribuído aos solos imperfeitamente drenados ou de pequena profundidade efetiva (Argissolos Amarelos, Cambissolos Háplicos e Húmicos, Neossolos Litólicos, Regolíticos, Flúvicos e Plintossolos Pétricos) e Gleissolos Háplicos e Planossolos Háplicos em relevo

ondulado a forte ondulado/montanhoso, onde o maior declive do terreno favorece a melhor drenagem destes solos. Os solos, de imperfeitamente a mal drenados em relevo plano/suave ondulado (Gleissolos Háplicos e Planossolos Háplico), apresentam grau moderado por deficiência de oxigênio.

Nas Tabela 2 e 3 são apresentados, respectivamente, os critérios utilizados para estimar os graus de desvios dos parâmetros susceptibilidade à erosão e impedimentos ao manejo para a área em estudo.

**TABELA 2.** Definição do grau de limitação por susceptibilidade à erosão ( $\Delta E$ ) para as unidades de solos em hortos florestais no estado do Rio Grande do Sul.

Grau de limitação	Relevo <sup>1</sup>	Textura <sup>2</sup>	Classe de solo
			1º e 2º nível
Nulo	plan/sond	média, argilosa	Argissolo Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo, Gleissolo Háplico, Neossolo Flúvico, Nitossolo Vermelho e Háplico, Planossolo Háplico e Plintossolo Pétrico
Ligeiro	plan/sond	média, argilosa	Cambissolo Háplico e Húmico, Neossolo Litólico e Regolítico
	ondulado		Argissolo Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo, Gleissolo Háplico, Neossolo Flúvico, Nitossolo Vermelho e Háplico, Planossolo Háplico
Moderado	plan/sond ondulado	a/a/m, arenosa	Argissolo Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo, Neossolo Quartzarênico
	ondulado	-----	Neossolo Litólico, Regolítico, Cambissolo Háplico e Húmico
Forte	fond/mont	-----	Argissolo Vermelho e Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico

<sup>(1)</sup>plan/sond: plano/suave ondulado (0% a 8%), ondulado (8%-20%) e fond/mont, forte ondulado/montanhoso (20%-75%).

<sup>(2)</sup>a: arenosa, m: média, r: argilosa

**TABELA 3.** Definição do grau de limitação por impedimentos ao manejo ( $\Delta M$ ) para as unidades de solos em hortos florestais, no estado do Rio Grande do Sul.

Grau de limitação	Relevo <sup>1</sup>	Textura <sup>2</sup>	Classe de solo
			1º e 2º nível
Nulo	plan/sond	arenosa	Neossolo Quartzarênico
		a/a/m	Argissolo Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo
Ligeiro	plan/sond	média argilosa	Argissolo Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo, Neossolo Flúvico, Nitossolo Háptico e Vermelho, Cambissolo Háptico e Húmico, Gleissolo Háptico
		-----	Neossolo Litólico e Regolítico, Planossolo Háptico e Plintossolo Pétrico
	ondulado	a/a/m	Argissolo Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo
		arenosa	Neossolo Quartzarênico
Moderado	ondulado	média argilosa	Argissolo Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico e Húmico, Gleissolo Háptico e Nitossolo Háptico e Vermelho
		-----	Neossolo Litólico, Regolítico, Flúvico, Planossolo Háptico e Plintossolo Pétrico
Forte	fond/mont	média argilosa	Argissolo Vermelho e Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háptico

<sup>(1)</sup> plan/sond: plano/suave ondulado (0% a 8%), ondulado (8%-20%) e fond/mont, forte ondulado/montanoso (20%-75%).

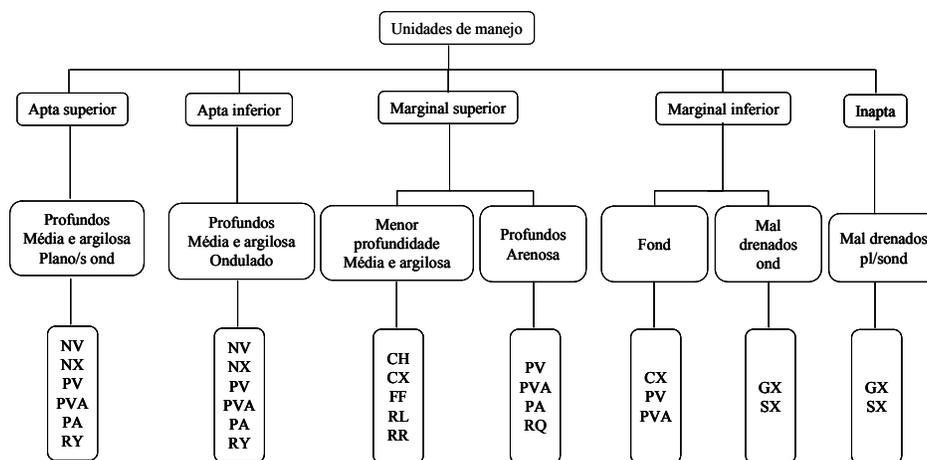
<sup>(2)</sup> a: arenosa, m: média, r: argilosa

A partir dos graus de desvios elaborou-se a matriz de conversão (quadro-guia de classificação) (Tabela 4) e estabeleceram-se critérios (Figura 1) que definiram cinco unidades de manejo para o cultivo do eucalipto no estado do Rio Grande do Sul: apta superior (AS), apta inferior (AI), marginal superior (MS), marginal inferior (MI) e inapta (I).

A maior parte da área mapeada apresenta boas condições ao cultivo do eucalipto (Tabela 5). A unidade de manejo apta superior ao cultivo do eucalipto representa 60% da área mapeada é formada por solos profundos, bem drenados, de textura média e argilosa em área de relevo plano/suave ondulado. Compreende as classes dos Nitossolos Vermelhos, Nitossolos Háplicos, Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, que apresentam limitação ligeira por deficiência de nutrientes e impedimentos ao manejo e pelos Argissolos Amarelos e Neossolos Flúvicos, que ainda apresentam limitação ligeira à deficiência de oxigênio. A deficiência de nutrientes é amenizada pelos programas de adubação de alto nível tecnológico, já previstos no manejo do solo.

**TABELA 4.** Quadro-guia para a definição das unidades de manejo, para cultivo de eucalipto no estado do Rio Grande do Sul, em manejo de alta tecnologia.

<b>Graus de limitação máximos<sup>1</sup> para hortos florestais no estado do Rio Grande do Sul, em âmbito de manejo altamente tecnificado</b>						
$\Delta N$	$\Delta H$	$\Delta O$	$\Delta E$	$\Delta M$	<b>Unidade de manejo</b>	
Ligeiro	Moderado	Ligeiro	Ligeiro	Ligeiro	Apta superior	AS
Ligeiro	Moderado	Ligeiro	Ligeiro	Moderado	Apta inferior	AI
Moderado	Forte	Ligeiro	Ligeiro	Moderado	marginal superior	MS
---	---	Ligeiro	---	---	marginal inferior	MI
---	---	Moderado	---	---	Inapta	I



**FIGURA 1.** Critérios para a definição de unidades de manejo para o cultivo do eucalipto no estado do Rio Grande do Sul.

A unidade apta inferior (14%) compreende solos de textura média e argilosa em relevo ondulado que apresentam grau de limitação moderado de impedimentos à mecanização (Nitossolos Vermelhos e Háplicos, Argissolos Amarelos 1, 2, 3, 4 e 7 Argissolos Vermelhos 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, Argissolos Vermelho-Amarelos 01 a 08 e Neossolos Flúvicos).

A unidade marginal superior ao cultivo do eucalipto (19%) é formada por solos de menor profundidade efetiva (Cambissolos Húmicos 1 a 3, Cambissolos Háplicos 1 a 4, Plintossolo Pétrico, Neossolos Litólicos e Regolíticos), de textura média e argilosa e por solos profundos de textura grosseira (Argissolos Amarelos 8, Argissolos Vermelhos 8, Argissolos Vermelho-Amarelos 9 e 10 e Neossolos Quartzarênicos), que apresentam graus e deficiência de água de moderados a fortes, deficiência de nutrientes e susceptibilidade à erosão ligeira e moderado, e grau de impedimento ao manejo de nulo a moderado.

**TABELA 5.** Unidades de manejo para o cultivo do eucalipto em hortos florestais no estado do Rio Grande do Sul.

<b>Símbolo</b>	<b>Unidade de manejo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% da área</b>
AS	Apta superior	7154,02	59,9
AI	Apta inferior	1721,92	14,4
MS	Marginal superior	2272,79	19,0
MI	Marginal Inferior	270,55	2,3
I	Inapta	524,21	4,4

A unidade marginal inferior (2%) compreende solos de relevo forte ondulado, que apresentam graus de limitação forte quanto à susceptibilidade à erosão e impedimentos ao manejo (Cambissolos Háplicos 1 a 4, Argissolos Vermelho 3, Argissolos Vermelho-Amarelos 03 e 04) e também as unidades Gleissolos Háplicos 2 e 3, Planossolos Háplicos 1 e 2 em relevo movimentado. Nas áreas mais declivosas, o cultivo mínimo do solo, com preparo restrito às covas de plantio, pode reduzir tais restrições de uso. Nas áreas dos Gleissolos e Planossolos, o preparo dos solos com grade *bedding*, aliado ao relevo mais movimentado, pode reduzir a deficiência de oxigênio. Ressalta-se que o preparo do solo pode deixá-lo mais solto e, portanto, mais susceptível ao processo erosivo, sendo necessárias práticas de manejo que minimizem tal problema, como a manutenção de restos culturais na área. A delimitação de unidades de solos Planossolos e Gleissolos em áreas de relevo movimentado é uma peculiaridade da área em estudo, que ocorre devido à presença de sedimentos pelíticos, muito finos e impermeáveis, que permitem a formação de Planossolos e Gleissolos, quando da ocorrência de leve aplainamento na área.

A unidade de manejo inapta (4%) ao cultivo do eucalipto é representada por solos de imperfeitamente a mal drenados, em relevo plano/suave ondulado, que apresentam severas restrições ao cultivo do eucalipto devido à deficiência de

oxigênio. Compreende as unidades de mapeamento Gleissolos Háplicos 1 a 4 e Planossolos Háplicos 1 a 3. A incorporação destas áreas ao processo produtivo se daria por meio da construção de camalhões, utilizando a grade *bedding* e deve ser considerada a relação custo benefício desta prática.

A definição das unidades de manejo foi realizada buscando-se agrupar as terras quanto ao seu potencial produtivo. Dependendo dos objetivos, o agrupamento pode ser mudado, sendo, para tal, necessárias reconsiderações dos critérios de agrupamento. As classes de solos consistiram em um importante estratificador de ambientes a nível local.

#### **4 CONCLUSÕES**

O levantamento semidetalhado de solos permitiu delimitar a grande variabilidade de unidades de solos existentes na área.

As áreas mapeadas apresentaram a seguinte distribuição quanto às unidades de manejo para cultivo de eucalipto: apta superior (60%), apta inferior (14%), marginal superior (19%), marginal inferior (2%) e inapta (4%).

A maior parte da área apresenta boas condições ao cultivo do eucalipto em sistema de manejo tecnificado.

As maiores limitações foram atribuídas à deficiência de oxigênio e a impedimentos ao manejo, impondo restrições severas ao cultivo de eucalipto.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2006/ABRAF. Brasília, 2007. 80p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife: MA/DPP- AS/DRNR, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).

CORRÊA NETO, T.A.; ANJOS, L.H. dos.; PEREIRA, M.G.; AMORIM, H.B.; JACCOUD, C. F. de S. Atributos edafoambientais e parâmetros dendométricos de plantios de eucalipto em uma topossequência no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.1, p.43-51, jan./mar. 2007.

CURI, N. Interpretação e decodificação do levantamento de solos das áreas da Aracruz Celulose S.A. no Espírito Santo e sul da Bahia para o cultivo de eucalipto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose S. A no Espírito Santo e sul da Bahia para o cultivo de eucalipto**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 2000. p.70-80. (Boletim de Pesquisa, 1).

DEMATTÊ, J.A.M.; GENÚ, A.M.; FIORIO, P.R.; ORTIZ, J.L.; MAZZA, J.A.; LEONARDO, H.C.L. Comparação entre mapas de solos obtidos por sensoriamento remoto espectral e pelo método convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.1219-1229, dez. 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FIORIO, P.R.; DEMATTÊ, J.A.M.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, J.C.N. Geoprocessamento e topossequência na determinação de levantamentos de solos em diferentes escalas. **Magistra**, Cruz das Almas, v.15, n.2, p.111-209, jul./dez. 2003.

FRANÇA, G.V.; DEMATTÊ, J.A.M. Levantamento de solos e interpretação fotográfica dos padrões desenvolvidos em solos originados do arenito de Bauru. **Science Agrícola**, Piracicaba, v.50, n.1, p.77-86, fev./maio 1993.

GONÇALVES, J.L de M. Interpretação de levantamento de solo para fins silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, n.39, p.65-72, ago. 1988.

KLAMT, E.; DALMOLIN, R.S.D.; GONÇALVES, C.N.; INDA JUNIOR, A.V.; ALMEIDA, J.; FLORES, C.A. **Proposta de normas e critérios para execução de levantamentos semidetalhados de solos e para avaliação da aptidão agrícola das terras**. Pelotas: NRS-SBCS, 2000. 44p. (NRS-SBCS. Boletim Técnico 5).

ORTIZ, J.L.; VETTORAZZI, C.A.; COUTO, H.T.Z. do; GONÇALVES, J.L de M. Relações espaciais entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.72, p.67-79, dez. 2006.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.L. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1995. 65 p.

RAMGRAB, G.E.; WILDNER, W.; LOPES, R.C.; FAVILLA, C.A.C.; SILVA, M.A.S.; SACHS, L.L.B.; SILVA, V.A.; BATISTA, I.H. Folha SH.22-Porto Alegre. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM, M.B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G.M.M.; VIDOTTI, R.M.; RAMOS, M.A.B.; JESUS, J.D.A. de. (Ed.). **Carta geológica do Brasil ao milionésimo, sistema de informações geográficas**. Programa geologia do Brasil. Brasília: CPRM, 2004. CD-ROM.

SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; KLAMT, E. **Classificação da aptidão agrícola das terras: um sistema alternativo**. Guaíba: Agrolivros, 2007. 72p.

SCHNEIDER, P.; KLAMT, E. Necessidades e perspectivas em levantamentos de solos no Rio Grande do Sul, Santa Maria, RS, 1996. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ENSINO DE SOLOS, 2., 1996, Santa Maria. **Proceeding...** Santa Maria, RS: SBCS/UFMS, 1996.

SOARES, N.S.; SILVA, M.L da.; LIMA, J.E. A função da produção da indústria brasileira de celulose, em 2004. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.495-502, 2007.

## CAPÍTULO 2

### **AValiação DO RISCO DE ANOXIA PARA O CULTIVO DO EUCALIPTO NO RIO GRANDE DO SUL, UTILIZANDO-SE LEVANTAMENTO DE SOLOS**

#### **RESUMO**

COSTA, Adriana Monteiro da. Avaliação do risco de anoxia para o cultivo do eucalipto no Rio Grande do Sul, utilizando-se levantamento de solos. In: \_\_\_\_\_. **Levantamento de solos, interpretação para o risco de anoxia e estabelecimento de unidades de manejo para a cultura do eucalipto no Rio Grande do Sul**. 2008. Cap.2, p.26-46. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O grande avanço do cultivo de eucalipto para diferentes regiões do país leva à necessidade de conhecimento de fatores do meio físico e da planta que podem afetar a produtividade da cultura e conseqüentemente a competitividade do setor. A anoxia é uma característica fisiológica da planta que apresenta grande influência na produtividade do eucalipto. Sendo o eucalipto extremamente sensível à deficiência de oxigênio, a determinação de atributos do solo que podem levar às condições de alagamento e conseqüentemente propiciar restrições de crescimento à cultura torna-se fundamental para o planejamento de uso do solo e/ou para seleção de espécies adaptadas às condições do meio físico. O estudo foi conduzido no Horto Florestal Cerro Coroado que apresentava histórico de anoxia e de quedas de produtividade acentuadas, localizado no Município de Cachoeira do Sul - RS. Objetivou-se a elaboração, decodificação e interpretação de levantamento semidetalhado de solos para risco de anoxia ao cultivo do eucalipto no Estado do Rio Grande do Sul. Consideraram-se como critérios para determinação das unidades de mapeamento os atributos do solo: classe textural, profundidade efetiva do horizonte B, presença de mosqueados e indícios de gleização, presença de caráter coeso, cascalhos/pedregosidade, e como atributo do meio, a declividade do terreno. A partir das informações contidas na legenda do levantamento semidetalhado de solos foi elaborado o mapa interpretativo de risco de anoxia para a cultura do eucalipto, sendo definidas cinco classes de risco de muito baixo a muito alto. A partir dos dados de sobrevivência das plantas, calculou-se a taxa de mortalidade para o eucalipto

e associou-se esta às respectivas classes de solos e de riscos à anoxia. A taxa de mortalidade correlacionou-se positivamente com as classes de risco à anoxia. A interpretação do levantamento de solos para fins de avaliação ao risco de anoxia mostrou-se compatível com a medida direta dos efeitos da anoxia sobre a cultura do eucalipto.

**Palavras-chave:** mapa de solos, classes de solos, silvicultura, deficiência de oxigênio, mortalidade de eucalipto.

## CHAPTER 2

### ANOXY RISK EVALUATION FOR EUCALYPTUS FORESTS IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL BY MEANS OF SOIL SURVEY

#### ABSTRACT

COSTA, Adriana Monteiro da. Anoxy risk evaluation for *Eucalyptus* forests in the State of Rio Grande do Sul by means of soil survey. In: \_\_\_\_\_. **Soils mapping, interpretation for anoxy and management units for eucalyptus in the State of Rio Grande do Sul**. 2008. Chap.2, p.26-46. Thesis (Doctor in Soil Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.

The major advance of eucalyptus plantations in different regions of Brazil leads to a need to better know the soil physical factors that affect the crop productivity and consequently the sector competitiveness. Anoxy is a plant physiologic effect that has large influence in the eucalyptus productivity. Eucalyptus trees are very sensible to lack of oxygen. Thus, the determination of soil attributes related to it becomes essential for planning the soil use and to select adapted species to physical conditions. This study was conducted in the forest site Cerro Coroado, which has a record of anoxy and low productivity. It is localized in the county of Cachoeira do Sul, State of Rio Grande do Sul. So, in this chapter, the work aimed to elaborating, identifying, and interpreting soil semi-detailed survey for *Eucalyptus* forests in the State of Rio Grande do Sul. The soil physic attributes: texture, B horizon depth, mottle presence, gley status, presence of cohesive behavior, gravel and stone content, and slope steepness were the subject of particular attention. The map of anoxy risk for *Eucalyptus* was elaborated by using information gathered from the of semi-detailed soil survey. Five risk classes were defined, from very low to very high risk. The *Eucalyptus* mortality rate was measured in several places in the field. These results were related to the anoxy risk class. The interpretation of soil maps for the anoxy risk showed to be compatible with the direct measure of the anoxic effects on the *Eucalyptus* trees.

**Keywords:** soils map, soils classes, silviculture, anoxy, Eucalyptus mortality.

## 1 INTRODUÇÃO

O segmento de papel e celulose tem se destacado dentre as atividades do setor florestal brasileiro, com grande expansão das áreas plantadas. A área total com florestas plantadas no Brasil, para as espécies de eucaliptos e *Pinus*, atingiu 5.373.417 ha, em 2006 (Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas, Abraf, 2007). Em vários estados, tem ocorrido mudança no cenário agrícola com substituição do plantio de culturas anuais e pastagens por florestas de eucalipto. A competitividade do setor florestal brasileiro está relacionada à alta produtividade dos reflorestamentos decorrente das condições climáticas, que possibilitam ciclos de rápido crescimento e de alta qualidade e ao baixo custo de produção em relação aos outros países (Soares et al., 2007).

A qualidade do sítio tem sido utilizada como indicador de produtividade e está relacionada a características do genótipo, do ambiente e à interação destes. A escolha da espécie a ser plantada deve levar em consideração atributos do solo e do clima que afetam a produtividade (Gomes et al., 2007). Segundo estes mesmos autores, dentro de uma mesma unidade florestal, dependendo das condições específicas de cada solo, as espécies responderam de forma diferenciada à adubação.

Condições climáticas, fisiografia e o solo são considerados determinantes ambientais da produtividade florestal (Gonçalves et al., 1990). Entretanto, dentro de um mesmo estrato climático, pequenas variações nas condições locais de solo e topografia tornam-se determinantes da produtividade. Meio et al. (1995), em estudo no qual se avaliou a relação entre atributos químicos e produtividade do eucalipto no Rio Grande do Sul, observaram que um sítio florestal muito rico em nutrientes apresentou baixa produção de madeira, devido à declividade acentuada do talhão, que reduziu a infiltração e o acúmulo de água no solo, além da perda de nutrientes por erosão.

Gonçalves et al. (1990) ressaltam que as propriedades relacionadas à disponibilidade de água do solo são as que mais determinam o crescimento das árvores. Segundo Ortiz et al. (2006), atributos físicos do solo, mais especificamente estrutura, textura e a fisiografia, em comparação aos atributos químicos, foram os que melhor determinaram o potencial produtivo dos sítios florestais no estado de São Paulo. Também Corrêa Neto et al. (2007) observaram influência da topografia nos parâmetros dendométricos, tendo o sítio localizado no terço médio apresentado menores produtividades devido à maior intensidade de perda de água e nutrientes.

Fatores relacionados à fisiologia da planta também podem determinar a produtividade da cultura. A anoxia, deficiência de oxigênio, consiste em uma característica fisiológica da planta e algumas culturas, como o arroz, não apresentam restrições de crescimento em locais alagados e outras, como o eucalipto, são extremamente sensíveis à deficiência de oxigênio (Curi, 2000). Para o crescimento adequado destas culturas, são desejáveis boas condições de arejamento do solo. Neste contexto, atributos, como textura, profundidade efetiva e cor do solo associados às condições locais de declividade do terreno, podem fornecer informações acerca da capacidade de retenção e de armazenamento de água no solo e, conseqüentemente, quanto ao risco de anoxia para a cultura do eucalipto.

O levantamento de solo tem sido utilizado no Brasil como uma fonte de dados básica para a classificação dos sítios, entretanto, é uma metodologia puramente taxonômica, sendo necessária uma interpretação adequada para atender a finalidades específicas (Gonçalves et al., 1988). A realização, a decodificação e a interpretação do levantamento de solos com objetivos específicos são valiosas ferramentas de subsídio para programas de manejo florestal visando à seleção de espécies, ao melhoramento genético, à adubação

diferenciada, às práticas de controle erosivo e ao uso de maquinários, dentre outros.

Com a realização deste estudo, buscaram-se a elaboração, a decodificação e a interpretação de levantamento semidetalhado de solos para risco de anoxia ao cultivo do eucalipto, no estado do Rio Grande do Sul.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

A área em estudo está localizada entre as coordenadas UTM 22K 304.092 e 304.297 E e 6.630.370 e 6.621.959 S (Datum SAD 69). Com 3.410 ha, situa-se no município de Cachoeira do Sul, estado do Rio Grande do Sul. A vegetação primitiva era constituída por mata subtropical alta e mata subtropical arbustiva. A área corresponde à região fisiográfica Depressão Central e o relevo varia de plano a forte ondulado/montanhoso. A geologia é composta, na maior parte, por sedimentos paleozóicos (arenitos, argilitos, siltitos e folhelhos) das formações Taciba e Varginha. Uma pequena porção está inserida nas formações Rio Bonito e Santa Fé (arenitos, siltitos e conglomerados) e sob depósitos aluvionares cenozóicos (areia e cascalhos) (Ramgrab et al., 2004). O clima é do tipo “Cfa”, subtropical ou virginiano (Classificação de Köppen), com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, a do mês mais frio, inferior a 18°C e a temperatura média anual, de 19,1°C. A precipitação média anual situa-se entre 1.500 e 1.600 mm (Brasil, 1973).

O levantamento semidetalhado de solos foi executado conforme Klamt et al. (2000), visando correlacionar atributos do solo e do ambiente com a produtividade do eucalipto. Nos trabalhos de campo, foram utilizadas, como material básico, a carta planialtimétrica SH.22-Y-A-III-1, a folha Cachoeira do Sul na escala de 1:50.000, aerofotos policromáticas na escala aproximada de

1:60.000, bem como o levantamento planialtimétrico da área, em escala 1:10.000, com distância vertical entre curvas de nível igual a 5 m. A prospecção da área foi realizada pelo método do caminhamento livre com densidade de 0,05 observações por ha. Os pontos foram georreferenciados em campo e coletadas amostras, nas profundidades de 0-20, 40-70 e 100-120 cm, para a realização de análises químicas e granulométricas do solo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, 1997). A classificação pedológica foi realizada segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

Para georreferenciamento do mapa de solos, foi utilizado o software ArcGis 9.1 da ESRI . O contorno da área em estudo, em formato vetorial, serviu como base para plotagem dos pontos descritos e georreferenciados em campo. Utilizando-se rotinas do aplicativo ArcGis, foram delimitadas as classes de solos definidas com base nos trabalhos de campo. O mapa de declividade do terreno foi gerado a partir de curvas de nível com equidistância de 5 m. Inicialmente, criou-se um modelo digital de elevação do terreno (DEM), com base nos conceitos de malha triangular (TIN). Para tal, utilizaram-se, como feição, as cotas das curvas de nível, usando, como forma de triangulação, pontos em massa. A partir do DEM, definiram-se as classes de relevo: plano/suave ondulado (0%-8%), ondulado (8%-20%) e forte ondulado/montanhoso (20%-75%). Posteriormente, foi realizada sobreposição dos mapas das classes de solo e fases de relevo e obtido o mapa das unidades de mapeamento (UM) de solos. Para a definição das unidades de mapeamento de solos, foram consideradas, como características determinantes: classe textural, profundidade efetiva do horizonte B e presença de mosqueados e indícios de gleização. Foram empregadas as fases de relevo para fornecer subsídios à utilização de maquinários agrícolas e susceptibilidade à erosão. A fase de cascalho/pedregosidade foi empregada quando da ocorrência em quantidade apreciável na área.

Um dos problemas enfrentados no manejo do eucalipto refere-se à mortalidade da cultura, principalmente nos estágios iniciais de seu desenvolvimento, em função de deficiência de oxigênio. Como a área em estudo apresentava histórico de elevada mortalidade da cultura, numa segunda etapa, a partir das informações contidas na legenda do levantamento semidetalhado de solos, foi elaborado o mapa interpretativo quanto ao risco de anoxia para a cultura do eucalipto. A interpretação do mapa pedológico para a definição do risco de anoxia foi realizada considerando-se os atributos profundidade efetiva, cor do solo, presença de mosqueados e declividade do terreno.

A profundidade efetiva do solo pode variar em função da presença de camadas de impedimentos físicos, como horizontes coesos, adensados, compactados, presença de concreções ferruginosas e de material consolidados em quantidades apreciáveis. Associada ao relevo, pode representar riscos diferenciados de susceptibilidade à anoxia. Solos de matrizes de cores pálidas, acinzentadas e com presença de mosqueados são indicativos de condições de restrição à drenagem e, conseqüentemente, apresentaram maiores riscos de deficiência de oxigênio para as plantas. Assim, com base na interação destes atributos, definiram-se as classes de riscos de anoxia variando de muito baixo a muito alto. Posteriormente, a partir dos dados de sobrevivência de plantas, aos seis meses da implantação da cultura, calculou-se a taxa de mortalidade para o eucalipto e associaram-se estas às respectivas classes de solos e de riscos de anoxia.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A área total de solos mapeada corresponde a 1.850 ha, sendo o restante (1.560 ha) destinado a outras formas de usos (vegetação nativa, corpos d' água, afloramentos rochosos, etc.). A grande variabilidade de solos existentes na área

(Tabela 1) decorre, principalmente, da diversidade geológica e de condições locais de topografia (Figura 1B) que condicionam fluxos superficiais e subsuperficiais de água (Streck et al., 2002). O relevo na área varia de plano a forte ondulado/montanhoso (Figura 2).

**TABELA 1.** Unidades de mapeamento (UM) de solos com sua respectiva classificação.

<b>UM<sup>1</sup></b>	<b>Descrição taxonômica dos solos</b>
CH1	Cambissolo Húmico típico textura média
CX1	Cambissolo Háplico típico textura média
CX2	Cambissolo Háplico típico textura média cascalhento/pedregoso
CX3	Cambissolo Háplico típico textura argilosa
CX4	Cambissolo Háplico típico textura argilosa cascalhento/pedregoso
GX2	Associação de Argissolos (Amarelos, Acinzentados, Vermelho-Amarelo e Vermelhos) + Cambissolos Háplicos, todos com caráter Gleissólico + Plintossolo Háplico textura média
GX3	Associação de Argissolos (Amarelos, Acinzentados, Vermelho-Amarelo e Vermelhos) + Cambissolos Háplicos, todos com caráter Gleissólico + Plintossolo Háplico textura argilosa
PA3	Argissolo Amarelo típico textura argilosa
PA6	Argissolo Amarelo raso textura argilosa
PV1	Argissolo Vermelho típico textura média
PV2	Argissolo Vermelho típico textura média, cascalhento/pedregoso
PV3	Argissolo Vermelho típico textura argilosa
PV4	Argissolo Vermelho típico textura argilosa, cascalhento/pedregoso
PVA01	Argissolo Vermelho-Amarelo típico textura média
PVA03	Argissolo Vermelho-Amarelo típico textura argilosa
PVA04	Argissolo Vermelho-Amarelo típico textura argilosa cascalhento/pedregoso
RL	Neossolo Litólico típico
RR	Neossolo Regolítico típico
SX1	Planossolo Háplico típico
SX2	Planossolo Háplico gleissólico

<sup>1</sup>As unidades de mapeamento de solos GX1, PA2, PA4, PA5 e PVA02 não são descritas por não estarem presentes na área em estudo do presente trabalho.

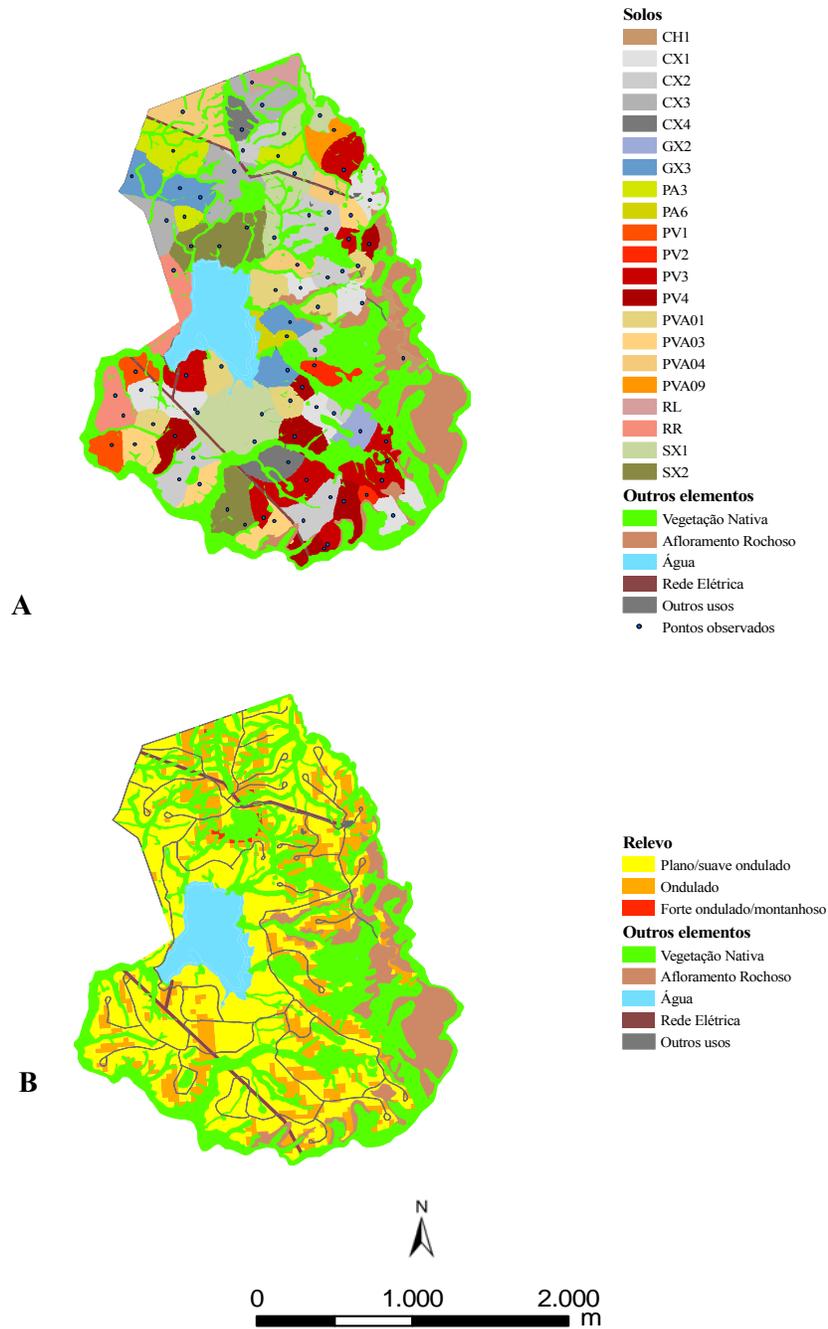


FIGURA 1A e B. Unidades de solos (A) e classes de relevo (B) para a área em estudo.

Foram identificadas 51 unidades de mapeamento (UM) de solo e 9 subordens. A classe dos Cambissolos Háplicos (CX) é a de maior expressão geográfica, ocupando 28% da área (Tabela 2). Os Argissolos Vermelhos (PV), os Planossolos Háplicos (SX) e os Argissolos Vermelho-Amarelos ocupam, respectivamente 20%, 17% e 16% da área em estudo. O restante da área (19%) é abrangido pelas classes dos Cambissolos Húmicos (CH), Gleissolos Háplicos (GX), Argissolos Amarelos (PA), Neossolos Litólicos (RL) e Neossolos Regolíticos (RR).

**TABELA 2.** Área de abrangência de cada unidade de solo (ha) e percentagem da área mapeada.

<b>Classe de solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% da área mapeada</b>
CH1 plano/suave ondulado	2,52	0,14
CH1 ondulado	15,94	0,87
CX1 plano/suave ondulado	48,60	2,66
CX1 ondulado	92,82	5,07
CX1 forte ondulado/montanhoso	7,51	0,41
CX2 plano/suave ondulado	65,69	3,59
CX2 ondulado	117,36	6,41
CX2 forte ondulado/montanhoso	11,32	0,62
CX3 plano/suave ondulado	34,34	1,88
CX3 ondulado	54,11	2,96
CX3 forte ondulado/montanhoso	19,05	1,04
CX4 plano/suave ondulado	27,66	1,51
CX4 ondulado	18,35	1,00
CX4 forte ondulado/montanhoso	6,32	0,35
GX2 plano/suave ondulado	8,48	0,46
GX2 ondulado	16,63	0,91
GX3 plano/suave ondulado	66,76	3,65
GX3 ondulado	44,29	2,42
PA3 plano/suave ondulado	42,85	2,34
PA3 ondulado	31,85	1,74
PA3 forte ondulado/montanhoso	4,27	0,23
PA6 plano/suave ondulado	12,24	0,67
PA6 ondulado	3,58	0,20

...continua...

**Tabela 2, Cont.**

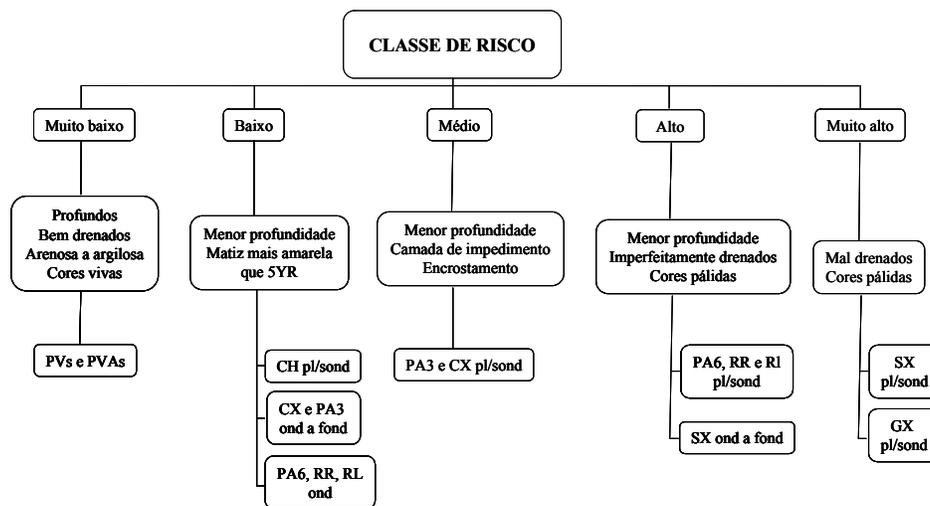
<b>Classe de solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% da área mapeada</b>
PV1 plano/suave ondulado	17,86	0,98
PV1 ondulado	24,00	1,31
PV2 plano/suave ondulado	6,83	0,37
PV2 ondulado	18,25	1,00
PV3 plano/suave ondulado	72,76	3,98
PV3 ondulado	98,22	5,37
PV3 forte ondulado/montanoso	9,67	0,53
PV4 plano/suave ondulado	51,04	2,79
PV4 ondulado	58,11	3,18
PV4 forte ondulado/montanoso	4,57	0,25
PVA01 plano/suave ondulado	64,64	3,53
PVA01 ondulado	43,88	2,40
PVA03 plano/suave ondulado	34,64	1,89
PVA03 ondulado	46,21	2,52
PVA04 plano/suave ondulado	29,66	1,62
PVA04 ondulado	46,17	2,52
PVA04 forte ondulado/montanhos	8,83	0,48
PVA09 plano/suave ondulado	13,37	0,73
PVA09 ondulado	10,82	0,59
RL plano/suave ondulado	11,67	0,64
RL ondulado	9,99	0,55
RR plano/suave ondulado	46,28	2,53
RR ondulado	30,91	1,69
SX1 plano/suave ondulado	138,42	7,56
SX1 ondulado	51,67	2,82
SX2 plano/suave ondulado	94,98	5,19
SX2 ondulado	31,23	1,71
SX2 forte ondulado/montanoso	2,89	0,16

CH = Cambissolo Húmico, CX = Cambissolo Háplico, GX = Gleissolo Háplico, PA= Argissolo Amarelo, PV = Argissolo Vermelho, PVA= Argissolo Vermelho-Amarelo, RL – Neossolo Litólico, RR = Neossolo Regolítico, SX = Planossolo Háplico.

Variações locais, associadas ao solo, ao clima, à litoestrutura, à topografia e à hidrologia, formam sítios com diferentes potenciais produtivos

(Costa et., 2002). Sendo a cultura do eucalipto extremamente sensível à deficiência de oxigênio (Curi, 2000), principalmente no estágio inicial de desenvolvimento, a identificação de atributos que se relacionam diretamente com o acúmulo e a retenção de água no solo é de fundamental importância para o manejo da cultura e a estimativa de produtividade.

A fim de estratificar o ambiente quanto ao potencial risco à deficiência de oxigênio, foram definidas cinco classes de risco de anoxia para a cultura do eucalipto, com índices variando de muito baixo a muito alto. Na Figura 2 observam-se os parâmetros utilizados para o agrupamento dos solos nas classes de riscos. Na Tabela 3 são apresentadas as unidades de solos compreendidas em cada classe de risco e a área de abrangência de cada classe.



**FIGURA 2.** Critérios para a definição das classes de risco de anoxia para o eucalipto na área em estudo.

**TABELA 3.** Risco de anoxia para a área em estudo, em função das unidades de solo.

Unidades de mapeamento de solos	Risco de anoxia	Área (ha)	% da área
PV1, PV2, PV3, PV4, PVA01, PVA03, PVA04 e PVA09 em ambos declives	Muito baixo	659,53	36,04
CH1plano/suave ondulado e ondulado, CX1, CX2, CX3, CX4 e PA3 ondulado e forte ondulado/montanhoso e PA6, RR e RL ondulados	Baixo	425,88	23,27
CX1, CX2, CX3 e CX4 e PA3 plano/suave ondulados	Médio	219,14	11,97
PA6, RR e RL plano/suave ondulado, SX1 ondulado e SX2 ondulado e forte ondulado/montanhoso	Alto	155,99	8,52
GX2 e GX3 plano/suave ondulado a ondulado, SX1 e SX2 plano/suave ondulados	Muito alto	369,56	20,19

A classe de risco “muito baixo” é constituída por solos minerais profundos, fortemente a moderadamente drenados, com textura variando de arenosa a argilosa, sem presença de mosqueados ou indícios de gleização. Esta classe compreende 36% da área e é composta pelas unidades de solos PV1, PV2, PV3, PV4, PVA01, PVA04 e PVA09, independente das classes de relevo.

Os Argissolos Amarelos (PA3 e 6) apresentam menor permeabilidade do que os PVs e PVAs, explicitada pela cor do solo. Entretanto, em condições de relevo mais movimentado, torna-se um sistema mais aberto favorecendo a perda de água e ou nutrientes em detrimento do acúmulo, apresentando, nessas condições, um baixo risco de anoxia à cultura do eucalipto.

Na classe de risco “baixo”, incluem-se, ainda, as unidades dos Cambissolo Húmicos em relevo plano a ondulado, Cambissolo Hápico ondulado

a forte ondulado/montanhoso e Neossolos Litólicos e Rególicos ondulados, abrangendo 23% da área mapeada.

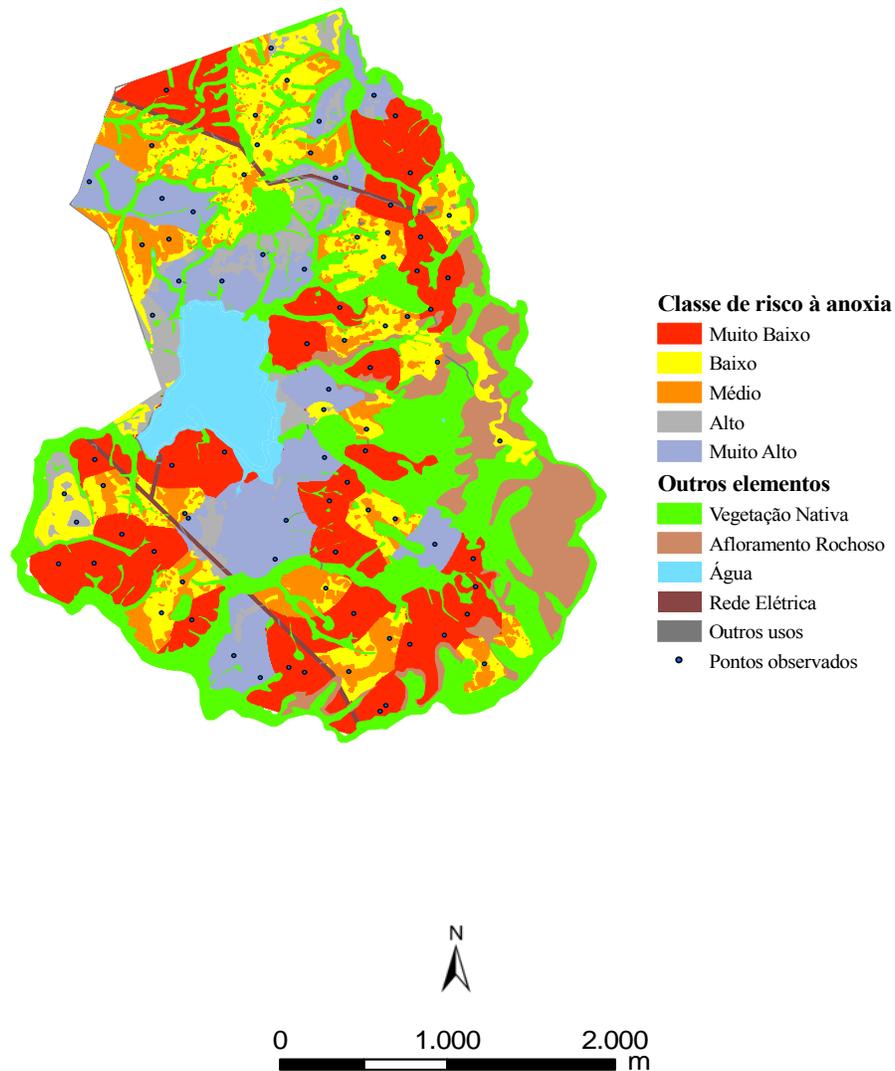
A classe de risco “médio” é formada por solos de menor profundidade efetiva que apresentam camadas de impedimento ou sujeitos a encrostamento superficial. Representa 12% da área e, nela, estão incluídas as unidades dos Argissolos Amarelos (PA3) e dos Cambissolos Háplicos (CX) em relevo plano/suave ondulado. Nestas condições de relevo, os PA3, devido à restrição de drenagem, tornam-se ambientes mais fechados e sujeitos a inundações em períodos de chuvas contínuas. Os Cambissolos Háplicos, devido ao maior teor de silte, podem formar uma camada de impedimento, reduzindo a permeabilidade e aumentando os riscos de deficiência de oxigênio à cultura.

Os riscos de anoxia do solo aumentam para as unidades de solo de menor profundidade efetiva em relevo mais plano, principalmente em regiões mais úmidas com períodos de chuvas regulares. Assim, os Neossolos Litólicos e Neossolos Rególicos plano/suave ondulado podem apresentar riscos altos de anoxia para o eucalipto na região em estudo. Segundo Curi (2000), a mesma profundidade do solo, até a rocha consolidada, pode significar numa região mais seca, muita falta de água e em uma mais úmida, do ponto de vista da planta, falta de oxigênio. Nisso está a importância de interpretação em âmbito local e de forma conjunta dos vários fatores que podem interferir no desenvolvimento das culturas. Os Argissolos Amarelos rasos (PA6) apresentam uma redução de permeabilidade de água, devido à textura argilosa no horizonte B que, associada à menor profundidade efetiva do solo e a condições de relevo mais plano, favorece o acúmulo de água no solo e a falta de oxigenação às raízes. Nessas condições, são classificados como de alto risco de anoxia. A classe de risco “alto” de anoxia representa 9% da área em estudo e nela incluem-se, ainda, os Planossolos Háplicos (SX), em relevo ondulado a forte ondulado.

Os Planossolo Háplicos são solos que apresentam um aumento abrupto no teor de argila do horizonte A para o B, implicando numa redução na permeabilidade ao longo do perfil. Na região de estudo, eles se encontram nos terços inferiores das encostas e nas várzeas. Os localizados no terço inferior em relevo ondulado a forte ondulado apresentam menor susceptibilidade à anoxia do que os em relevo plano/suave ondulado. A maior declividade na encosta promove um escoamento lateral da água, evitando riscos de alagamento acentuado do solo ao contrário do que ocorre na área de relevo plano. Nas áreas de várzeas, a falta de oxigênio, devido à restrição de drenagem, é um fator limitante para o desenvolvimento do eucalipto, principalmente no estágio inicial do desenvolvimento da cultura.

Os Gleissolos Háplicos ocupam as partes depressionais da paisagem e, como tal, estão normalmente sujeitos a inundações sazonais (Curi, 2000). Além dos possíveis problemas de toxidez, devido ao ambiente de redução, a falta de oxigênio constitui um fator crítico para o desenvolvimento do eucalipto. Dessa forma, a classe de risco muito alto de anoxia, que representa 20% da área mapeada, compreende as unidades dos Planossolos Háplicos em relevo plano/suave ondulado e dos Gleissolos Háplicos planos a ondulosos.

Grande parte da área estudada (29%) apresenta riscos de anoxia em níveis alto e muito alto (Tabela 3 e Figura 3), sendo 25% de solos mal a imperfeitamente drenados, que necessitariam de práticas especiais de manejo, como o uso de grade *bedding* para garantir a produtividade nessas áreas. Considerando o custo/benefício de preparo do solo, estas áreas, que constituem ambientes limitantes ao desenvolvimento do eucalipto devem ter seu uso destinado a reservas legais ou outras formas de preservação.



**FIGURA 3.** Classes de risco de anoxia para o eucalipto na área em estudo

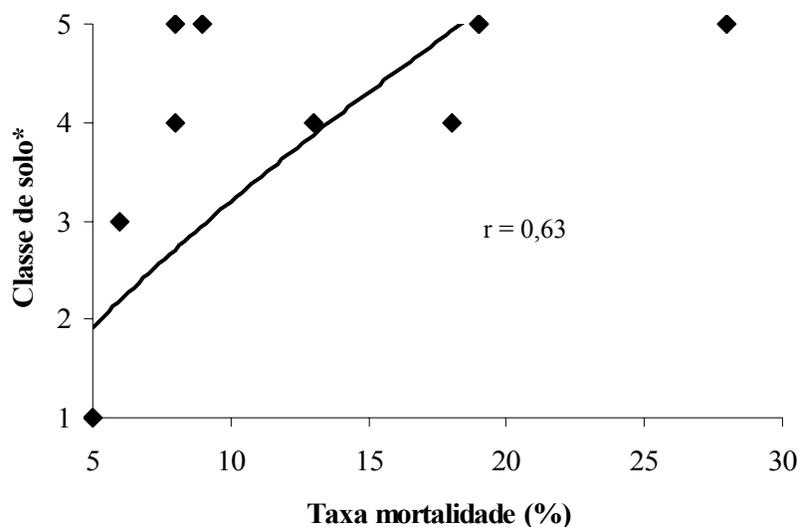
Com base na taxa de mortalidade do eucalipto, foi possível validar a classificação quanto ao risco de anoxia (Tabela 4). Observa-se que, de forma geral, as maiores taxas de mortalidade correspondem aos talhões classificados como de risco alto e muito alto de anoxia e as menores taxas obtidas para áreas

que apresentam risco muito baixo, que pode ser observada pela correlação positiva ( $r = 0,63$ ) entre as taxas de mortalidade e classes de riscos de anoxia (Figura 5).

Variações na taxa de mortalidade, para as mesmas unidades de mapeamento de solos, podem estar relacionadas a outros fatores, tais como presença de plantas invasoras, formigas ou algum impedimento local, que não constituíram objeto de estudo deste trabalho.

**TABELA 4.** Taxa de mortalidade e unidade de mapeamento de solo para a área em estudo.

<b>Mortalidade (%)</b>	<b>Unidade de mapeamento de solo</b>	<b>Classe de risco de anoxia</b>
28	SX1 plano/suave ondulado	Muito alto
19	SX2 plano/suave ondulado	Muito alto
19	GX2 plano/suave ondulado	Muito alto
18	RR plano/suave ondulado	Alto
13	PA3 plano/suave ondulado	Alto
9	GX2 plano/suave ondulado	Muito alto
8	SX1 plano/suave ondulado	Muito alto
8	RR plano/suave ondulado	Alto
6	CX2 ondulado	Médio
5	PV3 ondulado	Muito baixo
5	PVA04 ondulado	Muito baixo



**FIGURA 5.** Correlação de Spearman para as taxas de mortalidade e classes de risco de anoxia. \*As classes 1, 2, 3, 4 e 5 referem-se, respectivamente, às classes de risco de anoxia muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

#### 4 CONCLUSÕES

As classes de risco de anoxia exerceram influência sobre as taxas de mortalidade de eucalipto.

As maiores taxas de mortalidade, de forma geral, ocorreram nas classes de solos classificadas como de risco alto a muito alto de anoxia.

A interpretação das informações constantes no mapa de solos para fins de avaliação de risco de anoxia mostrou-se compatível com a medida direta dos efeitos da anoxia sobre a cultura de eucalipto.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2006/ABRAF. Brasília, 2007. 80p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife: MA/DPP- AS/DRNR, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).

CORRÊA NETO, T.A.; ANJOS, L.H. dos; PEREIRA, M.G.; AMORIM, H.B.; JACCOUD, C. F. de S. Atributos edafoambientais e parâmetros dendométricos de plantios de eucalipto em uma topossequência no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.17, n.1, p.43-51, jan./mar. 2007.

COSTA, L.M da.; COSTA, O.V.; OLSZEWSKI, N.; NACIF, P.G.S. Influência das características morfológicas, estruturais e texturais do solo na definição de seu preparo. In: GONÇALVES, J.L. de M.; STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos pra plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p.205-219.

CURI, N. Interpretação e decodificação do levantamento de solos das áreas da Aracruz Celulose S.A. no Espírito Santo e sul da Bahia para o cultivo de eucalipto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose S. A no Espírito Santo e sul da Bahia para o cultivo de eucalipto**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 2000. p.70-80. (Boletim de Pesquisa, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

GOMES, F. dos S.; MENEGOL, O.; DEMATTÊ, J.A.M. Soil attributes related to eucalypt and pine plantations productivity in the south of Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v.24, n.4, p.61-82, jun. 2007.

GONÇALVES, J.L de M. Interpretação de levantamento de solo para fins silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, n.39, p.65-72, ago. 1988.

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

KLAMT, E.; DALMOLIN, R.S.D.; GONÇALVES, C.N.; INDA JÚNIOR, A.V.; ALMEIDA, J.; FLORES, C.A. **Proposta de normas e critérios para execução de levantamentos semidetalhados de solos e para avaliação da aptidão agrícola das terras**. Pelotas: NRS-SBCS, 2000. 44p. (NRS-SBCS. Boletim Técnico, 5).

MEIO, V de F.; CRUZ, C.D.; BARROS, N.F de.; NOVAIS, R.F de.; COSTA, L.M da. Utilização de técnicas multivariadas no estudo das relações entre atributos químicos do solo e a produtividade do eucalipto no Rio Grande do Sul. **IPEF**, Piracicaba, n.48/49, p.38-49, jan./dez. 1995.

ORTIZ, J. L.; VETTORAZZI, C.A.; COUTO, H.T.Z. do.; GONÇALVES, J.L de M. Relações espaciais entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.72, p.67-79, dez. 2006.

RAMGRAB, G.E.; WILDNER, W.; LOPES, R.C.; FAVILLA, C.A.C.; SILVA, M.A.S.; SACHS, L.L.B.; SILVA, V.A.; BATISTA, I.H. Folha SH.22-Porto Alegre. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM, M.B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G.M.M.; VIDOTTI, R.M.; RAMOS, M.A.B.; JESUS, J.D.A. de (Ed.). **Carta geológica do Brasil ao milionésimo, sistema de informações geográficas**. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM, 2004. CD-ROM.

SOARES, N.S.; SILVA, M.L da.; LIMA, J.E. A função da produção da indústria brasileira de celulose, em 2004. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.495-502, 2007.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, E.S.D.; KLAMT.; NASCIMENTO, P.C. do.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2002. 107p.

## CAPÍTULO 3

### COMPARAÇÃO ENTRE INFORMAÇÕES OBTIDAS POR DIFERENTES LEVANTAMENTOS DE SOLOS EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA NO RIO GRANDE DO SUL

#### RESUMO

COSTA, Adriana Monteiro da. Comparação entre informações obtidas por diferentes levantamentos de solos em microbacia hidrográfica no Rio Grande do Sul. In: \_\_\_\_\_. **Levantamento de solos, interpretação para o risco de anoxia e estabelecimento de unidades de manejo para a cultura do eucalipto no Rio Grande do Sul**. 2008. Cap.3, p.47-65. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

A utilização adequada de informações contidas em levantamentos de solos pode fornecer subsídios para o planejamento de uso das terras. Entretanto, tem-se observado a ampliação de áreas de microbacias hidrográficas e de municípios, a partir de mapas de pequena escala. Esta prática, no entanto, não é aconselhável, podendo levar à interpretações incorretas acerca da real capacidade de uso das áreas. Este trabalho foi desenvolvido com objetivo de executar o levantamento de solo em escala detalhada para uma microbacia hidrográfica localizada no Estado do Rio Grande do Sul e comparar as informações obtidas pelo levantamento detalhado de solos, escala de 1:10.000 com as do mapa ampliado do levantamento de reconhecimento para o Estado do Rio Grande de Sul, na escala de 1:750.000. As unidades de solos mapeadas foram quantificadas quanto à área de abrangência e porcentagem da área ocupada. O levantamento detalhado permitiu identificar a grande variabilidade de solos existente na área, não delimitada no mapa ampliado devido à escala. A ampliação de mapas de pequena escala, para estudos em microbacias hidrográficas, não é aconselhável, podendo levar a superestimação da real capacidade de uso e conseqüentemente comprometendo a sustentabilidade da área.

**Palavras-Chave:** escalas, ampliação de escalas, tipos de levantamentos

## CHAPTER 3

### COMPARISON BETWEEN INFORMATIONS GAINED TO DIFFERENT SOIL SURVEY IN RIO GRANDE DO SUL STATE'S HYDROGRAPHIC WATERSHED

#### ABSTRACT

COSTA, Adriana Monteiro da. Comparison between informations gained to different soil survey in Rio Grande do Sul State's hydrographic watershed. In: \_\_\_\_\_. **Soils mapping, interpretation for anoxia and management units for eucalyptus in the State of Rio Grande do Sul.** 2008. Chap.3, p.47-65. Thesis (Doctor in Soil Science) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.

The information contained in soil surveys gives support to plan the soil use. This work aimed to execute the soil survey, at a detailed scale 1:10,000, of a watershed localized in Eldorado do Sul, State of Rio Grande do Sul, and to compare it with the reconnaissance map of the soils of the State of Rio Grande do Sul, surveyed the scale of 1:750,000. The detailed survey provided the identification of a large variability of soils in the area, which was not delimited in the magnified map due to its small scale. The enlargement of small scale maps, for watershed studies, is not advisable, because it may lead to misestimation of the land agricultural, compromising the sustainability.

**Keywords:** map scales, soil mapping, soil survey

## 1 INTRODUÇÃO

O solo constitui a base de sustentação dos agrossistemas e o conhecimento de seus atributos e de sua variabilidade espacial é de fundamental importância para garantir a preservação do ambiente (Fiorio et al., 2003). A grande diversidade de solos na paisagem resulta da ação conjunta de diferentes fatores de formação que atuam sobre o mesmo, tornando-se, assim, importante o seu conhecimento, identificação e classificação.

O levantamento de solo é uma importante ferramenta de estratificação de ambientes que permite a previsão para fins agrícolas (Resende & Resende, 1983), de planejamentos urbanos, de projetos de assentamentos rurais, florestais e de irrigação e drenagem, e a avaliação para desapropriação e taxação de impostos (Dalmolin et al., 1999), além de ser útil em outras ciências básicas, como fitogeografia, geologia e arqueologia (Larach, 1983).

Os levantamentos de solos realizados no Brasil são considerados pouco detalhados. A maioria é de reconhecimento (França & Demattê, 1993; Fiorio et al., 2003; Demattê et al., 2004) não sendo adequada para o planejamento de uso e manejo de solos de municípios, de bacias hidrográficas ou de propriedades rurais (Dalmolin et al., 2004). O estado do Rio Grande do Sul, assim como a maioria dos estados brasileiros, apresenta baixo número de levantamentos executados em escalas maiores e que atendam à demanda por informações necessárias para um adequado planejamento do uso das terras.

Devido ao baixo número de levantamentos executados em escalas maiores, ao alto custo para a sua execução, à carência de profissionais qualificados e à alta demanda por informações mais detalhadas, tem se observado a ampliação de mapas de levantamento de solos, de pequena escala, para a elaboração de projetos em microbacias hidrográficas e em áreas de municípios. Entretanto, a ampliação dessas áreas a partir de mapas de pequena

escala não é um procedimento adequado (Dalmolin et al., 2004), podendo levar a interpretações incorretas acerca da real capacidade de uso das áreas, comprometendo a sustentabilidade das mesmas. Para se obter informações detalhadas sobre a distribuição dos solos, é necessária a realização de levantamentos em escala compatível com os objetivos que se pretende alcançar. A comparação de mapeamentos de solos em diferentes escalas contribui para o melhor entendimento da variabilidade espacial dos solos, dando suporte para o desenvolvimento, o refinamento e a homogeneização dos métodos de levantamentos (Fiorio et al., 2003).

Diferenças entre mapas semidetalhados e ampliado do mapa de reconhecimento foram observadas, por Dalmolin et al. (2004), para os municípios de São João do Polésine, escala 1:20.000 e São Pedro do Sul, escala de 1:50.000, comparando-os com mapa ampliado de 1:750.000, para o estado do Rio Grande do Sul. Os autores observaram que a grande variabilidade de solos existente nas áreas não foi delimitada no mapa de pequena escala e que a utilização das informações do mapa ampliado levaria à subestimação e à superestimação da aptidão agrícola, respectivamente, para os municípios de São João do Polésine e São Pedro do Sul. Também Fiorio et al. (2003), comparando mapa detalhado tradicional e detalhado por textura, observaram diferenças de 35% e 40%, respectivamente, do mapa semidetalhado para a região de Barra Bonita, SP. Segundo os autores, os levantamentos detalhados permitiram a identificação de um maior número de unidades de solos, devido ao maior número de observações no campo, à menor área mínima mapeável e à maior escala de publicação destes, comparados ao levantamento semidetalhado.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de executar o levantamento detalhado de solos para a microbacia em estudo e comparar as informações do mapa detalhado, confeccionado na escala de 1:10:000, com as do mapa ampliado de solos extraído do Levantamento de Reconhecimento de

Solos do Estado do Rio Grande do Sul, na escala de 1:750.000 (Brasil, 1973, Streck, 2002), utilizando sistemas de informações geográficas (SIG).

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

A área em estudo, denominada microbacia do Horto Terra Dura, está localizada no município de Eldorado do Sul, RS. É delimitada pelas coordenadas UTM 22K 440.902 e 441.931E e 6.662.028 e 6.660.462 S (Datum SAD 69). A microbacia compreende área total de 115,9 ha, dos quais 88,5 ha, cultivados com eucalipto, correspondem à área de solos mapeada; o restante da área corresponde à vegetação nativa, a estradas e a outros usos. Na região, a vegetação primitiva é representada por uma formação florestal constituída por Mata Subtropical Alta e Mata Subtropical Arbustiva. O clima é o “Cfa”, subtropical ou virginiano (classificação de Köppen), com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, a do mês mais frio, inferior a 18°C e a média anual de 19,1°C. A precipitação média anual é de 1.440 mm (Brasil, 1973).

A área corresponde à região fisiográfica Depressão Central e o relevo varia de plano a montanhoso, com altitudes variando de 85 a 185 m. A geologia da área é composta por rochas ígneas, sienogranitos, correspondente à Suíte Intrusiva Dom Feliciano - Litofácies Serra do Herval, do período Neoproterozóico (2500 Ma) (Ramgrab et al., 2004).

O levantamento detalhado de solos foi executado conforme Klamt et al. (2000). Nos trabalhos de campo, foram utilizados, como material básico, a carta planialtimétrica SH.22-Y-B-BII-2, a folha Arroio dos Ratos na escala de 1:50.000, aerofotos policromáticas na escala aproximada de 1:60.000, bem como o levantamento planialtimétrico da microbacia, em escala 1:10.000, com distância vertical entre curvas de nível igual a 5 m. A prospecção da área foi

realizada pelo método do caminhamento livre, percorrendo-se toda a área e realizando-se observações de campo, quanto da mudança de comportamento dos solos na paisagem, com densidade de 0,56 observações por ha. Os pontos de observação foram georreferenciados em campo e foram coletadas 71 amostras de solos, nas profundidades de 0-20, 40-70 e 100-120 cm, conforme Lemos & Santos (2005). Foram realizadas análises químicas e granulométricas do solo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, 1997) e a classificação pedológica foi realizada segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

Após o trabalho de campo, as unidades de mapeamento de solo (UM) foram delimitadas com auxílio do mapa base, utilizando-se rotinas de sistemas de informações geográficas. Para a definição das unidades de mapeamento de solos, foram consideradas, como características determinantes: classe textural (Cambissolos Háplicos, Argissolos Amarelos, Vermelho e Vermelho-Amarelo), profundidade efetiva do horizonte B (Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho e Vermelho-Amarelo), presença de cascalho/pedregosidade (Nitossolos Vermelhos) e presença de mosqueados e indícios de gleização (Planossolos Háplicos). As unidades de mapeamento de solo foram definidas até o 5º nível categórico, família, sendo considerados grupamento textural e presença de cascalho/pedregosidade (Tabela 1).

Numa segunda etapa, ampliou-se a área correspondente ao estudo, tendo por base o mapa de solos contido no levantamento de reconhecimento de solos do Rio Grande do Sul, na escala de 1:750.000, publicado por Brasil (1973) e atualizado por Streck et al. (2002). A nomenclatura dos solos do mapa ampliado do levantamento de reconhecimento foi atualizada com a do mapa detalhado, permitindo a comparação entre as unidades de mapeamento de solo existentes nos dois levantamentos. As unidades de mapeamento de solo contidas nos dois levantamentos foram quantificadas, em termos de área de abrangência e

percentagem de ocorrência na área em estudo (Tabela 3), para fins de comparação.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para o levantamento de reconhecimento, foi delimitada apenas uma unidade de solo, PVd7, correspondente aos Argissolos Vermelhos Distróficos típicos textura média que, no levantamento detalhado do presente trabalho, é representado pela sigla PVd3. Assim atualizou-se a legenda do mapa de reconhecimento ampliado, sendo PVd7 designado PVd3 (Figura 1B).

Na Tabela 1, é apresentada a descrição das unidades de mapeamento (UM) de solos observadas para o levantamento detalhado de solos para a microbacia em estudo. Com exceção dos Planossolos Háplicos (SXE 2), que são eutróficos, todos os demais solos mapeados apresentam baixa fertilidade natural e são distróficos e ou alumínicos (Tabela 2). As análises químicas e granulométricas realizadas mostram que existe grande variabilidade dos atributos avaliados, para as distintas unidades de mapeamento de solos. Observa-se que, ao contrário do que normalmente é esperado, os teores de silte dos Cambissolos são, de forma geral, inferiores aos dos Argissolos que, por sua vez, apresentam valores elevados (Tabela 2).

Para a unidade PVd1 e PVAd03, observaram-se teores elevados de P e K, na profundidade de 0-20 cm, o que pode estar relacionado às adubações de plantio. O comportamento dos solos é bastante heterogêneo na área em estudo, não sendo, portanto, recomendado o uso de generalizações, a fim de evitar interpretações errôneas. Destaca-se a importância da execução de levantamentos de solos em escalas maiores para a obtenção de informações precisas e com maior riqueza de detalhes, principalmente para áreas que apresentam grande variabilidade de solos, como a região em estudo.

**TABELA 1.** Unidades de mapeamento (UM) de solos para o levantamento detalhado, com sua respectiva classificação, para a microbacia do horto Terra Dura, Eldorado do Sul, RS.

<b>UM<sup>1</sup></b>	<b>Descrição taxonômica dos solos</b>
CXbd1	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico textura média
CXbd2	Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico textura média cascalhento/pedregoso
NVd2	Nitossolo Vermelho Distrófico típico cascalhento/pedregoso
PAd1	Argissolo Amarelo Distrófico típico textura média
PVd1	Argissolo Vermelho Distrófico típico textura média
PVd2	Argissolo Vermelho Distrófico típico textura média cascalhento/pedregoso
PVd3	Argissolo Vermelho Distrófico típico textura argilosa
PVa4	Argissolo Vermelho Alumínico típico textura argilosa cascalhento/pedregoso
PVAd01	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico textura média
PVAa03	Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico típico textura argilosa
PVAd04	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico textura argilosa, cascalhento/pedregoso
SXe2	Planossolo Háplico Eutrófico gleissólico

<sup>1</sup>As unidades de mapeamento de solos NVd 1, PVAd 02 e SXd 1 não são descritas por não estarem presentes na área em estudo.

Na Figura 1, é mostrado o mapa de solos detalhado para a microbacia, juntamente com o mapa ampliado do levantamento de reconhecimento. No mapa do levantamento detalhado (Figura 1A), observa-se a ocorrência de seis subordens de solos e doze unidades de mapeamento de solo. Para o mapa ampliado, observa-se a ocorrência de apenas uma ordem e uma unidade de mapeamento (Figura 1B).

**TABELA 2.** Dados médios dos atributos químicos e granulométricos das unidades de mapeamento para o levantamento detalhado de solos para a microbacia do horto Terra Dura, Eldorado do Sul, RS.

UM <sup>1</sup>	Prof. <sup>2</sup>	pH H <sub>2</sub> O	MO <sup>3</sup>	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(T)	V	m	Argila	Areia	Silte
			dag kg <sup>-1</sup>	---mg dm <sup>-3</sup> ---			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					-----%-----		-----%-----		
CXbd1	A	5,0	2,5	2	0	1,4	1,5	1,6	9,8	3,0	13	23	35	31	25	44
	B	5,0	1,9	0	92	1,1	1,9	3,9	12,3	3,4	16	22	54	21	59	20
	C	5,4	0,4	0	39	1,4	4,9	3,9	13,7	6,6	20	33	37	28	38	34
CXbd2	A	5,5	1,2	27	97	1,4	0,9	0,3	2,6	2,6	5	50	10	11	75	14
	B	5,1	1,2	1	80	1,7	1,4	2,3	7,9	3,3	11	30	41	13	72	15
NVd2	A	5,0	1,6	1	55	1,9	0,9	1,7	7,9	3,0	11	28	36	35	52	13
	B	4,8	0,6	0	31	0,7	0,2	3,8	13,7	1,0	15	7	79	35	52	13
	C	4,8	1,2	0	12	0,8	0,2	3,4	9,8	1,1	11	10	76	42	32	26
PAd1	A	5,3	2,2	1	67	1,4	0,4	0,9	4,5	2,0	6	34	28	26	13	61
	B	5,3	1,5	1	55	0,8	0,2	1,8	7,1	1,2	8	19	56	25	16	59
	C	5,4	0,7	1	56	1,4	2,4	5,7	13,3	4,0	17	34	47	31	31	39
PVd1	A	5,8	6,0	98	81	5,0	1,0	0,2	2,6	6,2	9	71	3	20	19	61
	B	4,8	3,8	1	83	0,8	0,2	3,6	15,3	1,3	17	8	74	12	49	39
	C	4,9	0,5	1	27	0,9	1,3	3,2	13,7	2,3	16	15	58	12	70	18
PVd2	A	4,8	2,0	4	77	1,9	0,9	1,2	5,8	3,0	9	30	38	19	28	54
	B	4,8	0,8	1	88	0,8	0,2	3,5	15,1	1,3	16	9	72	22	41	37
	C	4,8	1,3	1	68	0,8	0,2	3,7	15,1	1,3	16	8	75	21	52	27
PVd3	A	4,9	1,4	1	73	1,4	0,9	1,1	4,5	2,6	7	36	31	20	18	62
	B	4,9	2,4	1	66	1,1	0,4	3,2	12,6	1,7	14	13	64	35	37	28
	C	5,0	1,2	1	59	1,7	1,3	3,0	13,1	3,2	16	24	51	35	55	10

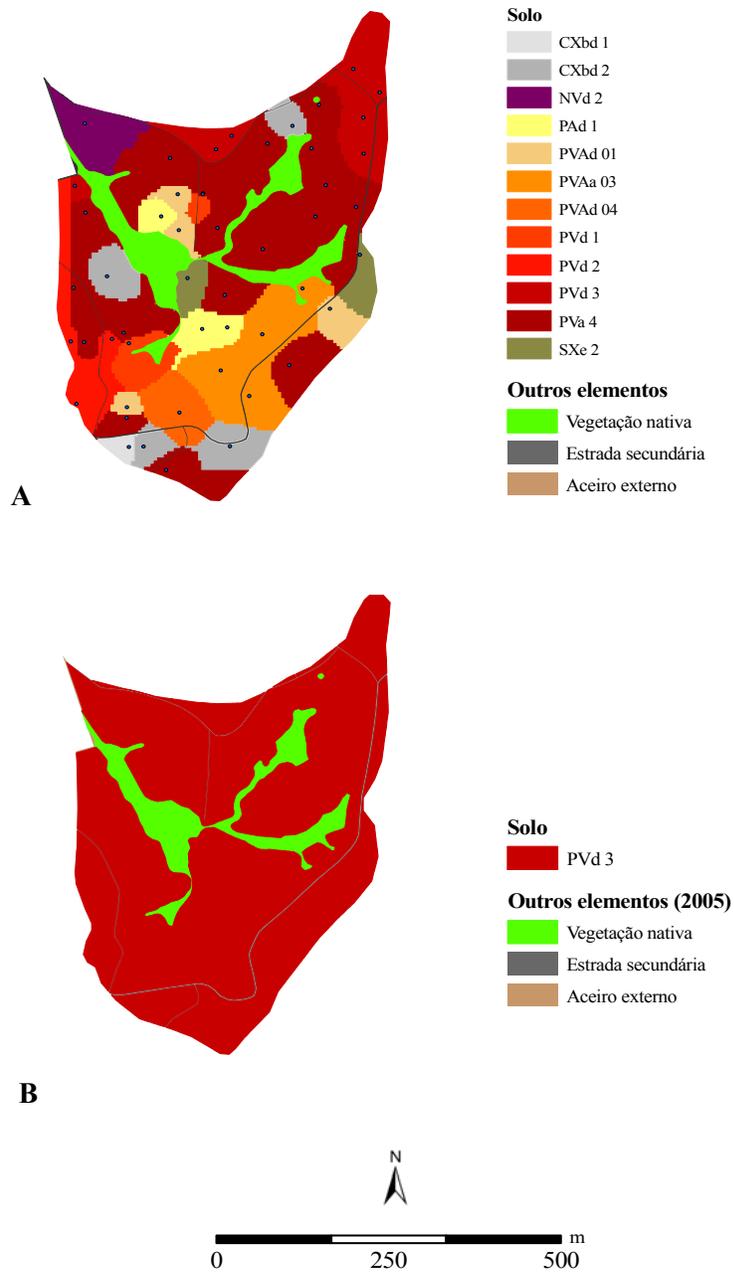
...continua...

TABELA 2, Cont.

UM <sup>1</sup>	Prof. <sup>2</sup>	pH H <sub>2</sub> O	MO <sup>3</sup>	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(T)	V	m	Argila	Areia	Silte
			dag kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%		%		
PVa4	A	5,3	2,7	3	79	2,0	0,9	1,9	9,2	3,2	12	29	45	16	29	55
	B	4,9	2,0	0	56	0,9	0,3	4,7	25,3	1,5	27	5	77	41	47	12
	C	5,2	0,5	0	21	0,8	0,2	4,8	22,7	1,1	24	5	82	35	41	24
PVAd01	A	4,9	1,5	1	47	0,6	0,2	1,6	5,0	1,0	6	16	63	20	13	67
	B	5,2	1,0	1	47	0,7	0,2	1,2	4,5	1,1	6	19	53	23	12	65
	C	5,2	5,3	0	87	0,8	0,2	2,9	9,8	1,3	11	12	69	35	20	45
PVAd03	A	5,5	2,5	53	80	3,9	1,6	0,6	4,5	5,7	10	53	17	35	23	43
	B	5,2	1,4	1	84	1,0	1,3	3,4	14,7	2,6	17	14	58	30	27	43
	C	5,4	0,5	1	69	1,2	2,2	4,3	15,1	3,6	19	19	55	35	24	41
PVAd04	A	5,4	1,4	1	90	2,2	1,2	0,9	4,5	3,7	8	45	20	31	23	46
	B	5,2	1,3	0	153	1,3	1,7	2,9	13,7	3,5	17	20	45	35	42	23
	C	5,6	0,8	0	76	1,2	2,8	2,9	11,0	4,4	15	29	40	35	53	12
SXE2	A	5,4	2,6	1	45	4,1	1,0	1,2	6,7	5,3	12	49	24	29	18	54
	B	5,5	1,0	1	48	3,0	3,5	2,1	8,3	6,7	15	46	23	35	32	33
	C	5,9	0,3	1	45	3,9	3,4	1,5	5,3	7,8	13	65	15	35	35	30

<sup>1</sup>Unidades de mapeamento: Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico textura média (CXbd1), Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico textura média cascalhento/pedregoso (CXbd2), Nitossolo Vermelho Distrófico típico cascalhento/pedregoso (NVd2), Argissolo Amarelo Distrófico típico textura média (PAd1), Argissolo Vermelho Distrófico típico textura média (PVd1), Argissolo Vermelho Distrófico típico textura média, cascalhento/pedregoso (PVd2), Argissolo Vermelho Distrófico típico textura argilosa (PVd3), Argissolo Vermelho Aluminico típico textura argilosa cascalhento/pedregoso (PVa4), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico textura média (PVAd01), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico textura argilosa (PVAd03), Argissolo Vermelho-Amarelo Aluminico típico textura argilosa, cascalhento/pedregoso (PVAd04), Planossolo Háplico Eutrófico gleissólico (SXE2).

<sup>2</sup>Profundidade A (0-20 cm), B (40-70 cm) e C (100-120 cm); <sup>3</sup>Matéria Orgânica.



**FIGURA 1.** Mapa de solos da área em estudo, na escala de 1:10.000 (A) e ampliado do mapa de reconhecimento na escala de 1:750.000 (B). A vegetação nativa, estrada e aceiro externo se referem à situação encontrada em 2005.

Das doze unidades de mapeamento obtidas para o mapa detalhado (escala 1:10.000), os Argissolos Vermelhos Alumínicos típicos (PVa 4) ocupam 42% (38 ha) da área mapeada e constituem a classe de maior abrangência (Tabela 3). São solos que, além de apresentarem baixa fertilidade natural, são extremamente ácidos. Esta unidade ainda apresenta limitações quanto ao manejo, devido à presença de cascalho/pedregosidade em quantidade considerável. No sistema de cultivo do eucalipto, o revolvimento do solo é baixo e o tráfego de máquinas ocorre espaçadamente, em intervalos de, aproximadamente, 7 anos.

A determinação deste atributo (cascalho/pedregosidade) pode ser de fundamental importância no planejamento do uso do maquinário agrícola em práticas de preparo do solo e de manutenção das áreas de acesso por ocasião das colheitas. A presença de cascalho/pedregosidade, principalmente em áreas de relevo mais movimentado, pode aumentar a susceptibilidade desses solos ao processo erosivo, devido à menor coesão das partículas, exigindo práticas mais intensivas de conservação do solo e menor mobilização.

No mapa ampliado do levantamento de reconhecimento, a unidade PVd3 constitui a única unidade delimitada, abrangendo 100% da área em estudo. No levantamento detalhado, porém, ela representa apenas 10% da área. A utilização das informações do levantamento de reconhecimento estaria superestimando a aptidão agrícola dos solos, uma vez que a unidade PVa4 apresenta maiores restrições de uso que a PVd3, mostrando a importância das informações extraídas de níveis categóricos mais detalhados. Mesmo se somassem todas as classes dos Argissolos Vermelhos, estas ocupariam 61% da área mapeada e não 100% da área, como delimitado no mapa ampliado (Tabela 3). Entretanto, esta soma das classes de solos não é recomendada (Dalmolin et al., 2004) devido às variações apresentadas pelas mesmas nos diferentes níveis categóricos,

principalmente em nível de fase, que pode implicar em aptidão de uso e manejo diferenciados.

**TABELA 3.** Comparação das unidades de mapeamento de solo (UM) para o levantamento detalhado e de reconhecimento ampliado para a microbacia do Horto Terra Dura, Eldorado do Sul, RS.

UM	Mapa de solos 1:10.000 <sup>1</sup>		Mapa de solos ampliado de 1:750.000 <sup>2</sup>	
	Área (ha)	% área	Área (ha)	% área
CXbd1	0,63	0,72	0	0
CXbd2	7,21	8,15	0	0
NVd2	3,82	4,31	0	0
PAd1	3,49	3,94	0	0
PVd1	2,88	3,25	0	0
PVd2	4,98	5,63	0	0
PVd3	8,79	9,94	88,5	100
PVa4	37,47	42,34	0	0
PVAd01	3,46	3,91	0	0
PVAa03	9,83	11,11	0	0
PVAd04	3,24	3,66	0	0
SXe2	2,71	3,06	0	0

<sup>1</sup>Mapa de solos da área em estudo, escala 1:10.000

<sup>2</sup>Mapa de solos do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000 (Brasil, 1973) modificado por Streck et al. (2002).

Foram também mapeadas as unidades dos Cambissolos Háplicos Tb Distróficos típico (CXbd1 e 2), Nitossolos Vermelhos Distróficos típico (NVd 2), Argissolos Amarelos Distróficos típico (PAd), Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos típico (PVAd01 e 04), Argissolos Vermelho-Amarelos

Alumínicos típico (PVAa03) e Planossolos Háplicos Eutróficos gleissólicos (SXE2). Todas estas unidades são inexistentes no mapa semidetalhado ampliado deste local.

Os Cambissolos representam 9% da área mapeada. São solos que apresentam maiores problemas físicos, devido à sua pequena espessura, baixa capacidade de armazenamento de água, teor de silte e presença de cascalhos e pedras, que levam à maior susceptibilidade à erosão.

Os Nitossolos Vermelhos Distróficos (NVd2) correspondem a 4% da área. Esta classe de solo, por apresentarem baixa relação textural e textura argilosa, representa, de forma geral, solos menos erosivos que os Argissolos. Além disso, possuem melhor permeabilidade interna, garantindo melhor aeração do solo. A unidade mapeada, entretanto, apresenta restrições, devido à presença de cascalhos/pedregosidade, o que implicará em práticas de manejos diferenciadas para o plantio de eucalipto.

As unidades dos Argissolos Vermelho-Amarelos (PVAd01, PVAd04, PVAa03) e Argissolo Amarelo (PAd1) ocupam, respectivamente, 4%, 4%, 11% e 4% da área mapeada. Apesar de não apresentarem limitações severas ao cultivo do eucalipto, o PAd, dependendo da sua posição na paisagem, pode promover limitações temporárias de deficiência de oxigênio à cultura, exigindo práticas especiais de manejo.

O restante da área (3%) é ocupada pela classe dos Planossolos Háplicos eutróficos gleissólicos (SXE2). São solos que, apesar da elevada fertilidade natural, apresentam limitações ao uso agrícola para cultivo do eucalipto. A presença do horizonte B plânico representa restrições à penetração de raízes, de água e de ar no perfil do solo. Sendo a cultura do eucalipto extremamente sensível à deficiência de oxigênio (Curi, 2000), a utilização desta área poderá trazer sérios problemas ao cultivo, principalmente no estágio inicial do ciclo, podendo levar à queda de produtividade e exigindo práticas especiais, como o

plântio em camalhões, construídos pelo uso de grade *bedding*. Para fins de aptidão agrícola para a cultura do eucalipto, nesta área, o fator viabilidade econômica (custo/benefício) deve ser considerado. Nos casos em que este for elevado, recomenda-se que a área seja considerada inapta para o cultivo do eucalipto, devendo ser destinada à preservação ambiental.

A comparação entre informações obtidas por diferentes levantamentos de solos mostrou limitações de escalas em identificar a grande variabilidade de solos existentes na área. A obtenção de informações detalhadas de solos só pode ser gerada pela execução de novos levantamentos mais detalhados (Streck et al., 2002), não sendo recomendada, para este fim, a ampliação de escalas. No levantamento de reconhecimento de solos, na escala de 1:750.000, a área mínima mapeável (AMM) é de 225 ha, ou seja, unidades de solos que ocupam áreas inferiores a esta não serão mapeadas.

No levantamento detalhado, de escala 1:10.000, a AMM é de 0,4 ha. Observa-se que, para a microbacia estudada, as unidades de solos delimitadas apresentam área mínima de 0,63 ha (CXbd1), sendo, portanto, representadas no levantamento detalhado. A utilização das informações do mapa ampliado do levantamento de reconhecimento estaria superestimando a aptidão agrícola da área para o cultivo do eucalipto, visto que solos de maior fragilidade, como os Cambissolos e Planossolos, não estão contempladas no levantamento em questão.

A utilização de mapa de levantamentos de solos em escala inadequada pode trazer como consequência a má utilização dos recursos naturais, com a degradação dos solos e a obtenção de rendimentos e lucros abaixo do potencial regional (Giasson et al., 2006). Embora a ampliação de áreas de microbacias hidrográficas e de municípios, a partir de mapas de pequena escala, venha sendo utilizada, esta prática não é recomendada, visto que a utilização destas informações pode levar à subestimação e ou à superestimação da aptidão das

áreas para distintos usos. Para um adequado uso do solo, principalmente em área de grande variabilidade espacial em curtas distâncias, como na região em estudo, torna-se necessária a execução de levantamento de solos em escalas maiores, condizentes com os objetivos que se pretende alcançar.

Ressalta-se, entretanto, que o mapa do levantamento de reconhecimento de solos, na escala de 1:750.000, apresenta grande riqueza de informações para execução de projetos e planejamentos em grandes áreas. A publicação do levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul, na década de 1970, é um grande marco para o desenvolvimento da pedologia no Brasil. Sua elaboração veio atender a anseios da sociedade por informações generalizadas dos solos do estado, objetivando fornecer subsídios para futuros levantamentos detalhados. Assim, o levantamento de reconhecimento de solos daquele estado apresenta uma grande contribuição à sociedade brasileira e deve servir como base para a elaboração de futuros levantamentos em escalas maiores que venham atender a demandas por informações específicas.

#### **4 CONCLUSÕES**

O levantamento detalhado de solos permitiu a identificação de unidades de mapeamento de solos não delimitadas no mapa ampliado do levantamento de reconhecimento.

Foram delimitadas doze unidades de mapeamento de solos, no mapa do levantamento detalhado e de apenas uma unidade no mapa ampliado do levantamento de reconhecimento.

A ampliação do mapa de pequena escala mostrou-se inviável, levando à superestimação da aptidão agrícola da área em estudo e, até mesmo, eventualmente, ao cultivo de solos marginais e ambientalmente problemáticos.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Aracruz Celulose S.A., pela possibilidade de realização deste estudo e à EMATER- RS, na pessoa do Dr. Edegar Streck, pelo acesso às informações do mapa digital de solos do Rio Grande do Sul.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife: MA/DPP - AS/DRNR, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).

CURI, N. Interpretação e decodificação do levantamento de solos das áreas da Aracruz Celulose S.A. no Espírito Santo e sul da Bahia para o cultivo de eucalipto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose S. A no Espírito Santo e sul da Bahia para o cultivo de eucalipto**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 2000. p.70-80. (Boletim de pesquisa, 1).

DALMOLIN, R.S.D. Faltam pedólogos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.13-15, out./dez. 1999.

DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; PEDRON, F. de. A.; AZEVEDO, A. C. de. Relação entre as características e o uso das informações de levantamentos de solos de diferentes escalas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1479-1486, set./out. 2004.

DEMATTÊ, J.A.M.; GENÚ, A.M.; FIORIO, P, R.; ORTIZ, J.L.; MAZZA, J. A.; LEONARDO, H.C.L. Comparação entre mapas de solos obtidos por sensoriamento remoto espectral e pelo método convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.1219-1229, dez. 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FIORIO, P.R.; DEMATTÊ, J.A.M.; FORMAGGIO, A. R.; EIPHANIO, J.C.N. Geoprocessamento e topossequência na determinação de levantamentos de solos em diferentes escalas. **Magistra**, Cruz das Almas, v.15, n.2, p.111-209, jul./dez. 2003.

FRANÇA, G.V.; DEMATTÊ, J.A.M. Levantamento de solos e interpretação fotográfica dos padrões desenvolvidos em solos originados do arenito de Bauru. **Science Agrícola**, Piracicaba, v.50, n.1, p.77-86, fev./maio 1993.

GIASSON, E.; INDA JÚNIOR, A.V.; NASCIMENTO, P.C. Estimativa do benefício econômico potencial de dois levantamentos de solos no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.478-486, mar./abr. 2006.

KLAMT, E.; DALMOLIN, R.S.D.; GONÇALVES, C.N.; INDA JÚNIOR, A.V.; ALMEIDA, J.; FLORES, C. A. **Proposta de normas e critérios para execução de levantamentos semidetalhados de solos e para avaliação da aptidão agrícola das terras**. Pelotas: NRS-SBCS, 2000. 44p. (NRS-SBCS. Boletim Técnico 5).

LARACH, J.O.I. Uso de levantamento de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.109, 26-32, set. 1983.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. dos. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5.ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92 p.

RAMGRAB, G.E.; WILDNER, W.; LOPES, R.C.; FAVILLA, C.A.C.; SILVA, M.A.S.; SACHS, L.L.B.; SILVA, V.A.; BATISTA, I.H. Folha SH.22-Porto Alegre. In:

SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM, M.B.; LEÃO NETO, R.; MATOS, G.M.M.; VIDOTTI, R.M.; RAMOS, M.A.B.; JESUS, J.D.A. de (Ed.). **Carta geológica do Brasil ao milionésimo, sistema de informações geográficas**. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-ROM.

RESENDE, M.; RESENDE, S.B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.105, p.3-25, set. 1983.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, E.S.D.; KLAMT.; NASCIMENTO, P. C. do.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2002. 107p.

## ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A Dados médios dos atributos químicos e granulométricos de classes de solos nos hortos florestais no Rio Grande do Sul.....	67

**TABELA 1A.** Dados médios dos atributos químicos e granulométricos de classes de solos nos hortos florestais no Rio Grande do Sul.

Classe <sup>1</sup>	Prof. <sup>2</sup>	pH H <sub>2</sub> O	MO <sup>3</sup>	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(T)	V	m	Argila	Areia	Silte
			dag kg <sup>-1</sup>	-mg dm <sup>-3</sup>		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					-----%-----		-----%-----			
CH	A	5,3	1,2	8,3	89	1,8	1,1	0,7	3,8	3,1	7	30	35	11	68	21
	B	5,0	0,7	0,9	67	1,3	0,8	2,0	6,1	2,2	8	26	39	16	66	18
	C	5,2	0,7	0,7	34	1,2	0,5	1,9	4,1	1,8	6	31	53	35	44	22
CX	A	5,3	1,6	4,2	100	2,1	1,3	0,8	4,2	3,8	8	24	41	18	60	21
	B	5,3	1,0	2,7	80	1,8	1,2	1,8	6,1	3,3	9	23	40	28	50	21
	C	5,6	1,1	0,8	49	3,5	2,7	2,6	8,5	6,6	15	25	49	31	39	30
GX	A	5,4	1,7	8,1	97	3,0	1,4	1,1	5,5	4,8	10	29	42	24	48	28
	B	5,7	2,6	1,0	71	3,4	2,6	2,1	7,4	6,5	14	26	50	41	38	22
	C	6,4	0,5	24,9	72	7,0	2,5	1,3	4,2	10,0	14	33	61	39	37	24
NV	A	4,7	2,7	1,4	54	1,4	0,7	2,2	9,5	2,3	12	27	45	36	52	12
	B	4,7	1,0	0,6	32	0,7	0,3	3,3	10,0	1,1	11	10	75	50	28	22
	C	4,9	0,7	0,6	18	1,2	0,9	3,3	10,2	2,2	12	18	61	53	30	18
PA	A	5,1	1,9	1,9	82	1,8	0,9	1,3	5,8	3,0	9	20	54	20	49	31
	B	5,2	2,8	0,9	57	2,4	1,2	2,5	9,0	3,9	13	13	72	33	39	28
	C	5,5	0,6	1,7	51	4,5	2,8	2,7	7,9	7,7	16	23	67	47	36	16
PV	A	5,2	2,0	4,9	84	2,0	1,0	1,2	5,2	3,3	8	37	31	18	54	28
	B	5,1	1,4	1,1	58	1,4	0,6	2,7	10,0	2,2	12	19	56	38	46	15
	C	5,1	1,2	0,9	48	1,7	1,3	3,6	12,6	3,2	16	23	53	39	42	19
PVA	A	5,3	1,2	7,9	94	2,1	1,3	0,9	4,2	3,6	8	24	39	21	56	24
	B	5,2	1,5	1,6	67	1,8	1,1	2,4	8,6	3,2	12	20	52	35	45	20
	C	5,3	3,2	0,8	77	2,0	1,9	3,6	11,4	4,1	16	23	44	52	31	17

...continua...

TABELA 1A, Cont.

Classe <sup>1</sup>	Prof. <sup>2</sup>	pH H <sub>2</sub> O	MO <sup>3</sup>	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(T)	V	m	Argila	Areia	Silte
			dag kg <sup>-1</sup>	-mg dm <sup>-3</sup> -		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						----	----	-----%	-----%	
RL	A	5,0	8,8	3,1	85	1,5	0,8	1,5	7,2	3,0	10	8	64	19	44	38
	B	5,2	0,9	0,6	47	1,4	1,6	4,9	19,1	3,2	22	22	14	47	8	44
RQ	A	5,5	1,6	3,7	125	2,3	1,1	0,2	1,9	3,7	6	66	5	8	84	8
	B	5,1	1,4	0,6	12	0,8	0,2	4,1	12,3	1,0	13	8	80	8	73	19
	C	6,0	0,0	2,8	50	1,4	0,6	0,2	1,0	2,1	3	68	9	8	75	17
RR	A	5,1	1,6	2,7	108	2,3	1,6	0,9	4,2	4,2	8	29	29	18	63	19
	B	5,5	1,6	0,9	60	2,4	1,2	1,5	4,8	3,8	9	23	44	11	66	23
	C	5,7	0,0	0,4	97	2,4	1,7	0,6	1,7	4,4	6	72	12	24	64	12
SX	A	5,4	1,6	2,4	70	2,8	1,6	2,2	7,1	4,7	12	25	56	24	41	35
	B	6,1	2,6	1,1	60	5,7	3,5	1,2	5,3	9,8	15	25	54	39	36	25
	C	7,1	0,4	42,3	55	10,2	7,0	1,2	4,8	18,6	23	39	63	41	44	15

<sup>1</sup>Classe de solo: Cambissolo Húmico (CH), Cambissolo Háplico (CX), Gleissolo Háplico (GX), Nitossolo Vermelho (NV), Argissolo Amarelo (PA), Argissolo Vermelho (PV), Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), Neossolo Litólico (RL), Neossolo Quartzarênico (RQ), Neossolo Regolítico (RR) e Planossolo Háplico (SX).

<sup>2</sup>Prof: profundidade: A (0-20 cm), B (40-70 cm) e C (100-120 cm).

<sup>3</sup>Matéria Orgânica.

## ANEXOS

ANEXO B		Página
FIGURA 1B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Butiá.....	73
FIGURA 2B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Terra Dura.....	74
FIGURA 3B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Manduirana.....	75
FIGURA 4B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Guajuvira I.....	76
FIGURA 5B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Guajuvira II.....	77
FIGURA 6B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Bela Vista I.....	78
FIGURA 7B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Petim II.....	79
FIGURA 8B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Bom Retiro III.....	80

...continua...

**ANEXO B, Cont.**

FIGURA 9B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Green.....	81
FIGURA 10B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Mathias II.....	82
FIGURA 11B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Pitão.....	83
FIGURA 12B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Bernarda.....	84
FIGURA 13B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Cerro.....	85
FIGURA 14B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Chalé.....	86
FIGURA 15B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Lagoão.....	87
FIGURA 16B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Cambará II.....	88
FIGURA 17B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Fazenda da Bota.....	89

**...continua...**

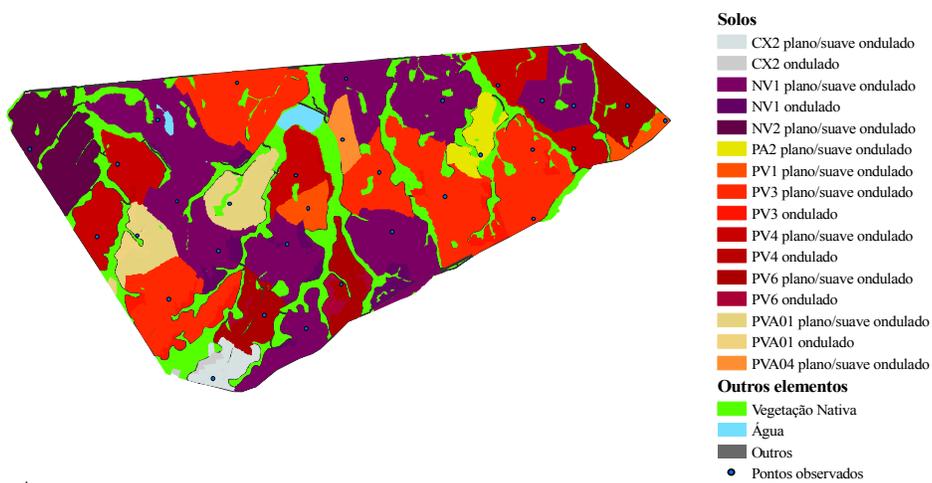
## ANEXO B, Cont.

FIGURA 18B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Capané.....	90
FIGURA 19B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Tarumã I e II.....	91
FIGURA 20B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Sanga Funda.....	92
FIGURA 21B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Tabatingá.....	93
FIGURA 22B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Camboatã.....	94
FIGURA 23B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Coxilha Grande.....	95
FIGURA 24B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Ipiranga.....	96
FIGURA 25B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Campo do Mathias I.....	97
FIGURA 26B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Campo do Mathias II.....	98

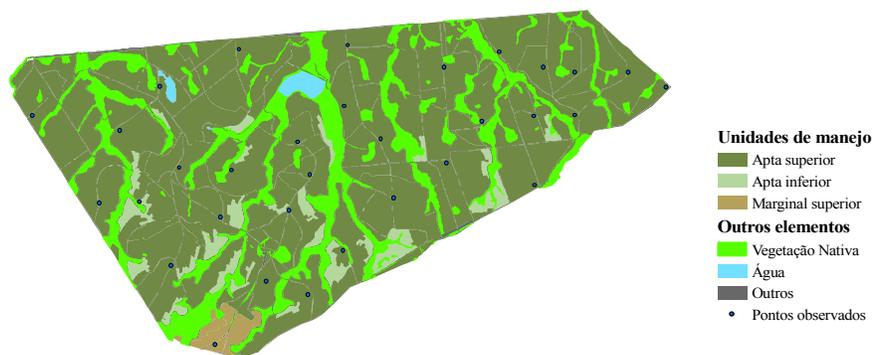
...continua...

## ANEXO B, Cont.

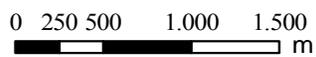
FIGURA 27B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Arroio da Porteira.....	99
FIGURA 28B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Passo Figueiró.....	100
FIGURA 29B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Motrisa I.....	101
FIGURA 30B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Motrisa II.....	102
FIGURA 31B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Arroio dos Ratos.....	103
FIGURA 32B	Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Águas Claras.....	104
FIGURA 33B	Unidades de mapeamento de solos para o horto florestal Cerro Coroadó.....	105
FIGURA 34B	Unidades de manejo para o cultivo do eucalipto no horto florestal Cerro Coroadó.....	106



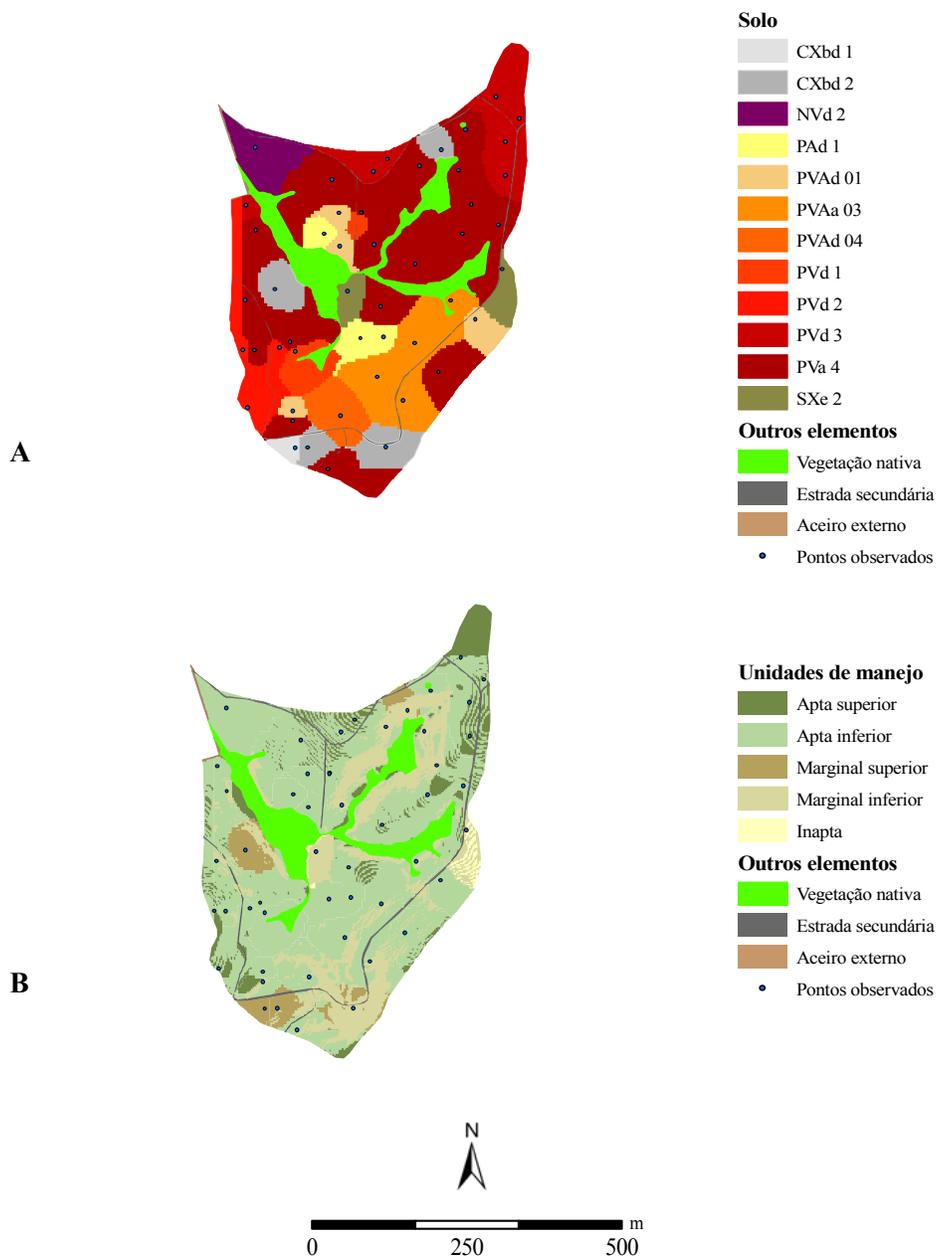
A



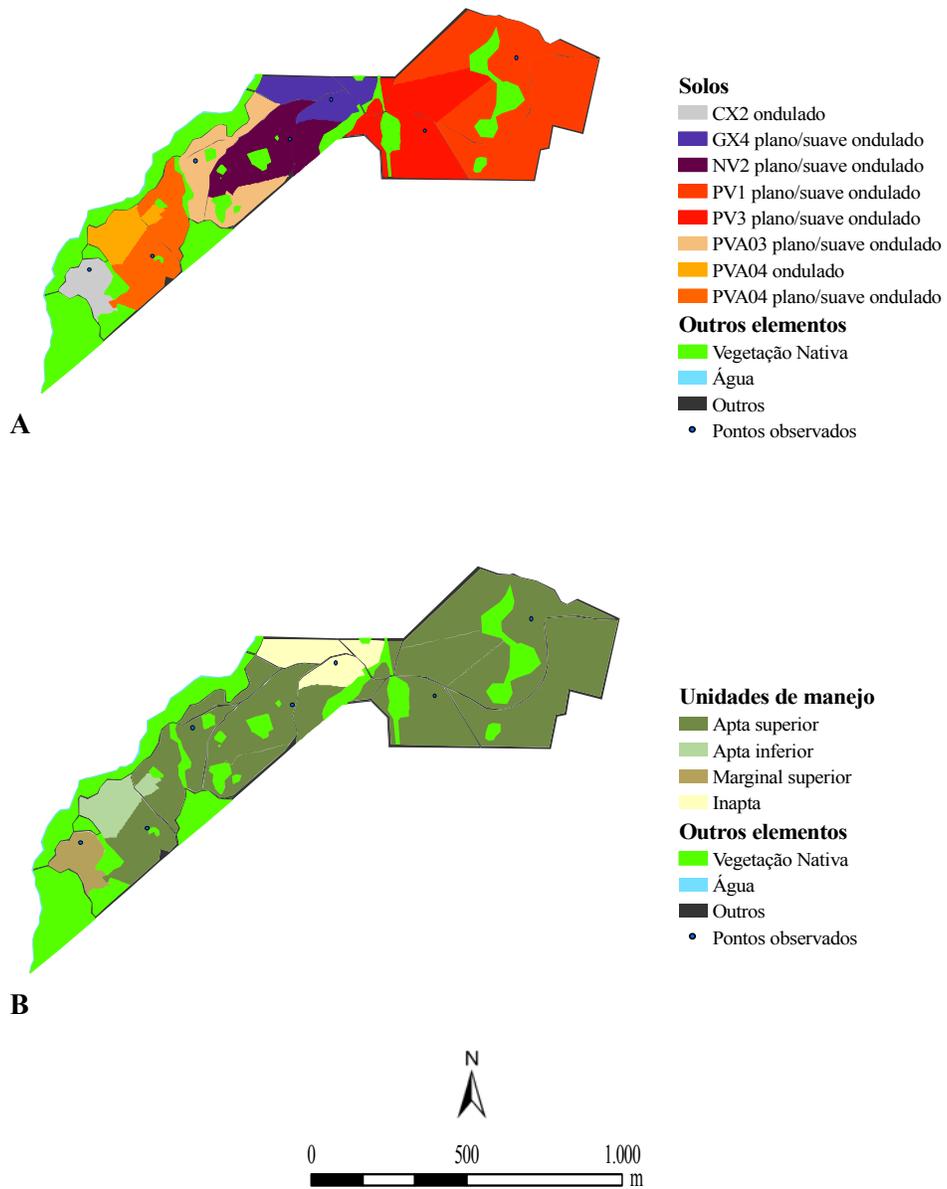
B



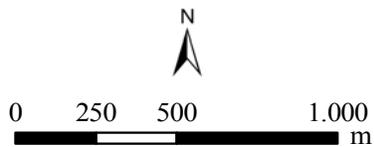
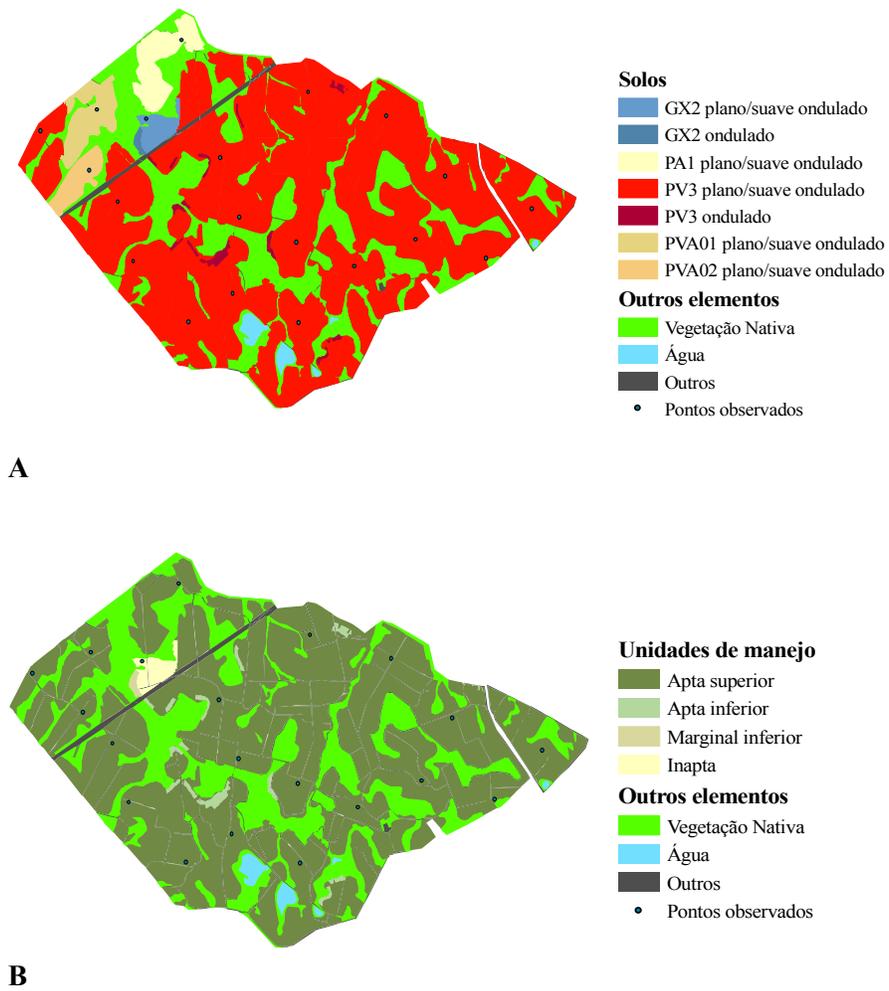
**FIGURA 1B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Butiá.



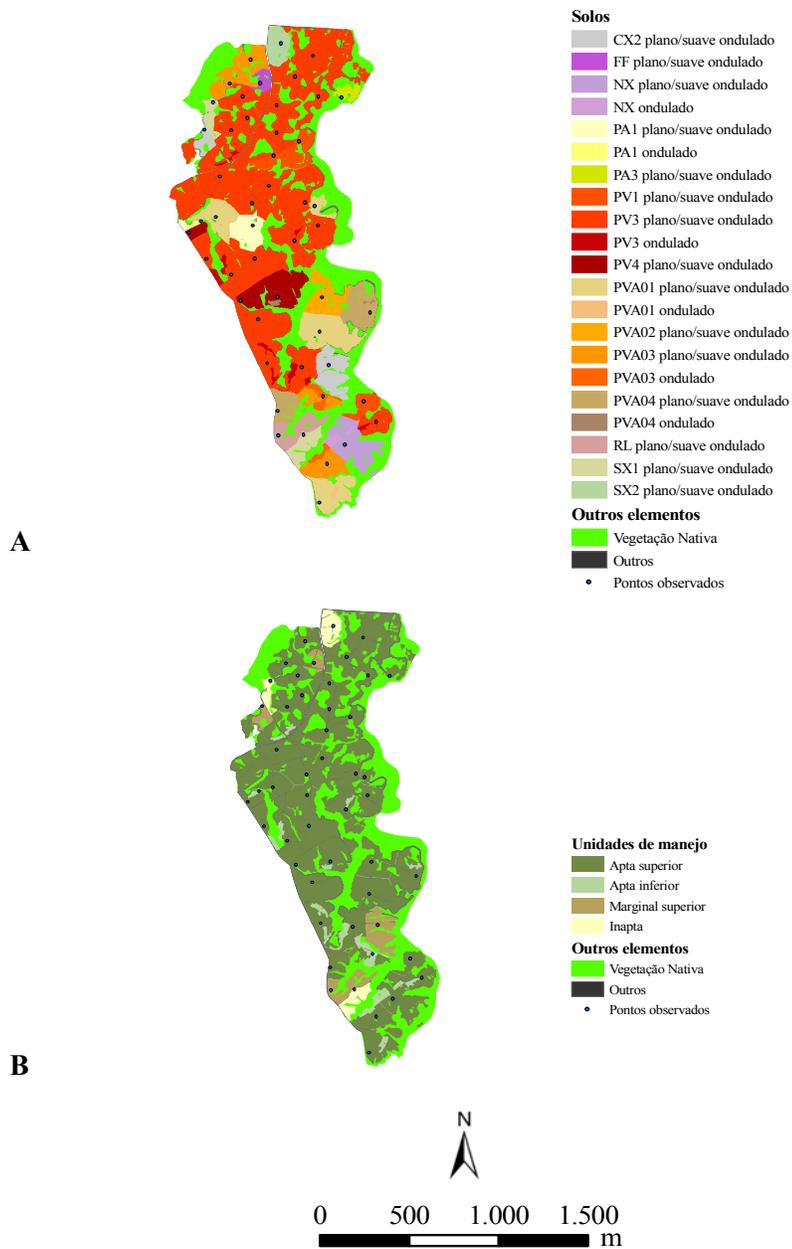
**FIGURA 2B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Terra Dura.



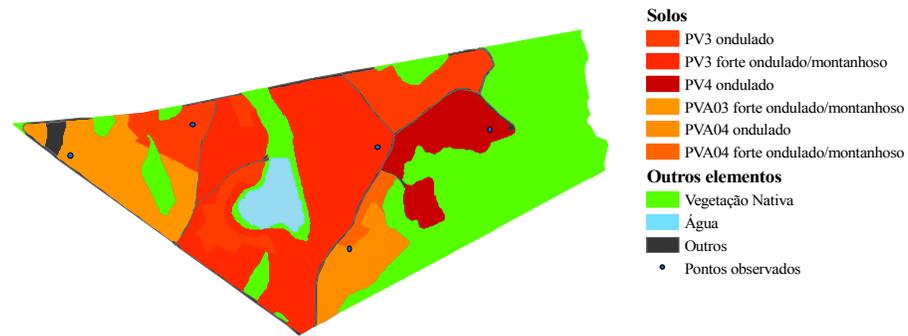
**FIGURA 3B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Manduirana.



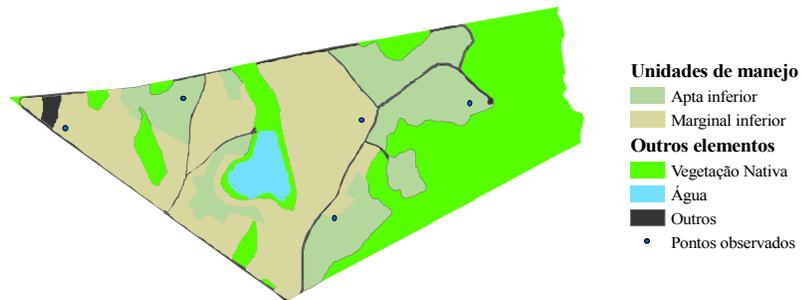
**FIGURA 4B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Guajuvira I.



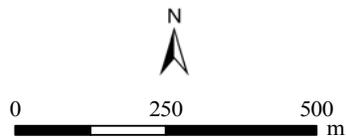
**FIGURA 5B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Guajuvira II.



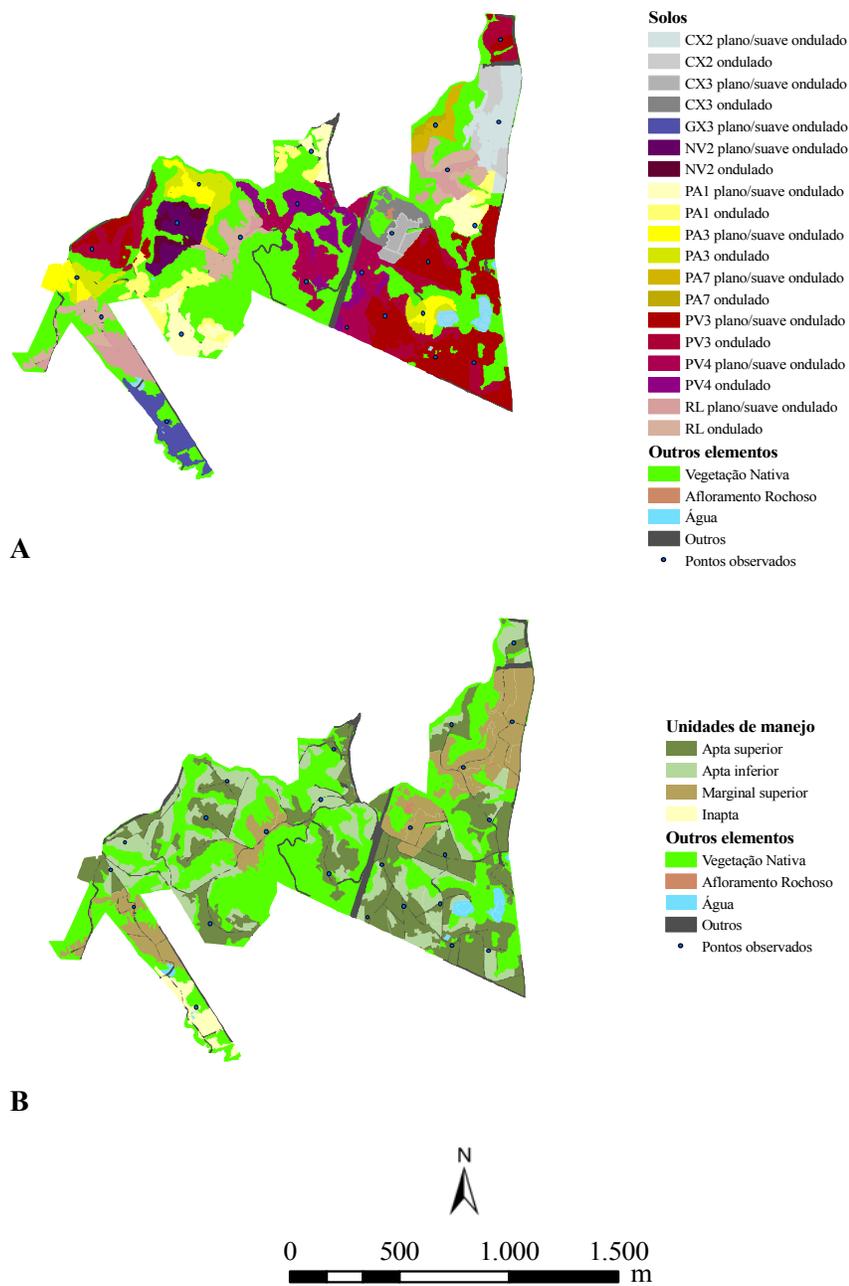
A



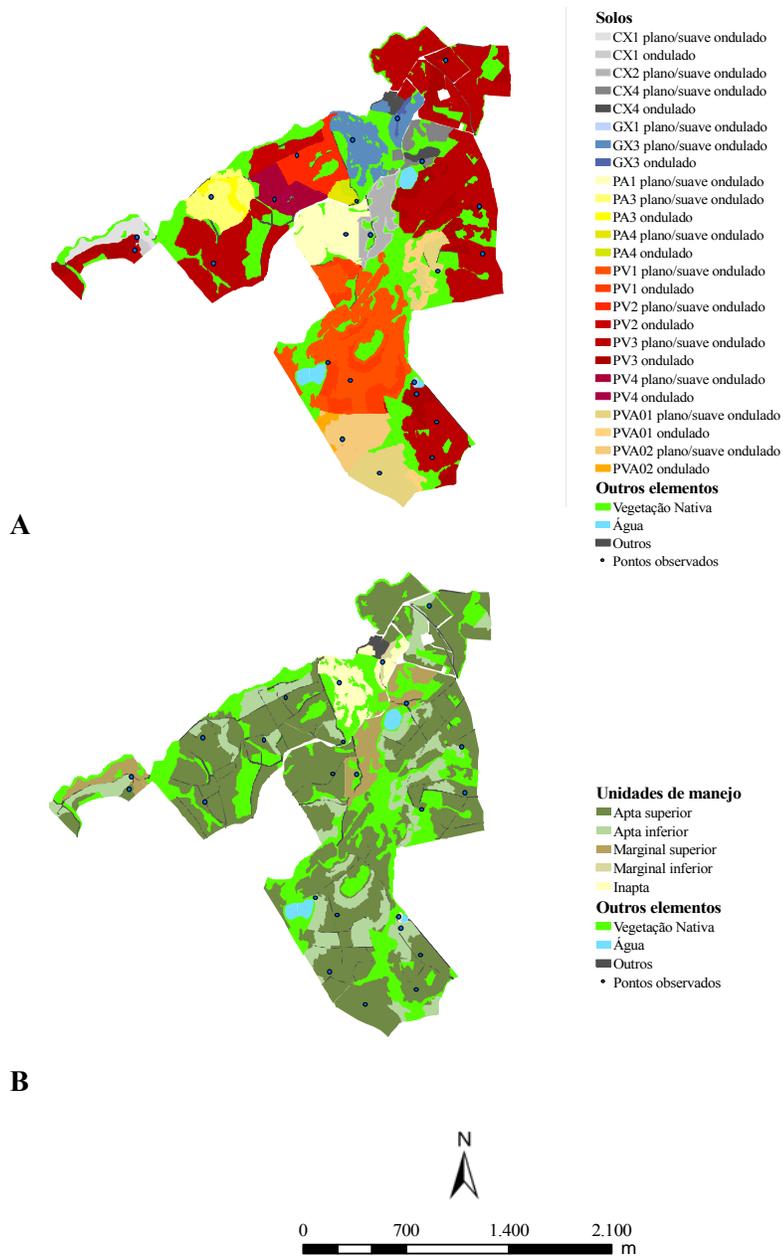
B



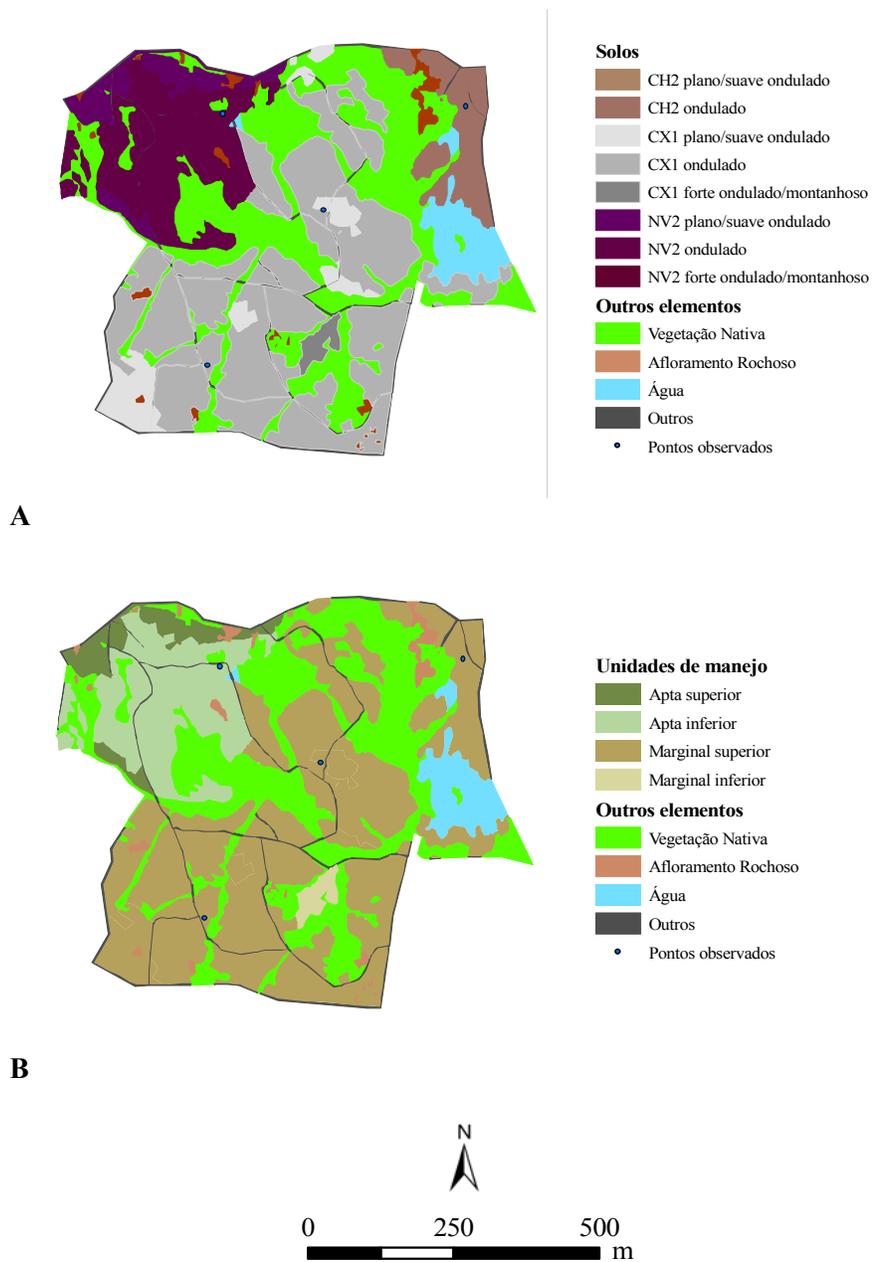
**FIGURA 6B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Bela Vista I.



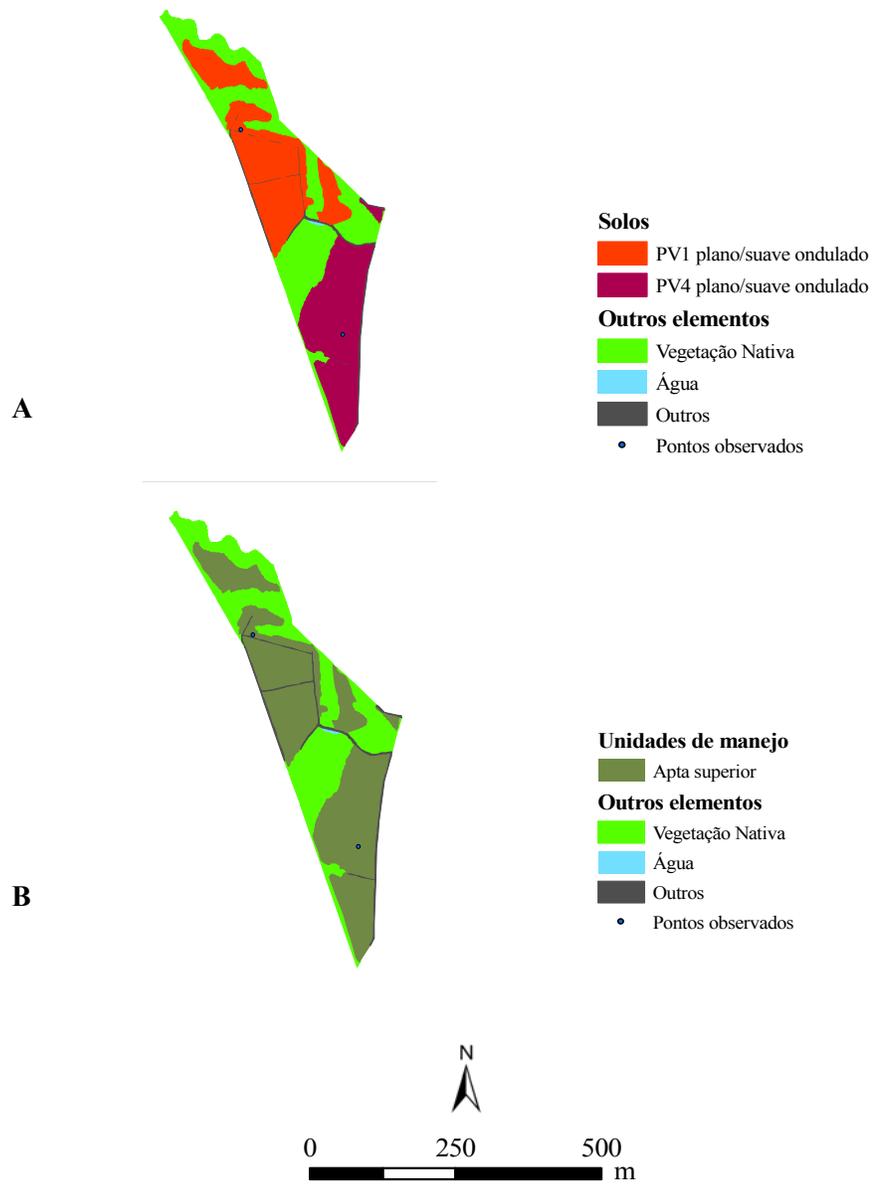
**FIGURA 7B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Petim II.



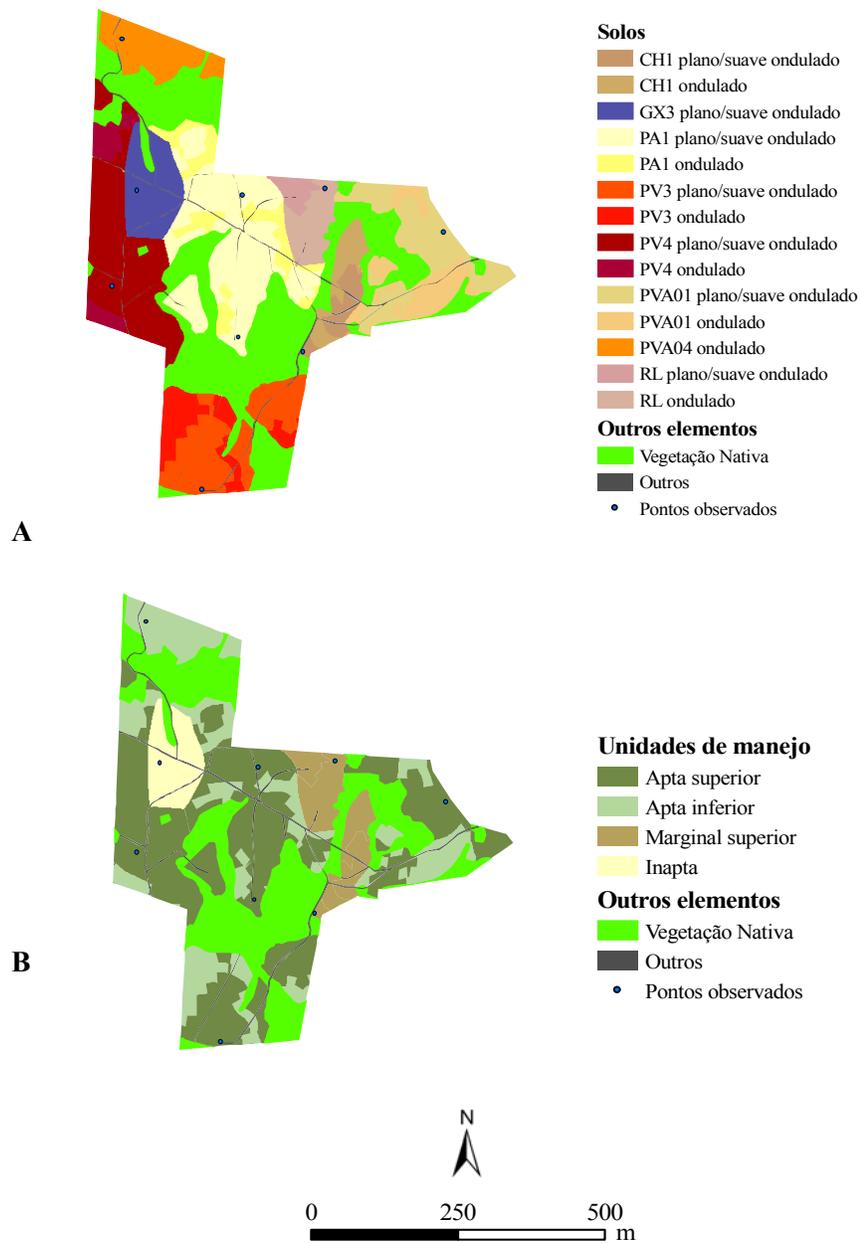
**FIGURA 8B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Bom Retiro III.



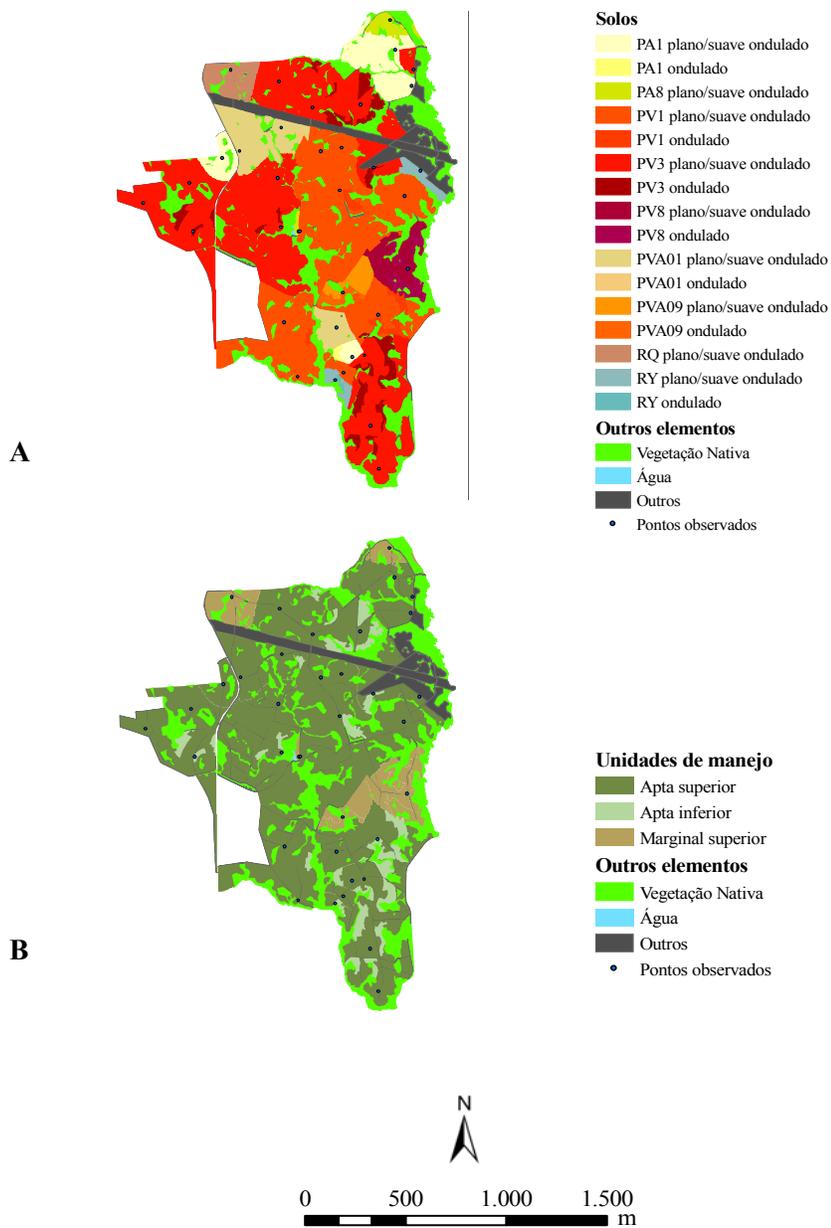
**FIGURA 9B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Green.



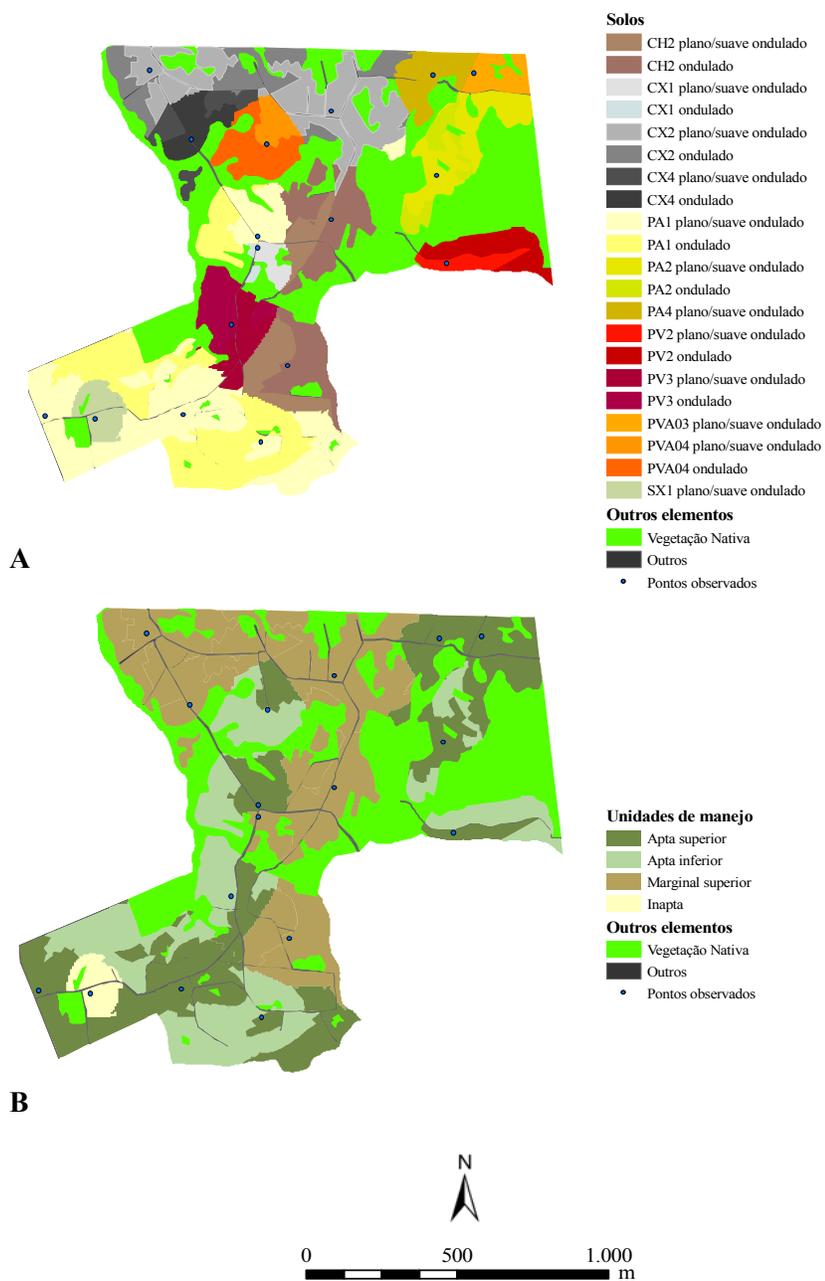
**FIGURA 10B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Mathias II.



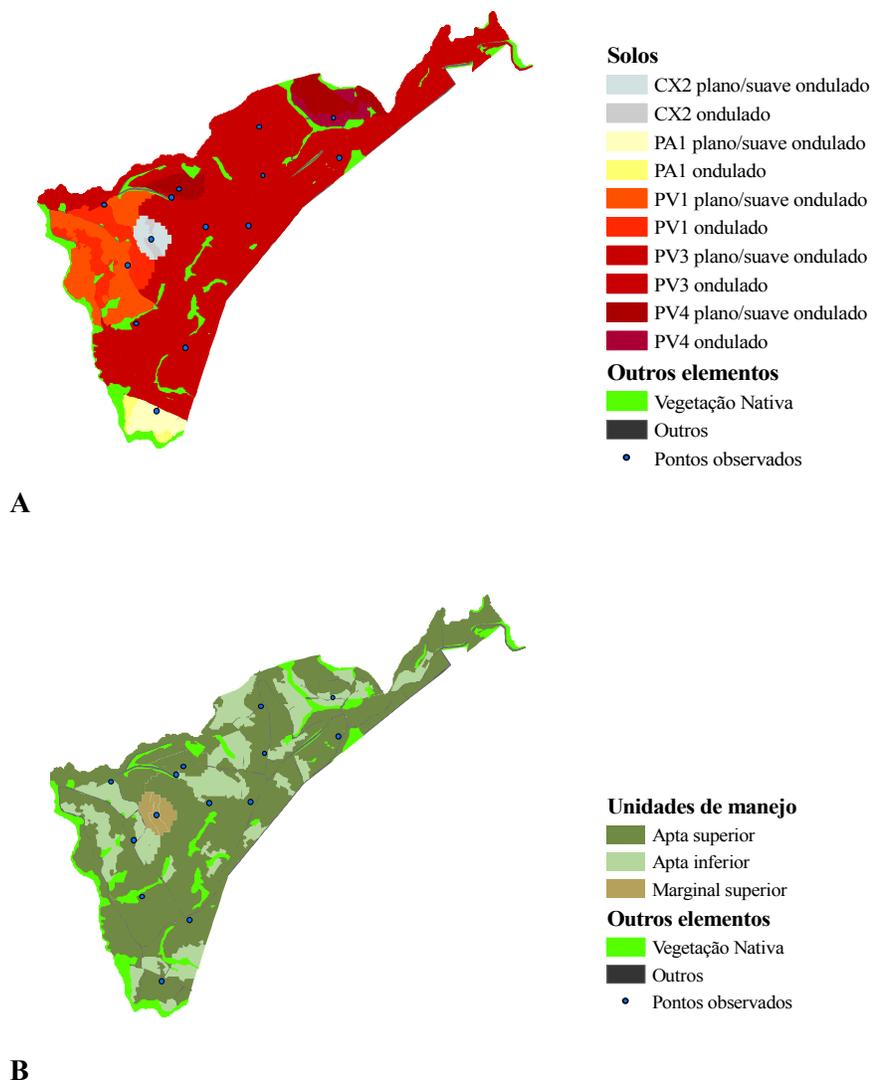
**FIGURA 11B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Pitão.



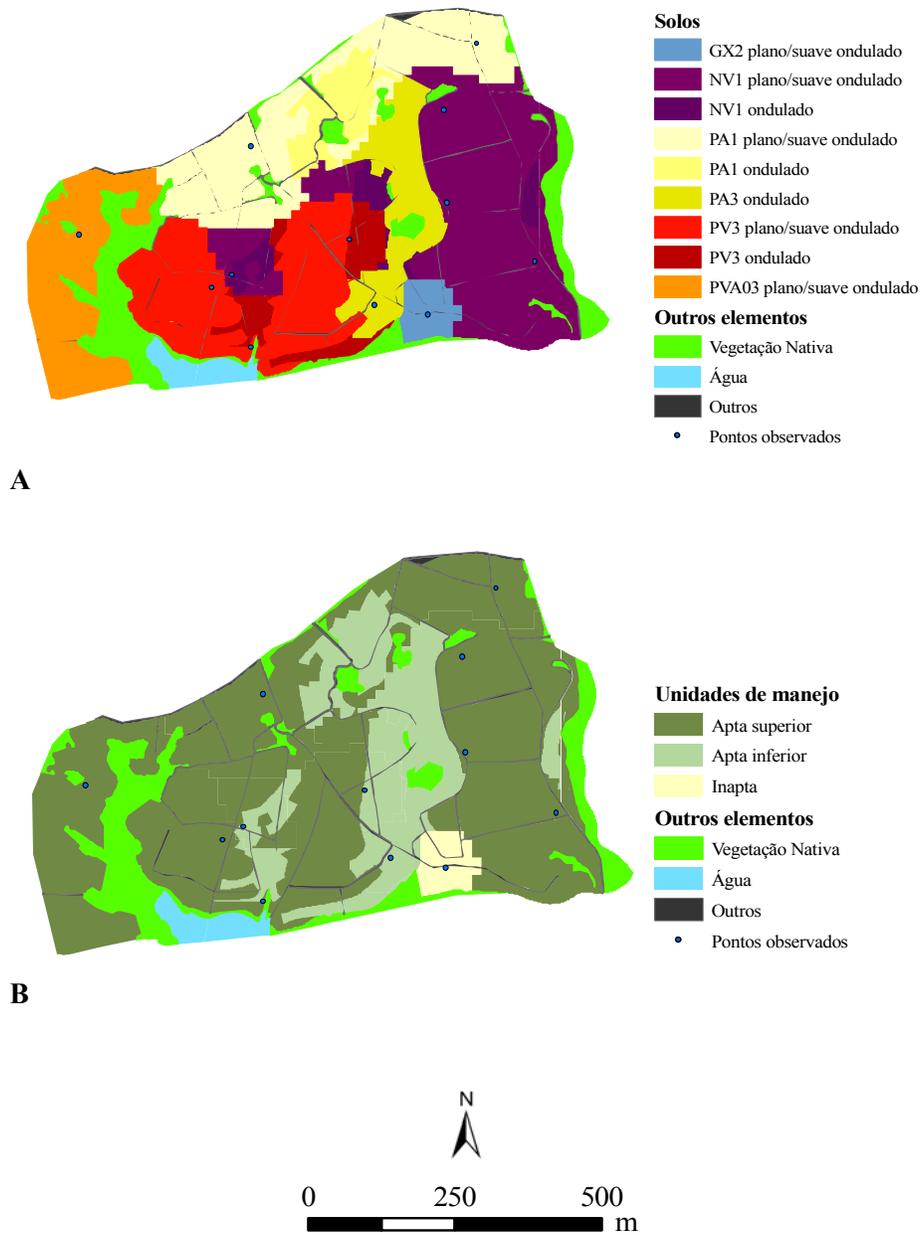
**FIGURA 12B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Bernarda.



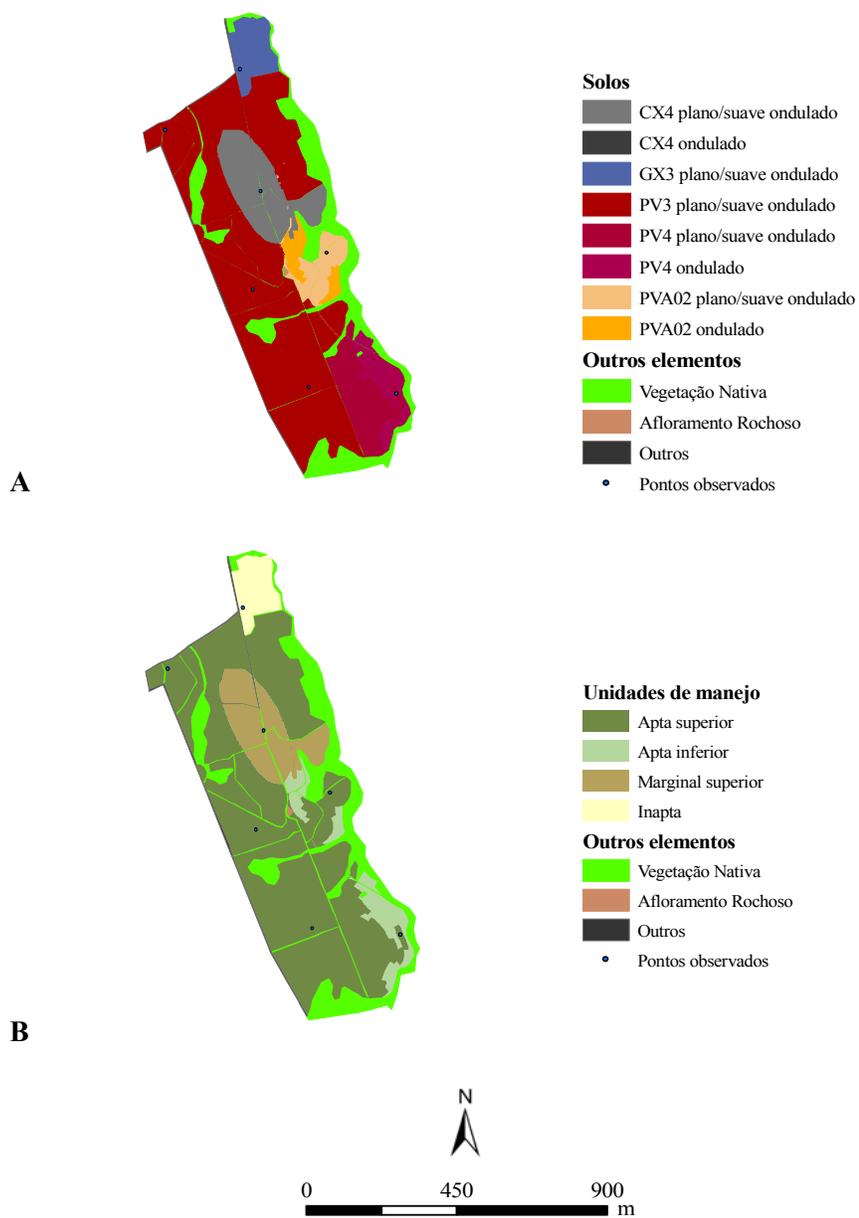
**FIGURA 13B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Cerro.



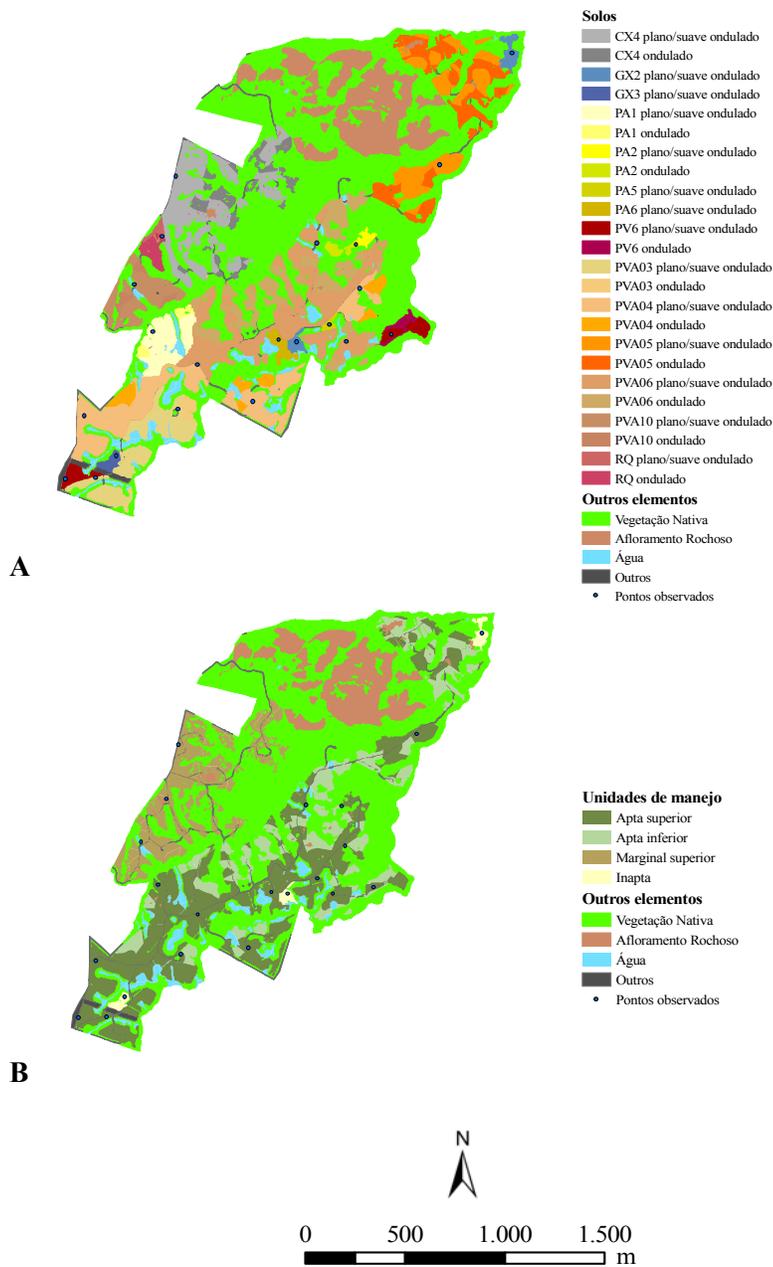
**FIGURA 14B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Chalé.



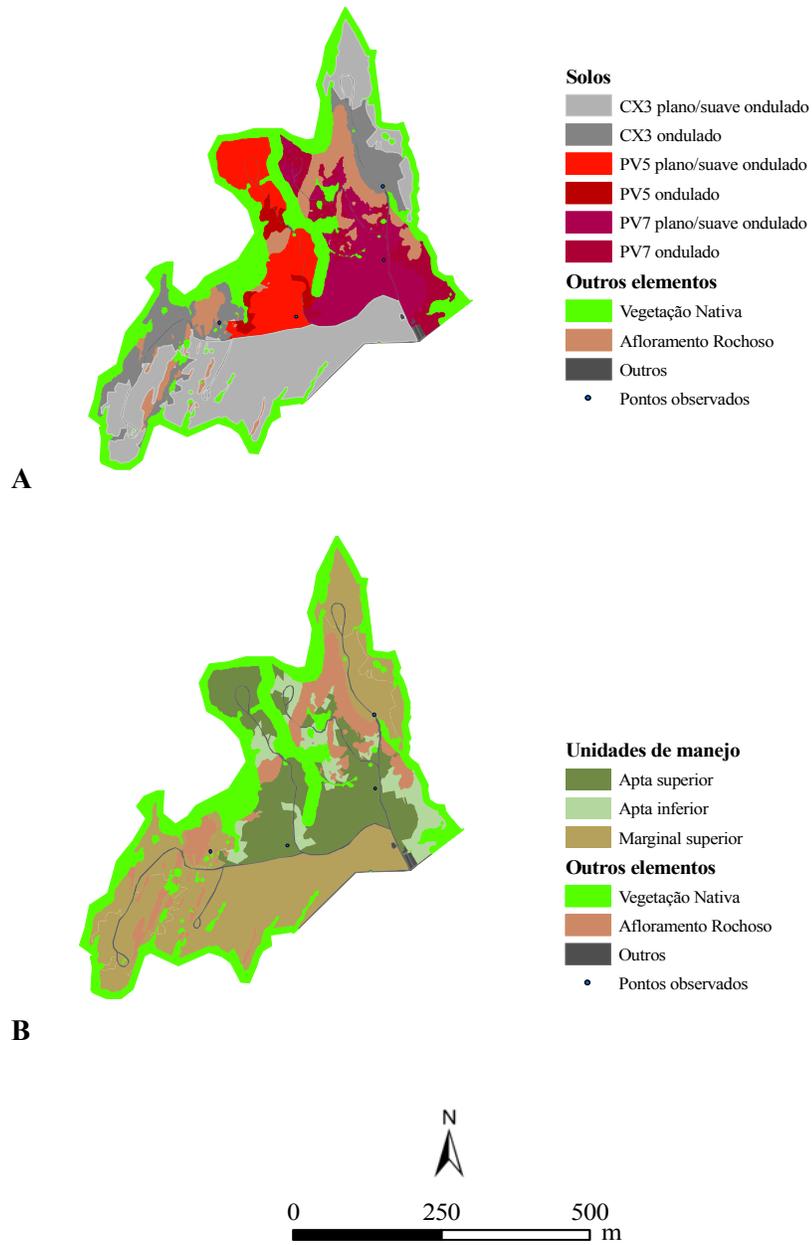
**FIGURA 15B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Lagoão.



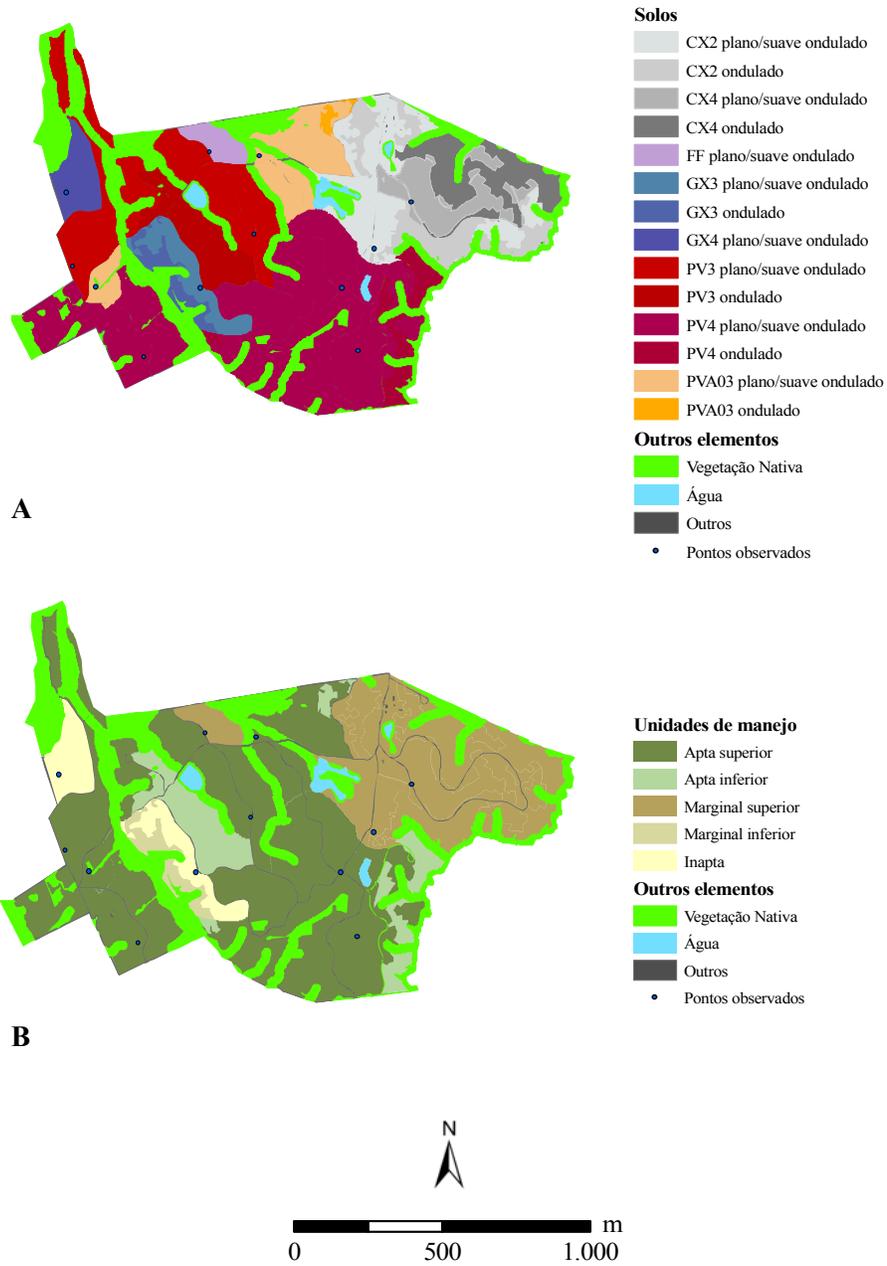
**FIGURA 16B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Cambará II.



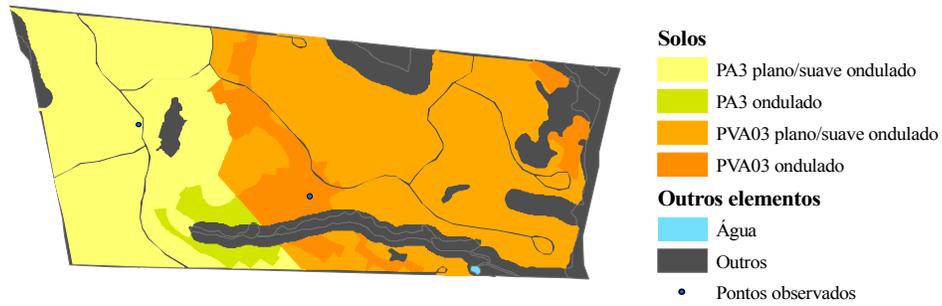
**FIGURA 17B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Fazenda da Bota.



**FIGURA 18B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Capané.



**FIGURA 19B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Tarumã I e II.



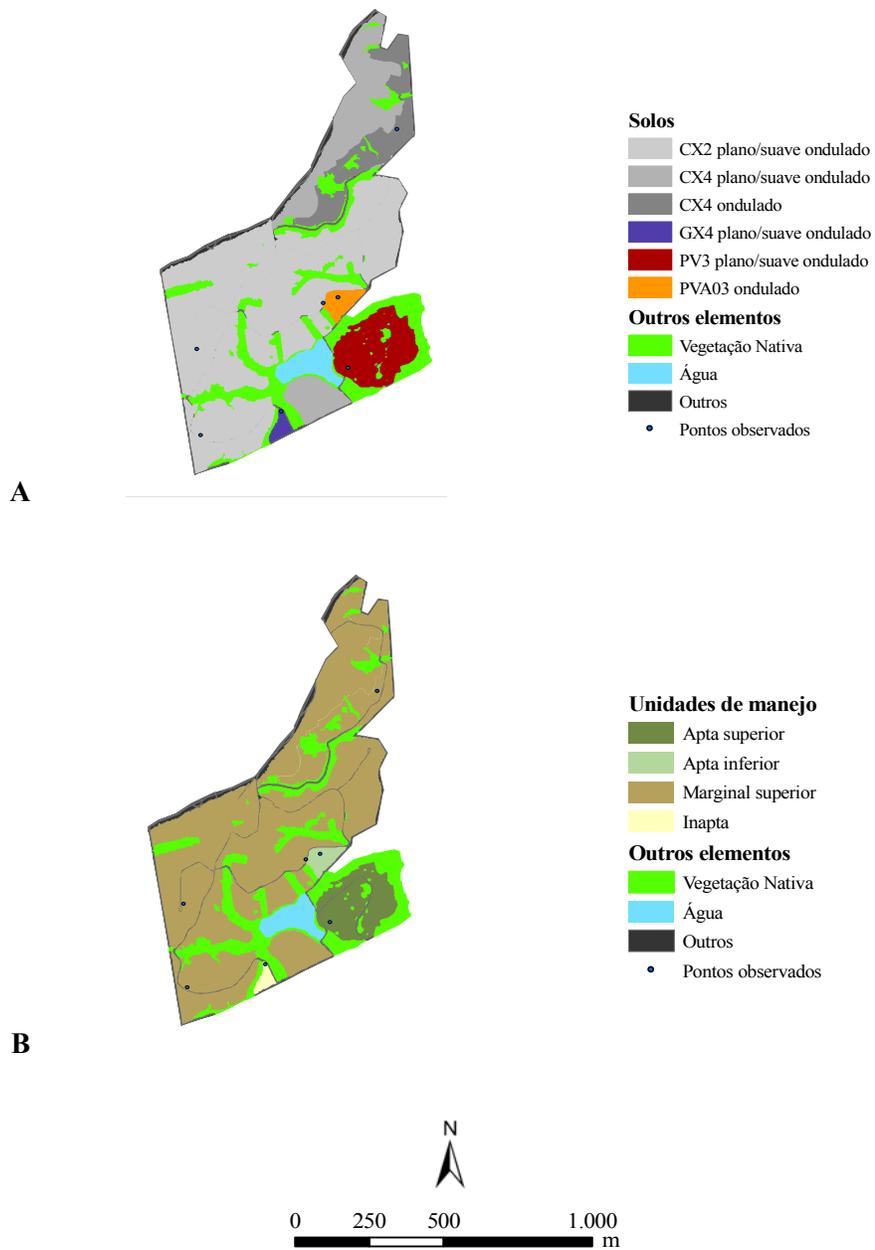
**A**



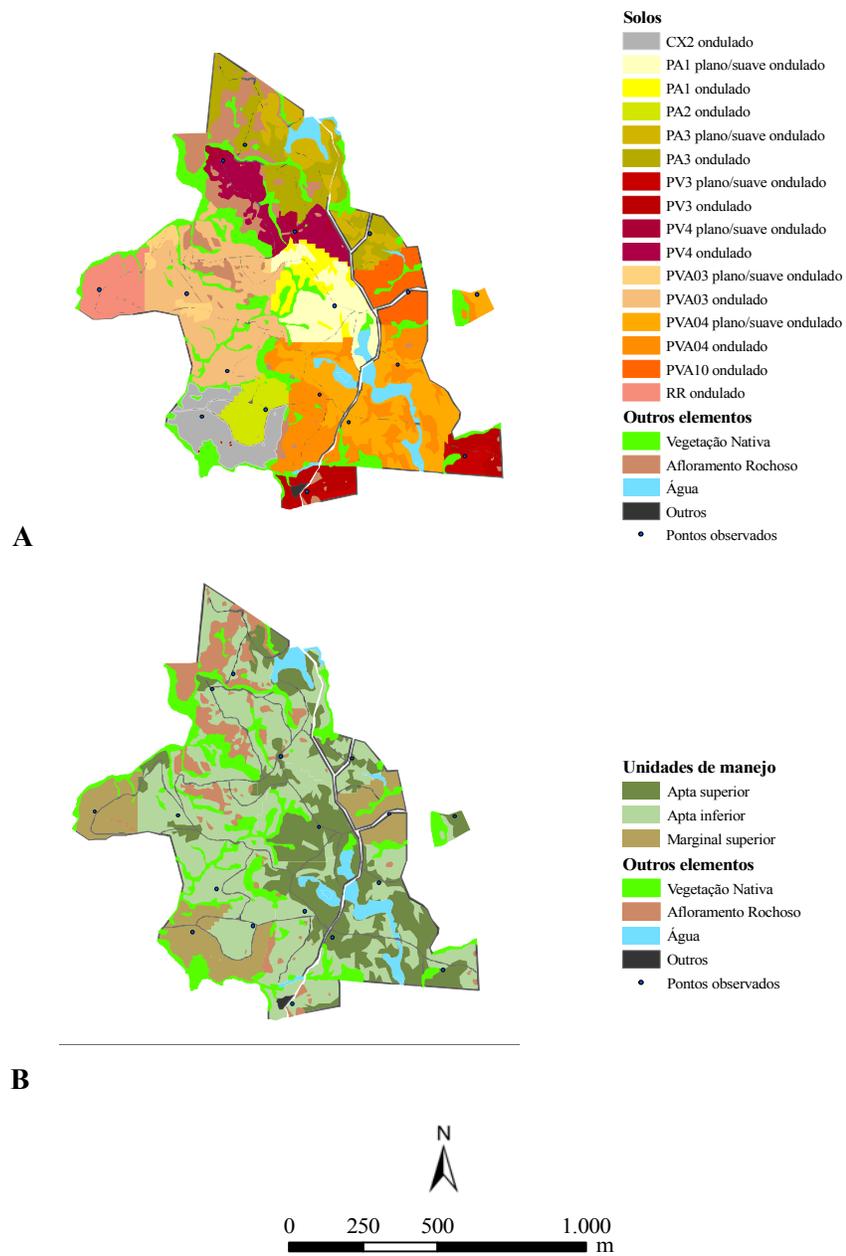
**B**



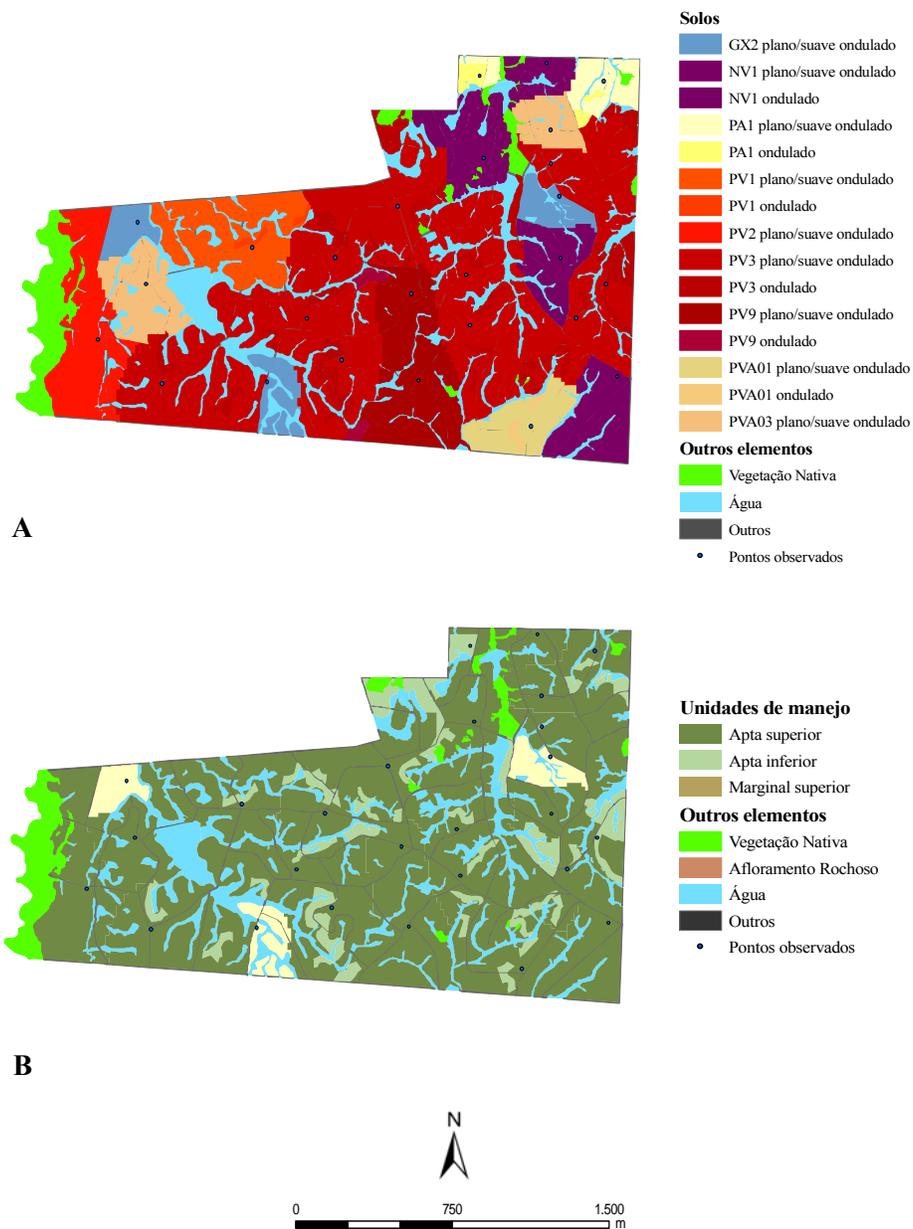
**FIGURA 20B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Sanga Funda.



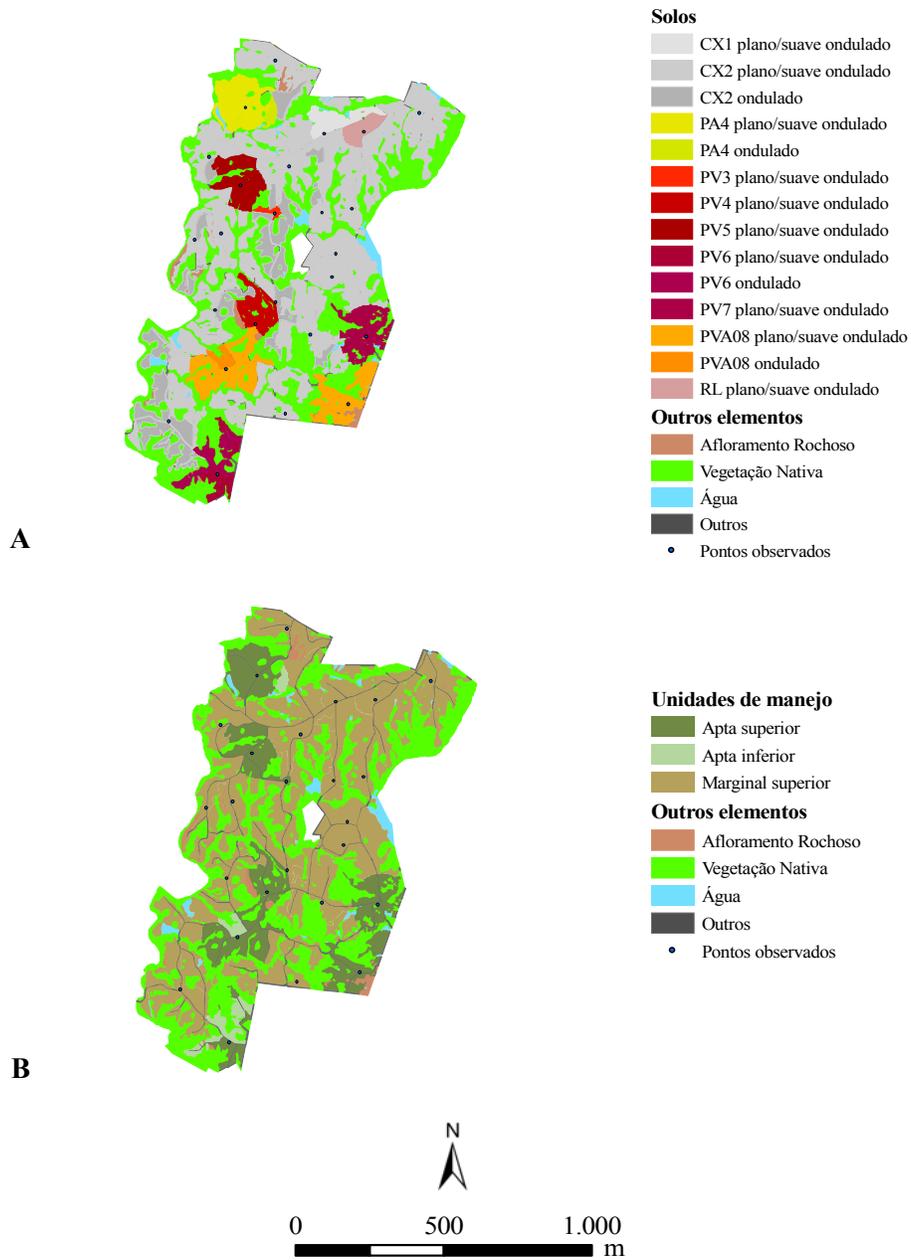
**FIGURA 21B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Tabatingá.



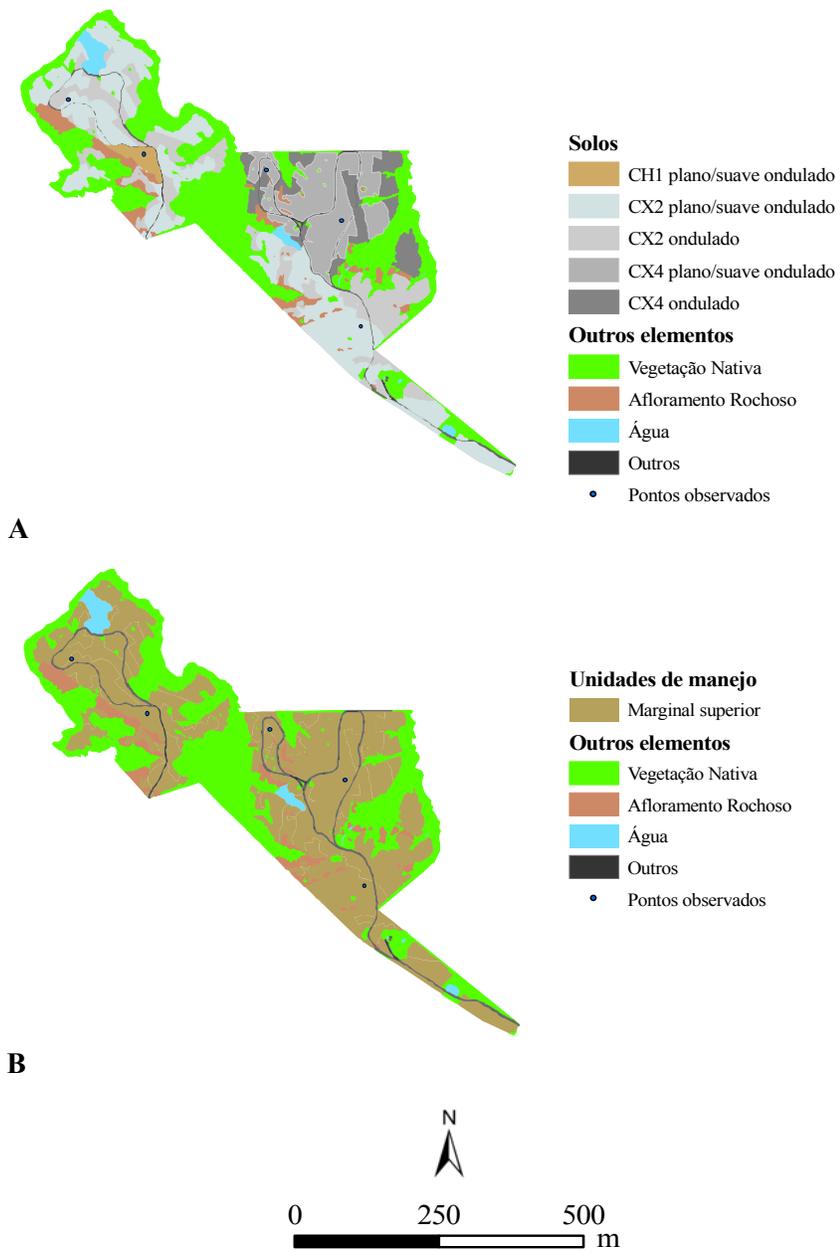
**FIGURA 22B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Cambuatã.



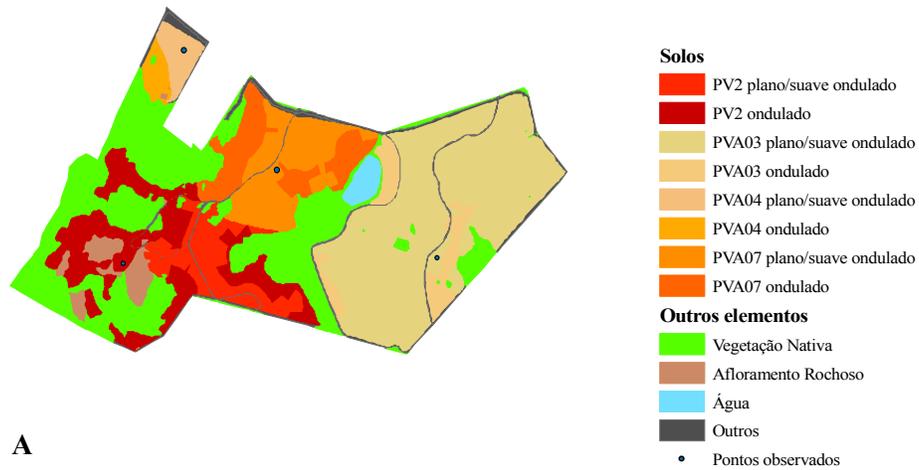
**FIGURA 23B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Coxilha Grande.



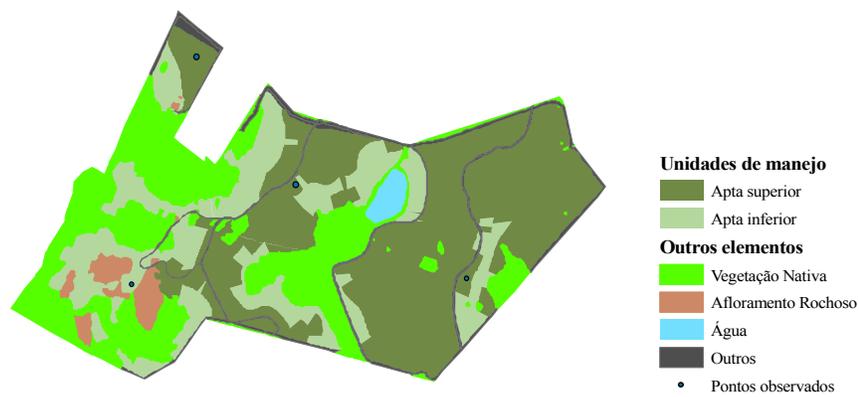
**FIGURA 24B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Ipiranga.



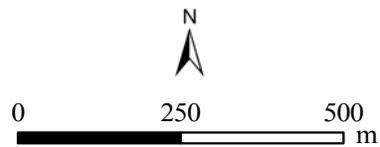
**FIGURA 25B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Campo Mathias I.



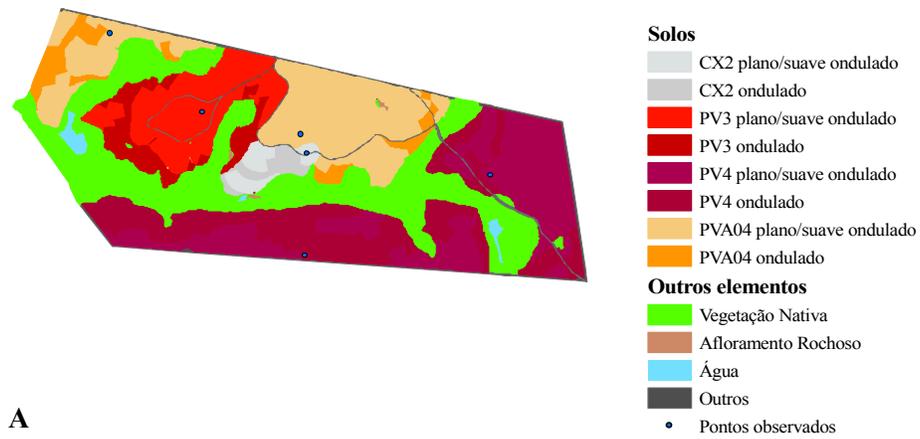
A



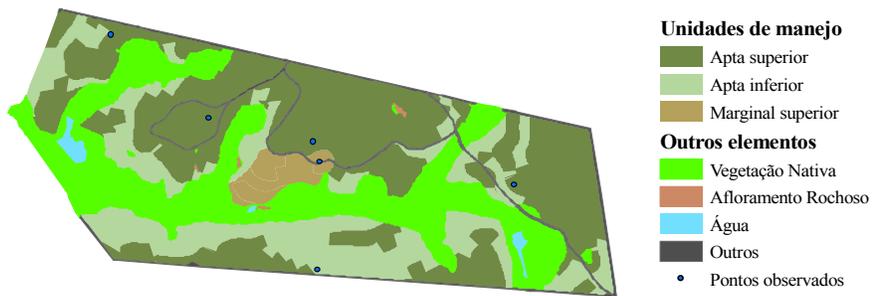
B



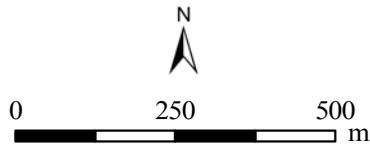
**FIGURA 26B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Campo Mathias II.



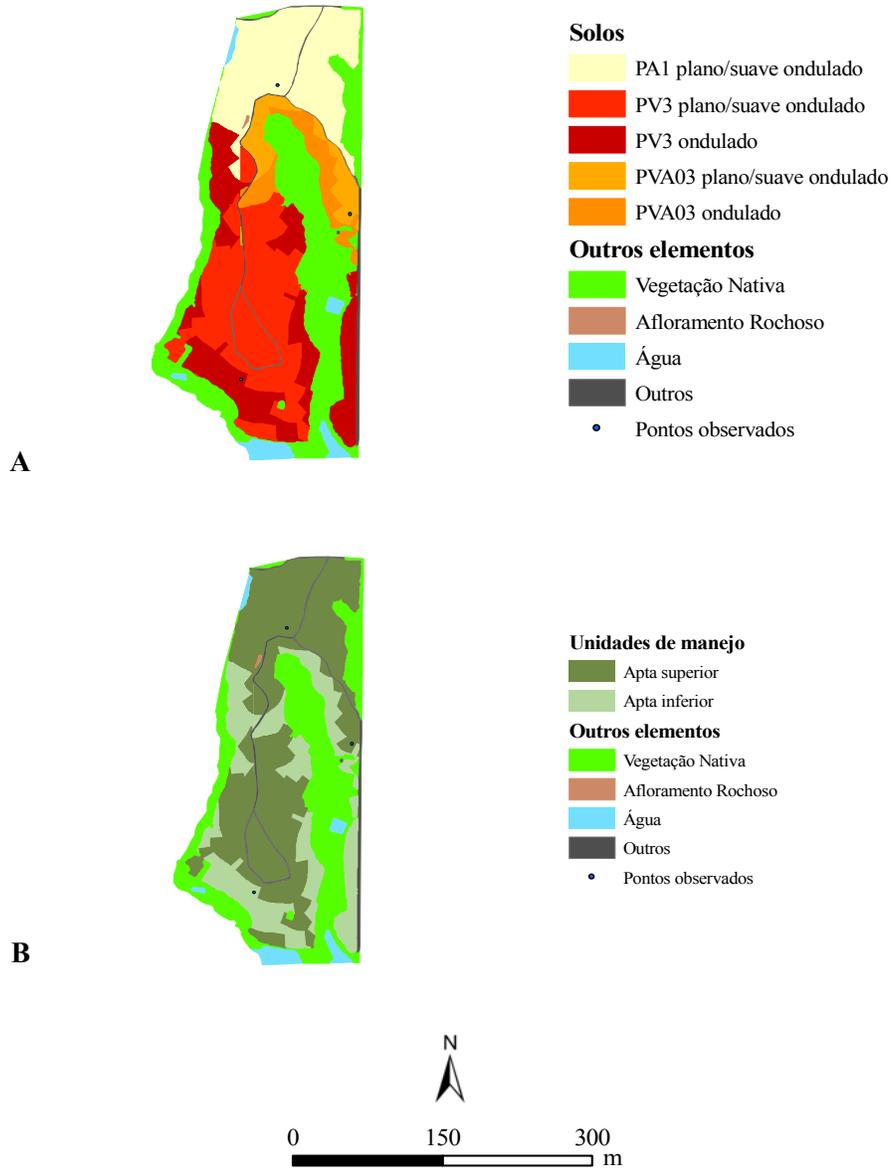
**A**



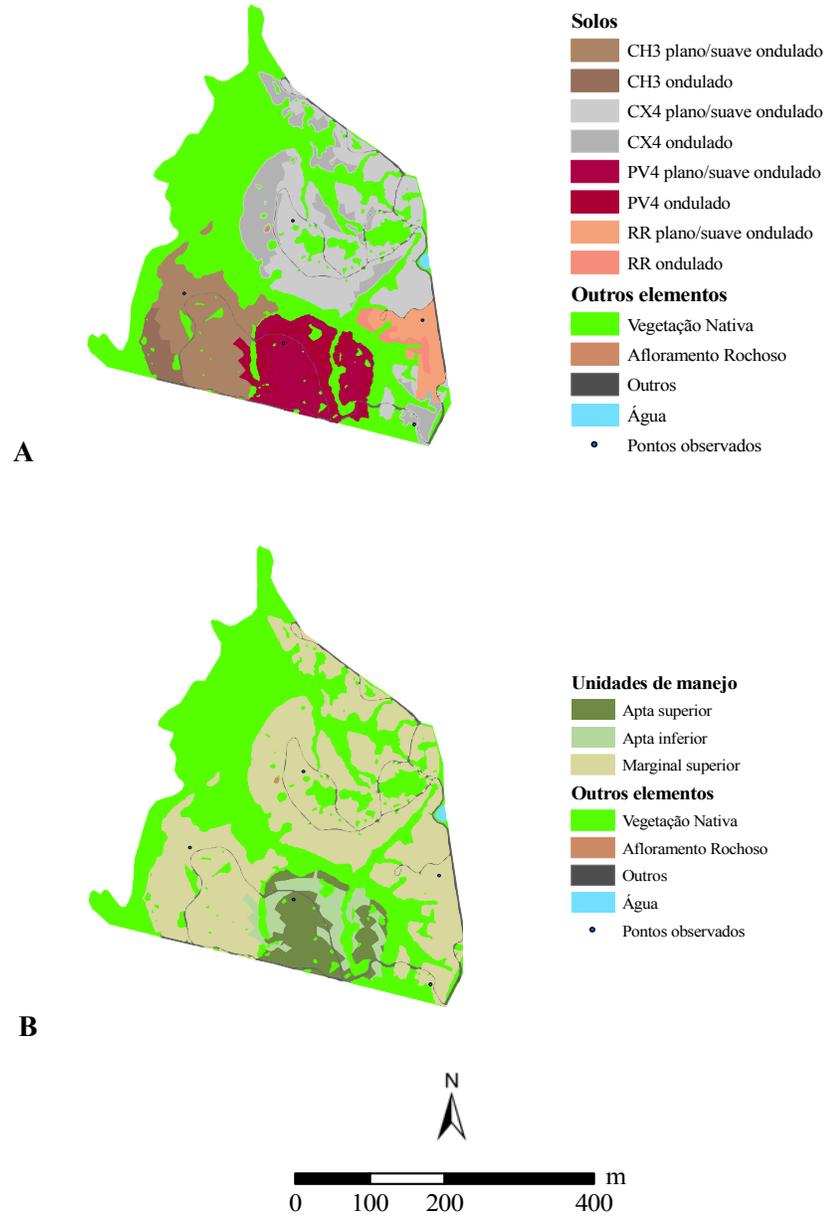
**B**



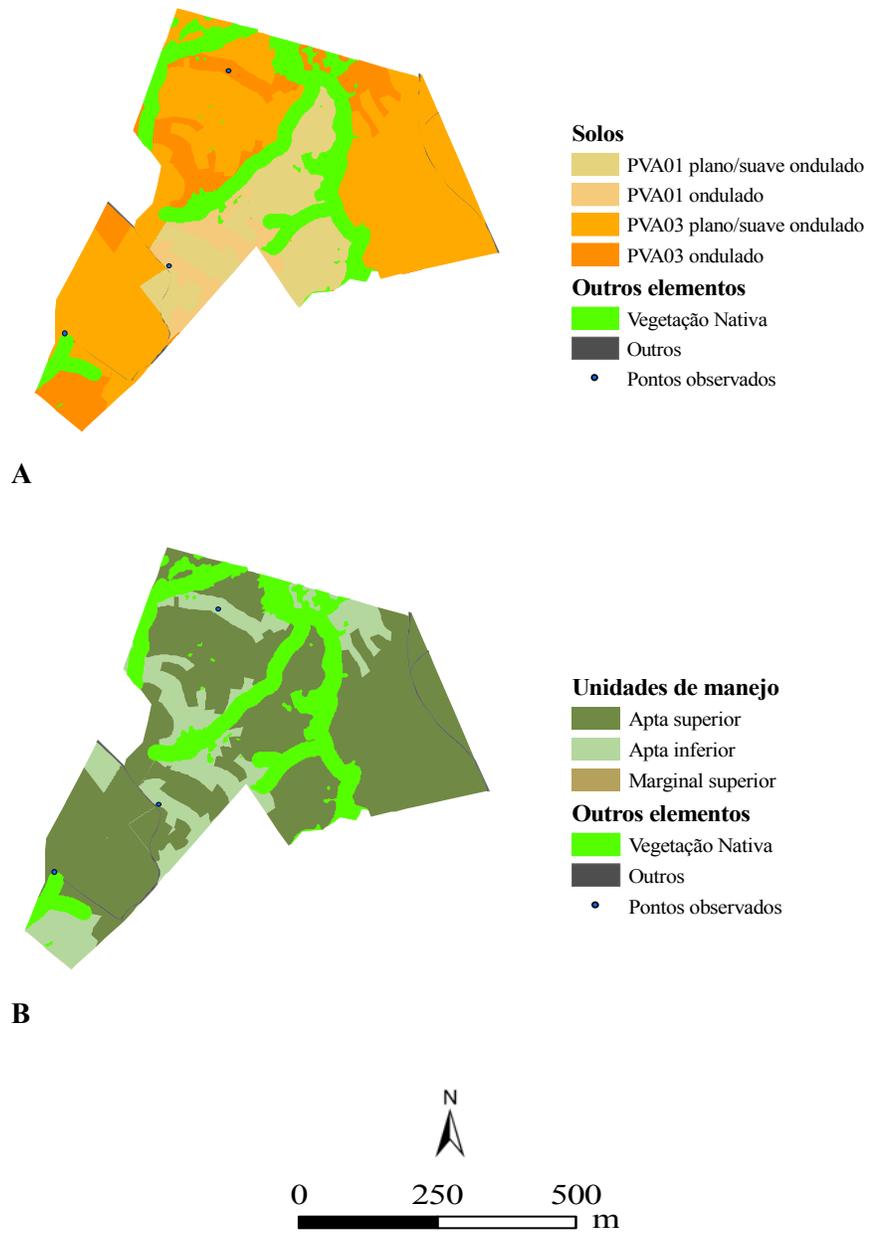
**FIGURA 27B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Arroio da Porteira.



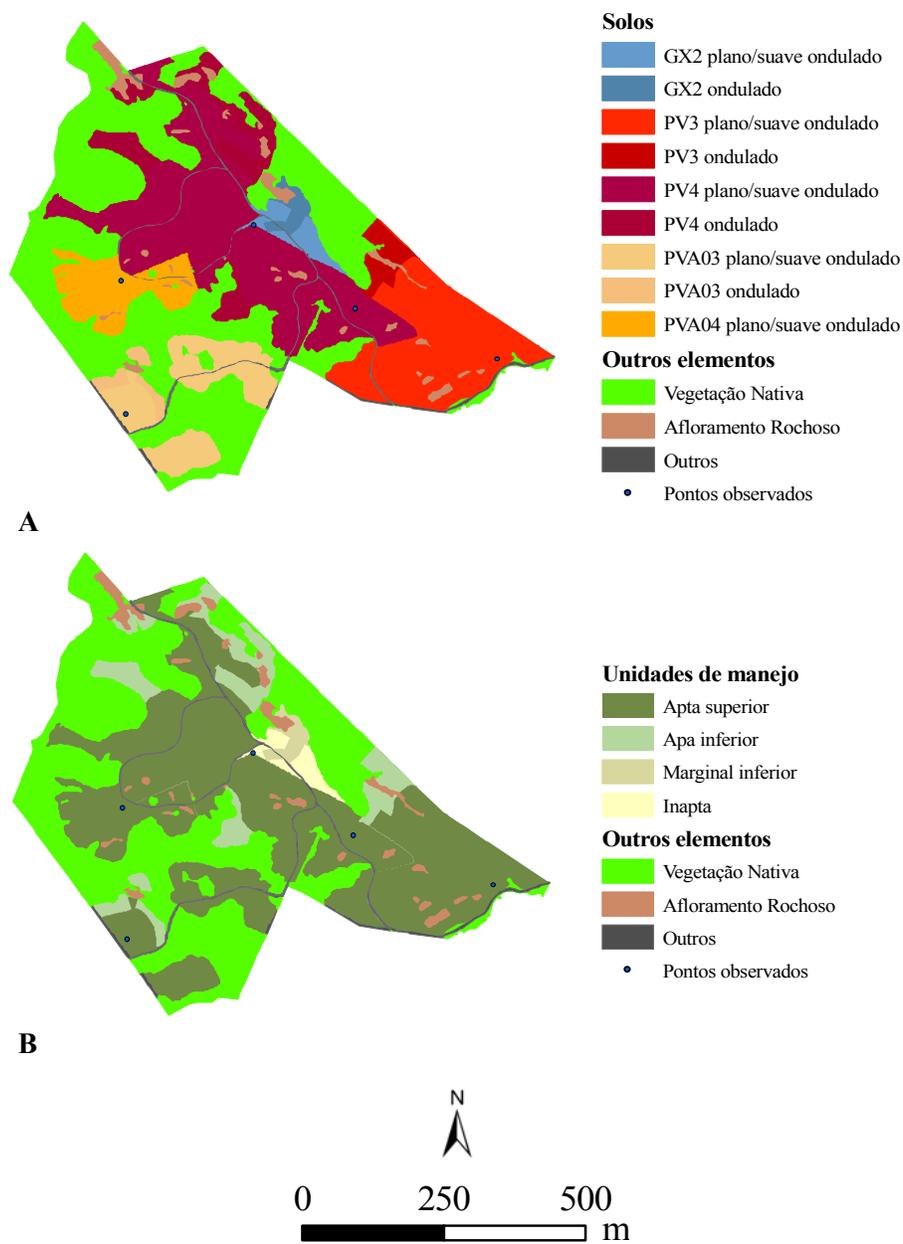
**FIGURA 28B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Passo Figueiró.



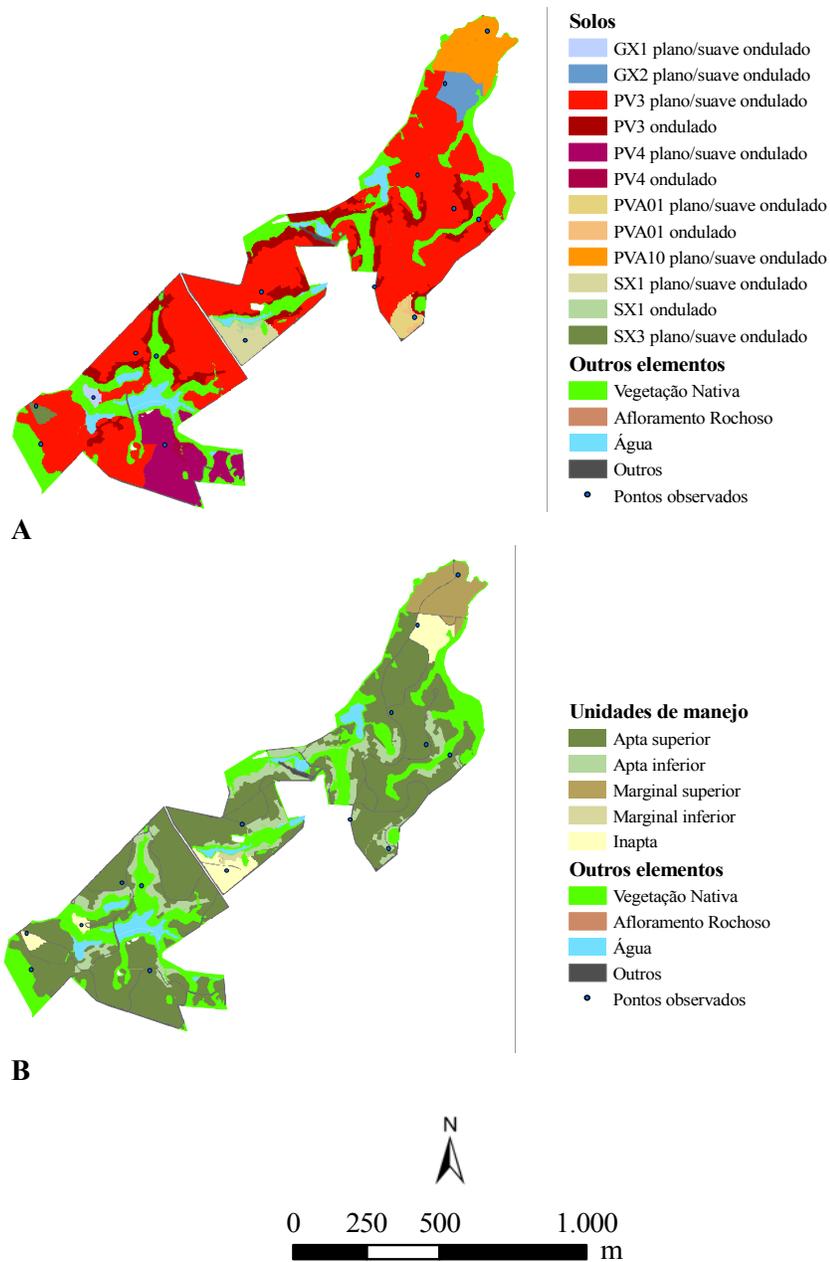
**FIGURA 29B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Motrisa I.



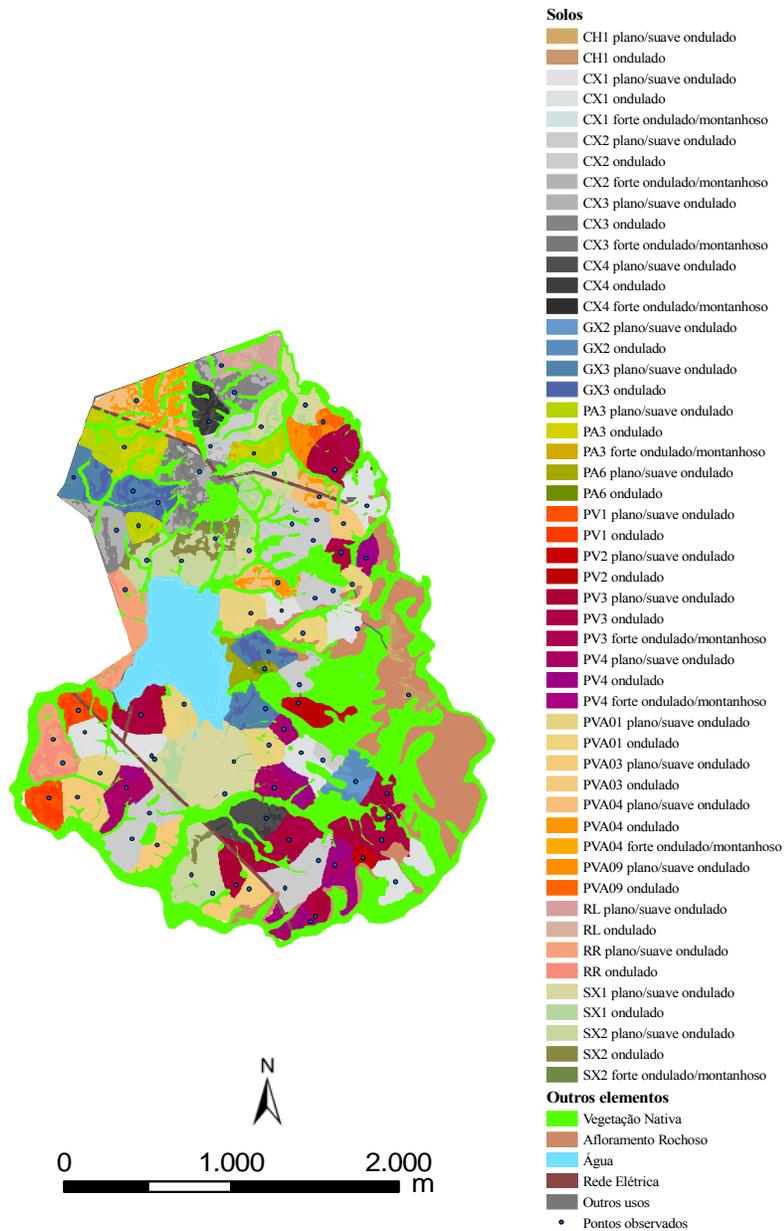
**FIGURA 30B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Motrisa II.



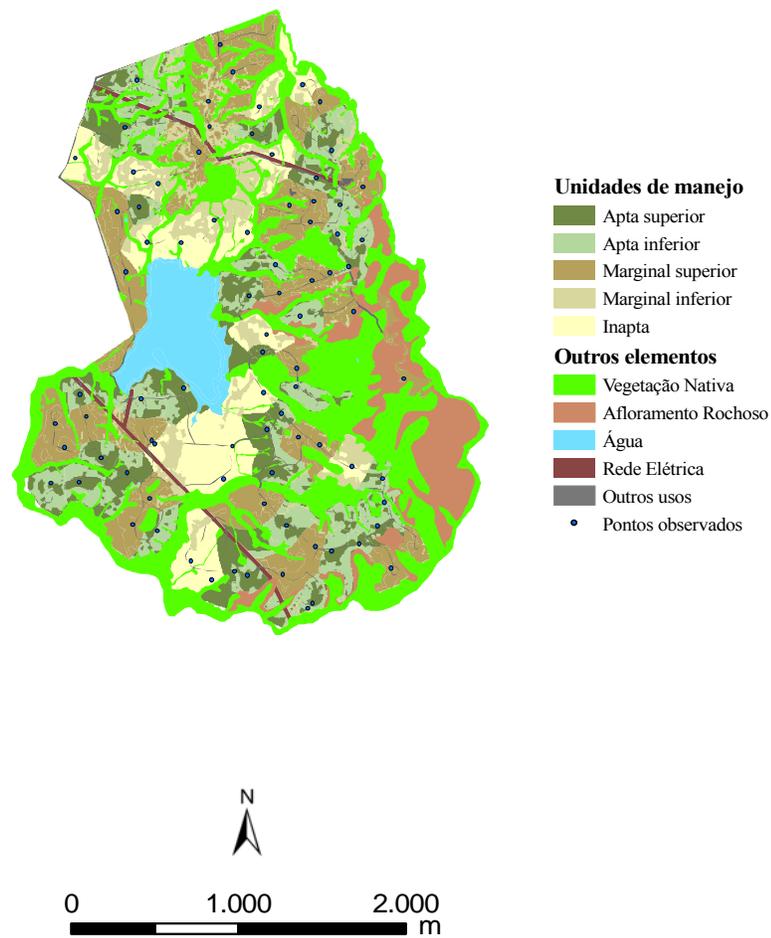
**FIGURA 31B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Arroio Mathias.



**FIGURA 32B.** Unidades de mapeamento de solos (A) e unidades de manejo (B) para o cultivo de eucalipto no horto florestal Águas Claras.



**FIGURA 33B.** Unidades de mapeamento de solos para o horto florestal Cerro Coroado.



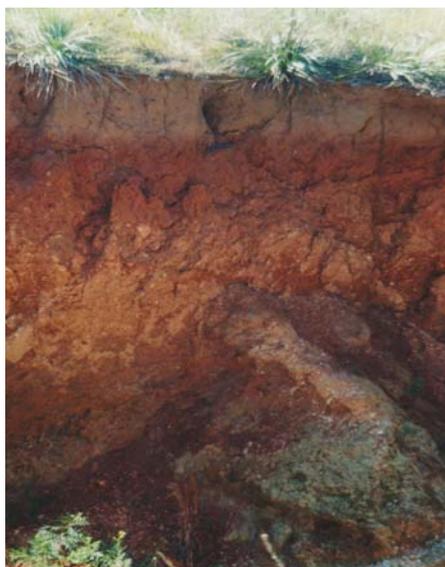
**FIGURA 34B.** Unidades de manejo para o cultivo do eucalipto no horto florestal Cerro Coroado.

## ANEXOS

<b>ANEXO C</b>		<b>Página</b>
FOTO 1C	Transição de Argissolos Vermelhos para Amarelos em encosta suave ondulada (RS).....	108
FOTO 2C	Argissolo Vermelho (PV) com transição abrupta e horizonte A proeminente.....	108
FOTO 3C	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) com horizonte A enterrado.....	108
FOTO 4C	Coxilha de baixada com ocorrência de Planossolos Háplicos e eucalipto com problemas de umidade excessiva (RS).....	109
FOTO 5C	Eucalipto com problemas de umidade excessiva.....	109
FOTO 6C	Planossolo Háplico com mosqueados.....	109
FOTO 7C	Neossolo Litólico rochoso (RS).....	110
FOTO 8C	Cambissolo Háplico cascalhento (RS).....	110
FOTO 9C	Paisagem de ocorrência de Cambissolos Háplicos (RS).....	111
FOTO 10C	Erosão em sulcos em área de Cambissolos.....	111



**FOTO 1C.** Transição de Argissolos Vermelhos para Amarelos em encosta suave ondulada (RS).



**FOTO 2C.** Argissolo Vermelho (PV) com transição abrupta e horizonte A proeminente.



**FOTO 3C.** Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) com horizonte A enterrado.



**FOTO 4C.** Coxilha de baixada com ocorrência de Planossolos Háplicos e eucalipto com problemas de umidade excessiva (RS).



**FOTO 5C.** Eucalipto em área de umidade excessiva.



**FOTO 6C.** Planossolo Háplico com mosqueados.



**FOTO 7C.** Neossolo Litólico rochoso (RS).



**FOTO 8C.** Cambissolo Háplico cascalhento (RS).



**FOTO 9C.** Paisagem de ocorrência de Cambissolos Háplicos (RS).



**FOTO 10C.** Erosão em sulcos em área de Cambissolos.