

Unidades de manejo para o cultivo de eucalipto em  
quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do SulManagement units for *Eucalyptus* cultivation in four  
physiographical regions of Rio Grande do Sul, BrazilAdriana Monteiro da Costa<sup>1</sup>, Nilton Curi<sup>2</sup>, Elias Frank de Araújo<sup>3</sup>,  
João José Marques<sup>2</sup> e Michele Duarte de Menezes<sup>4</sup>**Resumo**

O segmento de celulose e papel tem-se destacado no setor florestal brasileiro levando a um avanço no 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 se estabelecerem unidades de manejo para o cultivo do eucalipto em quatro regiões fisiográficas 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. Com base nos fatores de limitação ao cultivo do eucalipto, nas observações e medições de campo, nos dados de produtividade e na experiência de técnicos que atuam nas regiões, foram definidos critérios específicos, determinantes do manejo e da produtividade do eucalipto, e elaborado um quadro-guia para estabelecimento das unidades de manejo para o seu cultivo. Definiram-se as unidades apta superior, apta inferior, marginal superior, marginal inferior e inapta ao cultivo do eucalipto. As maiores restrições nas regiões fisiográficas estudadas foram impostas pela deficiência de oxigênio e impedimentos ao manejo.

**Palavras-Chave:** Aptidão silvicultural, Ambientes de solos, Eucalipto

**Abstract**

The cellulose and paper sector plays an important role in the Brazilian forest economy, which lead to an increase in eucalyptus cultivation in different regions of Brazil. The knowledge of soil attributes and the environment which can affect the crop productivity becomes of fundamental importance to warrant the sector's sustainability and competitiveness. This study was conducted with the aim of determining management units for eucalyptus cultivation in four physiographical regions of Rio Grande do Sul, Brazil. The studied areas include parts 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 counties. Based upon the limiting factors to eucalyptus cultivation, field observations and measurements, productivity data and experience of technicians which work at the regions, specific criteria linked to eucalyptus management and productivity were defined. Guidelines for the establishment of management units for eucalyptus cultivation were set up. The management units were defined as: superior, inferior, marginal superior, marginal inferior and not apt for eucalyptus cultivation. The highest restrictions in the studied physiographical regions were imposed by oxygen deficiency and difficulties of management.

**Keywords:** Silvicultural aptitude, Soil environment, *Eucalyptus*

**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, correspondendo a 45% da arrecadação do setor florestal brasileiro (ABRAF, 2007).

<sup>1</sup>Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras - Rua Tapajós, 1052 - São Francisco - Sete Lagoas, MG - 35700-511 - E-mail: [drimonteiroc@yahoo.com.br](mailto:drimonteiroc@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - Caixa Postal 3037 - Lavras, MG - E-mail: [niltcuri@dcs.ufla.br](mailto:niltcuri@dcs.ufla.br); [jmarques@dcs.ufla.br](mailto:jmarques@dcs.ufla.br)

<sup>3</sup>Pesquisador da Aracruz Celulose S.A - Unidade Guaíba - Rua São Geraldo, 1800 - Guaíba, RS - 92500-000 - E-mail: [efaraujo@aracruz.com.br](mailto:efaraujo@aracruz.com.br)

<sup>4</sup>Doutoranda no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras - Caixa Postal 3037 - Lavras, MG - E-mail: [michele\\_duarte@ig.com.br](mailto:michele_duarte@ig.com.br)

A rápida expansão dos plantios comerciais, principalmente para as regiões Sul e Sudeste do país, leva à necessidade de estudos da qualidade do ambiente nos sítios florestais (CORRÊA NETO *et al.*, 2007) e do seu potencial produtivo, 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 base para a identificação e a delimitação dos diferentes ambientes de solos existentes, consistindo no melhor estratificador em nível local (RESENDE *et al.*, 2002). 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, 1988).

Os levantamentos de solos realizados no Brasil são considerados pouco detalhados. A maioria é de reconhecimento (FRANÇA e 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, e 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 e KLAMT, 1996). Em virtude da grande expansão do setor florestal brasileiro para a região Sul do país, tornam-se necessários levantamentos de solos e a produção de mapas pedológicos em 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 e a competitividade da exploração.

Este trabalho teve por objetivo o estabelecimento de unidades de manejo para o cultivo do eucalipto em quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul.

## 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 é representada pela 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). As altitudes variam de 20 a 400 m, o relevo varia de plano a forte ondulado e aliado ao material de origem constituem fatores importantes na grande variabilidade de solos na região. A litologia é formada por granitos que compreendem 37% da área mapeada e por gnaisses abrangendo 10,7% da área, ambos do Pré-Cambriano (2300 milhões de anos) recobertos, predominantemente, por sedimentos (areia, arenito, siltito, cascalho, folhelho, argilito, arcósio e conglomerados) do paleozóico (465 milhões de anos) (RAMGRAB *et al.*, 2004). O clima da região, segundo classificação de Köppen, 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), com adaptações. Como material básico foram utilizadas cartas planaltimétricas na 1:50.000 e aerofotos policromáticas na escala 1:60.000.

O método de prospecção foi realizado por meio de caminhamento livre, percorrendo toda a área e realizando observações de campo e coletas de amostras quando da mudança de padrão dos solos. Os perfis modais foram descritos e coletados conforme Santos *et al.* (2005). A escala final dos mapas de solos foi 1:10.000. Foram realizadas 546 observações de campo, contabilizando uma observação a cada 22 ha em média, ou seja, com densidade de amostragem de 0,05 observações/ha e coletadas 235 amostras para análises de laboratório (EMBRAPA, 1997). A classificação pedológica foi realizada segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Os mapas de solos foram confeccionados em ambiente de sistemas de informações geográficas utilizando-se o software ArcGis® 9.1 (ESRI, 1996). Os mapas de declividade do terreno foram gerados a partir de curvas de nível com equidistância de 5 m, na escala 1:10.000. Inicialmente, criou-se um modelo digital de elevação do terreno (MDE) 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 MDE, definiram-se as classes de relevo: plano/suave ondulado (0-8%), ondulado (8-20%) e forte ondulado (20-45%). Posteriormente, foi realizada sobreposição dos mapas das classes de solos (definidas com apoio dos perfis modais) e das fases de relevo, obtendo-se o mapa de unidades de mapeamento (UM) de solos.

A partir das informações contidas no levantamento semidetalhado de solos, dos dados de produtividade e da experiência acumulada de técnicos que atuam nas regiões e adequando-se e adaptando-se conceitos de Ramalho Filho e Beek (1995), definiram-se critérios para a determinação dos 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 ( $\Delta O$ ), suscetibilidade à erosão ( $\Delta E$ ) e impedimentos ao manejo ( $\Delta M$ ). Os desvios foram estimados considerando-se a viabilidade de melhoramento das deficiências por meio do emprego de técnicas de manejo silvicultural de nível tecnológico mais elevado. Os impedimentos ao manejo ( $\Delta M$ ), no presente trabalho, incluem restrições relacionadas ao adensamento presente em alguns solos, aspecto que fica exacerbado por elevados teores de silte (SANTOS *et al.*, 1998) e relevos acidentados. A deficiência de fertilidade ( $\Delta N$ ) foi definida pela saturação por bases (V%) dos solos e sua reserva em nutrientes, indicada pelo material de origem e grau de intemperismo-lixiviação dos solos, além da textura do solo, considerando-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 definidos 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. O parâmetro suscetibilidade à erosão ( $\Delta E$ ) foi defi-

nido considerando-se a textura, a profundidade efetiva e a declividade do terreno, sendo atribuídos graus de desvios nulo, ligeiro, moderado e forte, para este parâmetro.

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, Nitossolos Háplicos e Vermelhos, Planossolos Háplicos e Plintossolo Pétrico. Os solos de textura grosseira e muito pobres em nutrientes, que apresentam reserva praticamente nula destes elementos (Neossolos Quartzarênicos e Argissolos espessarênicos) (MELO *et al.*, 1995; CASTRO, 2006), foram enquadrados como tendo graus de limitação moderado de deficiência de fertilidade, tendo-se em mente as práticas de calagem e adubação previstas em nível tecnológico mais elevado.

Para a deficiência de água ( $\Delta H$ ), o grau nulo corresponde a solos bem drenados, textura média ou argilosa (Argissolos Amarelos, Vermelhos, Vermelho-Amarelos, Nitossolos Háplicos e Vermelhos) e imperfeitamente drenados (Gleissolos Háplicos, Neossolos Flúvicos e Planossolos Háplicos). Os solos de menor profundidade efetiva (Cambissolo Háplico e Húmico, Neossolos Litólicos e 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 (RESENDE *et al.*, 2007).

Para a deficiência de oxigênio ( $\Delta O$ ), a interação entre os atributos textura, profundidade efetiva e declividade pode determinar, para a mesma classe de solo, graus de desvios diferenciados, não devendo a interpretação deste parâmetro (como dos demais) ser realizada considerando-se fatores isolados. O grau de desvio nulo quanto à deficiência de oxigênio é atribuído aos Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-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 e Flúvicos e Plintossolos Pétricos) e Gleissolos Háplicos e Planossolos Háplicos em relevo ondulado a forte ondulado, onde o maior declive do terreno fa-

vorece uma melhor drenagem superficial destes solos. Os solos imperfeitamente a mal drenados em relevo plano/suave ondulado (Gleissolos Háplicos e Planossolos Háplicos) apresentam grau moderado para a deficiência de oxigênio.

Na Tabela 1 são apresentados os critérios utilizados para estimar os graus de desvios do parâmetro suscetibilidade à erosão para as regiões em estudo.

A partir da estimativa dos desvios  $\Delta N$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta O$ ,  $\Delta E$  e  $\Delta M$  e da viabilidade de redução dos mesmos, elaborou-se uma matriz de conversão (quadro-guia) (Tabela 2), e identificaram-se critérios (Figura 1) que definiram cinco unidades de manejo para o cultivo do eucalipto em quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul: apta superior (AS), apta inferior (AI), marginal superior (MS), marginal inferior (MI) e inapta (I).

**Tabela 1.** Critérios para definição do grau de limitação por suscetibilidade à erosão ( $\Delta E$ ) para as unidades de solos em quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul.

**Table 1.** Criteria for the definition of the limiting degree by erosion susceptibility ( $\Delta E$ ) for soils units in four physiographical regions of Rio Grande do Sul State.

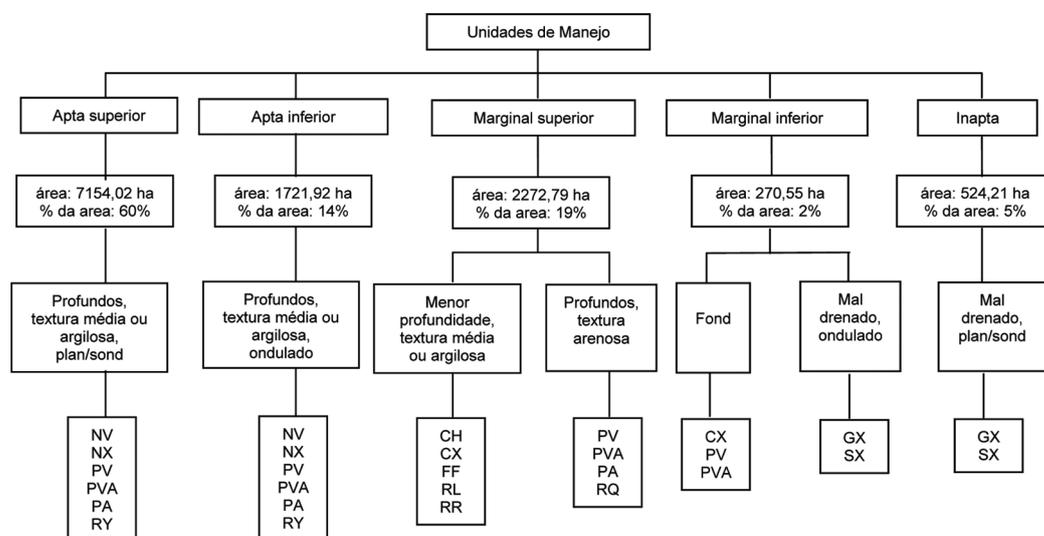
Grau de limitação	Relevo <sup>1</sup>	Textura <sup>2</sup>	Classe de solo
			1º e 2º nível
Nulo	plan/sond	a/m, a/r, m/r, r, m	Argissolo Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo, Gleissolo Háplico, Neossolo Flúvico, Nitossolo Vermelho e Háplico, Planossolo Háplico e Plintossolo Pétrico
Ligeiro	plan/sond	m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

<sup>(1)</sup>plan/sond: plano/suave ondulado (0 a 8%), ondulado (8-20%) e fond: forte ondulado (20-45%). <sup>(2)</sup>a: arenosa, m: média, r: argilosa.

**Tabela 2.** Quadro-guia de avaliação das unidades de manejo para o cultivo de eucalipto em quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul.

**Table 2.** Guideline for the evaluation of management units for eucalyptus cultivation in four physiographical regions of Rio Grande do Sul State.

Graus de limitação máximos					Unidades de manejo	
$\Delta N$	$\Delta H$	$\Delta O$	$\Delta E$	$\Delta M$		
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.** Esquema simplificado de identificação de unidades de manejo para o cultivo do eucalipto e suas respectivas expressões geográficas (ha e %) em quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul.

**Figure 1.** Simplified scheme for the identification of management units for eucalyptus cultivation and their respective geographical expressions (ha and area %) in four physiographical regions of Rio Grande do Sul.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se uma grande variabilidade de classes de solos existentes, resultante, principalmente, da diversidade litológica e das fases de relevo nas regiões (CURI *et al.*, 1984; STRECK *et al.*, 2008) que variam de plano a forte ondu-

lado (Tabela 3). 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. Parte da legenda do levantamento semidetalhado de solos e os graus de limitação para o cultivo do eucalipto são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Unidades de mapeamento de solos, graus de limitação para deficiência de nutrientes ( $\Delta N$ ), deficiência de água ( $\Delta H$ ), deficiência de oxigênio ( $\Delta O$ ), suscetibilidade à erosão ( $\Delta E$ ) e impedimentos ao manejo ( $\Delta M$ ), e unidades de manejo (UM) para o cultivo do eucalipto em quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul.

**Table 3.** Soil mapping units; limiting degrees for nutrients deficiency ( $\Delta N$ ); water deficiency ( $\Delta H$ ); oxygen deficiency ( $\Delta O$ ); susceptibility to erosion ( $\Delta E$ ); restraints of management ( $\Delta M$ ); and management units (UM) for eucalyptus cultivation in four physiographical regions of Rio Grande do Sul.

Símbolo	Ordem	Sub-ordem	Outros níveis	Textura <sup>1</sup>	Relevo <sup>2</sup>	$\Delta N$	$\Delta H$	$\Delta O$	$\Delta E$	$\Delta M$	UM <sup>3</sup>
PA1	Argissolo	Amarelo	típico	a/m	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA1	Argissolo	Amarelo	típico	a/m	ond	L	N	L	L	M	AI
PA2	Argissolo	Amarelo	típico	a/m	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA2	Argissolo	Amarelo	típico	a/m	ond	L	N	L	L	M	AI
PA3	Argissolo	Amarelo	típico	m/r	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA3	Argissolo	Amarelo	típico	m/r	ond	L	N	L	L	M	AI
PA4	Argissolo	Amarelo	típico	m/r	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA4	Argissolo	Amarelo	típico	m/r	ond	L	N	L	L	M	AI
PA5	Argissolo	Amarelo	típico	a/m	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA6	Argissolo	Amarelo	típico	m/r	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA6	Argissolo	Amarelo	típico	m/r	ond	L	N	L	N	L	AS
PA7	Argissolo	Amarelo	típico	m/r	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
PA7	Argissolo	Amarelo	típico	m/r	ond	L	N	L	L	M	AI
PA8	Argissolo	Amarelo	esessarênico	a/m	plan/sond	M	F	L	M	N	MS
PV1	Argissolo	Vermelho	típico	a/m	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV1	Argissolo	Vermelho	típico	a/m	ond	L	N	N	L	M	AI
PV2	Argissolo	Vermelho	típico	a/m	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV2	Argissolo	Vermelho	típico	a/m	ond	L	N	N	L	M	AI
PV3	Argissolo	Vermelho	típico	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV3	Argissolo	Vermelho	típico	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PV3	Argissolo	Vermelho	típico	m/r	fond	L	N	N	F	F	MI
PV4	Argissolo	Vermelho	típico	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV4	Argissolo	Vermelho	típico	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PV5	Argissolo	Vermelho	típico	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV5	Argissolo	Vermelho	típico	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PV6	Argissolo	Vermelho	típico	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV6	Argissolo	Vermelho	típico	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PV7	Argissolo	Vermelho	coeso	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV7	Argissolo	Vermelho	coeso	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PV8	Argissolo	Vermelho	esessarênico	a/m ou a/r	plan/sond	M	F	N	M	N	MS
PV8	Argissolo	Vermelho	esessarênico	a/m ou a/r	ond	M	F	N	M	L	MS
PV9	Argissolo	Vermelho	húmico	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PV9	Argissolo	Vermelho	húmico	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA1	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	a/m	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA1	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	a/m	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA2	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	a/m	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA2	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	a/m	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA3	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA3	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA3	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	m/r	fond	L	N	N	F	F	MI
PVA4	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA4	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA4	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	m/r	fond	L	N	N	F	F	MI
PVA5	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	a/m	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA5	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	a/m	ond	L	N	N	L	M	AI

**Tabela 3 - Continuação.** Unidades de mapeamento de solos, graus de limitação para deficiência de nutrientes ( $\Delta N$ ), deficiência de água ( $\Delta H$ ), deficiência de oxigênio ( $\Delta O$ ), suscetibilidade à erosão ( $\Delta E$ ) e impedimentos ao manejo ( $\Delta M$ ), e unidades de manejo (UM) para o cultivo do eucalipto em quatro regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul.

**Table 3 - Continuance.** Soil mapping units; limiting degrees for nutrients deficiency ( $\Delta N$ ); water deficiency ( $\Delta H$ ); oxygen deficiency ( $\Delta O$ ); susceptibility to erosion ( $\Delta E$ ); restraints of management ( $\Delta M$ ); and management units (UM) for eucalyptus cultivation in four physiographical regions of Rio Grande do Sul.

Símbolo	Ordem	Sub-ordem	Outros níveis	Textura <sup>1</sup>	Relevo <sup>2</sup>	$\Delta N$	$\Delta H$	$\Delta O$	$\Delta E$	$\Delta M$	UM <sup>3</sup>
PVA6	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA6	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA7	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA7	Argissolo	Vermelho-Amarelo	típico	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA8	Argissolo	Vermelho-Amarelo	coesos	m/r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
PVA8	Argissolo	Vermelho-Amarelo	coesos	m/r	ond	L	N	N	L	M	AI
PVA9	Argissolo	Vermelho-Amarelo	espessarênico	a/m ou a/r	plan/sond	M	F	N	M	N	MS
PVA9	Argissolo	Vermelho-Amarelo	espessarênico	a/m ou a/r	ond	M	F	N	M	L	MS
PVA10	Argissolo	Vermelho-Amarelo	espessarênico	a/m ou a/r	plan/sond	M	F	N	M	N	MS
PVA10	Argissolo	Vermelho-Amarelo	espessarênico	a/m ou a/r	ond	M	F	N	M	L	MS
CH1	Cambissolo	Húmico	típico	a/m	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CH1	Cambissolo	Húmico	típico	a/m	ond	L	M	L	M	M	MS
CH2	Cambissolo	Húmico	típico	a/m	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CH2	Cambissolo	Húmico	típico	a/m	ond	L	M	L	M	M	MS
CH3	Cambissolo	Húmico	típico	m/r	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CH3	Cambissolo	Húmico	típico	m/r	ond	L	M	L	M	M	MS
CX1	Cambissolo	Háplico	típico	a/m	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CX1	Cambissolo	Háplico	típico	a/m	ond	L	M	L	M	M	MS
CX1	Cambissolo	Háplico	típico	a/m	fond	L	M	L	F	F	MI
CX2	Cambissolo	Háplico	típico	a/m	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CX2	Cambissolo	Háplico	típico	a/m	ond	L	M	L	M	M	MS
CX2	Cambissolo	Háplico	típico	a/m	fond	L	M	L	F	F	MI
CX3	Cambissolo	Háplico	típico	m/r	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CX3	Cambissolo	Háplico	típico	m/r	ond	L	M	L	M	M	MS
CX3	Cambissolo	Háplico	típico	a/m	fond	L	M	L	F	F	MI
CX4	Cambissolo	Háplico	típico	m/r	plan/sond	L	M	L	L	L	MS
CX4	Cambissolo	Háplico	típico	m/r	ond	L	M	L	M	M	MS
CX4	Cambissolo	Háplico	típico	a/m	fond	L	M	L	F	F	MI
GX1	Gleissolo	Háplico	argissólico	a/m	plan/sond	L	N	M	N	L	I
GX2	Gleissolo	Háplico	típico	a/m	plan/sond	L	N	M	N	L	I
GX2	Gleissolo	Háplico	típico	a/m	ond	L	N	L	L	M	MI
GX3	Gleissolo	Háplico	típico	m/r	plan/sond	L	N	M	N	L	I
GX3	Gleissolo	Háplico	típico	m/r	ond	L	N	L	L	M	MI
GX4	Gleissolo	Háplico	típico	m/r	plan/sond	L	N	M	N	L	I
RL	Neossolo	Litóico	típico	m	plan/sond	N	M	L	L	L	MS
RL	Neossolo	Litóico	típico	m	ond	N	M	L	M	M	MS
RQ	Neossolo	Quartzarênico	típico	a	plan/sond	M	F	N	M	N	MS
RQ	Neossolo	Quartzarênico	típico	a	ond	M	F	N	M	L	MS
RR	Neossolo	Regolítico	típico	m	plan/sond	N	M	L	L	L	MS
RR	Neossolo	Regolítico	típico	m	ond	N	M	L	M	M	MS
RY	Neossolo	Flúvico	típico	ind.	plan/sond	L	N	L	N	L	AS
NV1	Nitossolo	Vermelho	típico	r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
NV1	Nitossolo	Vermelho	típico	r	ond	L	N	N	L	M	AI
NV2	Nitossolo	Vermelho	típico	r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
NV2	Nitossolo	Vermelho	típico	r	ond	L	N	N	L	M	AI
NX	Nitossolo	Háplico	típico	r	plan/sond	L	N	N	N	L	AS
NX	Nitossolo	Háplico	típico	r	ond	L	N	N	L	M	AI
SX1	Planossolo	Háplico	típico	m/r	plan/sond	L	N	M	N	L	I
SX1	Planossolo	Háplico	típico	m/r	ond	L	N	L	L	M	MI
SX2	Planossolo	Háplico	gleissólico	a/r	plan/sond	L	N	M	N	L	I
FF	Plintossolo	Pétrico	concrecionário	m	plan/sond	L	M	L	N	L	MS

<sup>(1)</sup>a: arenosa, m: média, r: argilosa e ind: indiscriminada.

<sup>(2)</sup>plan/sond: plano/suave ondulado (0-8%); ond: ondulado (8-20%), fond: forte ondulado (20-45%)

<sup>(3)</sup>Unidades de Manejo: AS - Apta superior, AI - Apta inferior, MS - Marginal superior, I - Inapta.

N: Nulo, L: Ligeiro, M: Moderado, F: Forte.

A maior parte da área mapeada apresenta condições adequadas ao cultivo do eucalipto (Figura 1). A unidade de manejo apta superior representa 60% da área mapeada e é representada por solos profundos, bem drenados, de textura média ou argilosa em áreas 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 unidade apta inferior (14%) compreende solos de textura média ou 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 1 a 8).

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 ou 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 de deficiência de água de moderados a fortes, deficiência de nutrientes e suscetibilidade à erosão ligeira a moderada, e grau de impedimento ao manejo de nulo a moderado.

A unidade marginal inferior (2%) compreende solos em relevo forte ondulado, que apresentam grau de limitação forte quanto à suscetibilidade à erosão e impedimentos ao manejo (Cambissolos Háplicos 1 a 4, Argissolos Vermelhos 3, Argissolos Vermelho-Amarelos 3 e 4) e também as unidades Gleissolos Háplicos 2 e 3, e Planossolos Háplicos 1 e 2 em relevo movimentado. Nas áreas mais declivosas, o cultivo mínimo do solo, com preparo restrito às covas de plantio, tende a reduzir tais restrições. 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 identificação de unidades de Planosso-

los e Gleissolos em áreas de relevo movimentado é uma peculiaridade das regiões em estudo (STRECK *et al.*, 2008) devido à presença de sedimentos pelíticos, impermeáveis, que favorecem a formação destes solos quando da ocorrência de leve aplainamento ou abaciamento na área (lagoas suspensas).

A unidade de manejo inapta (5%) ao cultivo do eucalipto é representada por solos imperfeitamente a mal drenados, em relevo plano/suave ondulado, que apresentam substanciais 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 2. A incorporação destas áreas ao processo produtivo de eucalipto não é recomendada, tendo-se em mente a busca da sustentabilidade ambiental da exploração florestal e a premissa de que não haja competição espacial entre este uso da terra e o plantio de arroz irrigado por inundação, este último tão difundido no Rio Grande do Sul. Convém lembrar que o eucalipto é reconhecidamente muito sensível à deficiência de oxigênio (CURI, 2000), comprometendo sua produtividade nestes ambientes de solos.

O estabelecimento das unidades de manejo para o cultivo do eucalipto foi realizado buscando-se agrupar as terras quanto ao seu potencial produtivo, a exemplo de Santos e Bortolas (2004). Dependendo dos objetivos, o agrupamento pode ser alterado, sendo, para tal, necessárias reconsiderações dos critérios de agrupamento. As classes de solos consistiram em um importante estratificador de ambientes em nível local.

## CONCLUSÕES

As áreas mapeadas apresentaram a seguinte distribuição quanto às unidades de manejo para o cultivo do eucalipto em sistema tecnológico mais elevado: apta superior (60%), apta inferior (14%), marginal superior (19%), marginal inferior (2%) e inapta (5%).

As maiores limitações foram atribuídas à deficiência de oxigênio e aos impedimentos ao manejo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. *Anuário estatístico: ano base 2006*. 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).
- CASTRO, P.P. **Reserva e disponibilidade de nutrientes para o eucalipto em solos do Rio Grande do Sul.** 2006. 63p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- CORRÊA NETO, T.A.; ANJOS, L.H.; PEREIRA, M.G.; AMORIM, H.B.; JACCOUD, C.F.S. Atributos edafoambientais e parâmetros dendrométricos de plantios de eucalipto em uma topossequência no campus da UFRRJ, Seropédica (RJ). *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.17, n.1, p.43-51, 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: EMBRAPA - 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, 2000. p.70-80. (Boletim de Pesquisa, 1).
- CURI, N.; KÄMPF, N.; RESENDE, M. Mineralogia, química, morfologia e gemorfologia de solos originados de rochas efusivas das Encostas Superior e Inferior do Nordeste, no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, p.269-276, 1984.
- 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, 2004.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- ESRI. **GIS and mapping software.** Redlands: World Country Boundaries, 2006.
- 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, 2003.
- FRANÇA, G.V.; DEMATTÊ, J.A.M. Levantamento de solos e interpretação fotográfica dos padrões desenvolvidos em solos originados do arenito de Bauru. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.50, n.1, p.77-86, 1993.
- GONÇALVES, J.L.M. Interpretação de levantamento de solo para fins silviculturais. *IPEF*, Piracicaba, n.39, p.65-72, 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. (Boletim Técnico NRS-SBCS, 5).
- MELO, V.F.; COSTA, L.M.; BARROS, N.F.; FONTES, M.P.F.; NOVAIS, R.F. Reserva mineral e caracterização mineralógica de alguns solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, v.19, p.159-164, 1995.
- ORTIZ, J.L.; VETTORAZZI, C.A.; COUTO, H.T.Z.; GONÇALVES, J.L.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, 2006.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K.L. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1995. 65p.
- 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.
- RESENDE, M.; CURI, N.; LANI, J.L. Reflexões sobre o uso dos solos brasileiros. In: ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M.C. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo.** Viçosa: SBCS, 2002. v.2, p.593-644.

- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Lavras: Editora UFLA, 2007. 322p.
- SANTOS, D. ; CURI, N. ; FERREIRA, M.M. ; EVANGELISTA, A.R.; CRUZ FILHO, A.B.; TEIXEIRA, W.G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.2, p.183-189, 1998.
- SANTOS, R.D.; BORTOLAS, E.P. **Levantamento semidetalhado dos solos de hortos da unidade Guaíba-Aracruz com proposta de criação de unidades de manejo**. Guaíba: Aracruz Celulose, 2004. 154p.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5.ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92p.
- 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, 1995, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBCS/UFMS, 1996.
- SOARES, N.S.; SILVA, M.L.; 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, R.S.D. ; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222p.

Recebido em 13/01/2009

Aceito para publicação em 25/09/2009

