

Avaliação do risco de anoxia para o cultivo do eucalipto  
no Rio Grande do Sul utilizando-se levantamento de solosAnoxic risk evaluation for *Eucalyptus* in  
Rio Grande do Sul State, through soils surveyAdriana 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**

Frente à sensibilidade do eucalipto à deficiência de oxigênio, a identificação de atributos do solo que podem propiciar condições de alagamento e, conseqüentemente, restringir o crescimento da cultura torna-se fundamental para o planejamento de uso e manejo do solo e para seleção de clones adaptados às condições do meio físico. Esse estudo foi conduzido no Horto Florestal Cerro Coroado, no Município de Cachoeira do Sul, RS, onde as plantas de eucalipto apresentavam problemas com a anoxia, refletindo em quedas acentuadas de produtividade. 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: textura, profundidade efetiva do solum, presença de mosqueados e indícios de gleização, presença de adensamento e como atributos do meio, a declividade e a conformação do terreno. A partir das informações contidas na legenda do levantamento semidetalhado de solos, um mapa interpretativo de risco de anoxia foi elaborado para a cultura do eucalipto, criando-se cinco classes, as quais foram associadas à taxa de mortalidade do eucalipto. As maiores taxas de mortalidade do eucalipto, de forma geral, ocorreram nas classes de solos classificadas como de risco alto a muito alto à anoxia. Essa classificação pode ser utilizada para nortear as práticas de manejo para a cultura do eucalipto. A classe de solo no contexto da paisagem local, por integrar inúmeros atributos, funciona como estratificadora adequada de ambientes no tocante ao risco à anoxia. A interpretação das informações constantes no mapa de solos para fins de avaliação de risco à anoxia mostrou-se compatível com a medida direta dos efeitos da anoxia sobre a cultura de eucalipto.

**Palavras-Chave:** Mapa de solos, Classes de solos, Deficiência de oxigênio, Mortalidade do eucalipto

**Abstract**

*Eucalyptus* is very sensitive to oxygen deficiency. The identification of soil attributes that can indicate conditions for anoxia and thus restrict the growth of the culture becomes essential for planning soil management, and plant breeding. Therefore, this study was conducted in the forest site Cerro Coroado where eucalypt plants had problems with anoxia, reflected by its low productivity, in the County of Cachoeira do Sul, State of Rio Grande do Sul. The work aimed at elaborating, decoding, and interpreting a semi-detailed soil survey for *Eucalyptus* forests in the State of Rio Grande do Sul. The following soil attributes: effective depth of solum, presence of mottling, gley status, presence of cohesive behavior, gravel and stone content, and land slope and shape were subject of particular attention. The interpretative map for the risk of anoxia for *Eucalyptus* was elaborated by using information gathered from the semi-detailed soil survey, creating five risk classes. These classes were associated with observed mortality rates of *Eucalyptus*. The highest mortality rates of *Eucalyptus* occurred in the soil classes classified as having high to very high anoxic risk. This classification can be used to guide the management practices for the cultivation of *Eucalyptus*. The interpretation of soils map information for the anoxia risk was compatible with the direct measure of the anoxic effects on the *Eucalyptus* trees.

**Keywords:** Soils map, Soils classes, Oxygen deficiency, *Eucalyptus* mortality

---

<sup>1</sup>Doutora em Ciência do Solo - 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 Doutor 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 em Ciência do Solo na Universidade Federal de Lavras - Caixa Postal 3037 - Lavras, MG - E-mail: [michele\\_duarte@ig.com.br](mailto:michele_duarte@ig.com.br)

## INTRODUÇÃO

As condições climáticas, fisiográficas e edáficas são consideradas 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. Gonçalves *et al.* (1990) ressaltam que as propriedades relacionadas à disponibilidade de água do solo são aquelas que mais determinam o crescimento das árvores. Segundo Ortiz *et al.* (2006), atributos físicos do solo (mais especificamente estrutura e 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 dendrométricos, onde o sítio localizado no terço médio apresentou 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. As plantas possuem capacidade de responder diferentemente à anoxia, ou falta de oxigênio. Algumas culturas não apresentam restrições de crescimento em locais alagados, já o eucalipto é extremamente sensível à deficiência de oxigênio (CURI, 2000), sendo desejáveis para um crescimento adequado destas plantas boas condições de arejamento do solo. Neste contexto, atributos como textura, profundidade efetiva e cor do solo associados às condições locais de declividade e conformação do terreno podem fornecer informações acerca da capacidade de retenção e armazenamento de água no solo e, conseqüentemente, quanto ao risco de anoxia em áreas sob plantio de eucalipto.

O levantamento de solos tem sido utilizado no Brasil como uma fonte de dados básica para classificação dos sítios, entretanto é necessária uma interpretação adequada para atender às finalidades específicas (GONÇALVES, 1988). A realização, a decodificação e a interpretação do levantamento de solos com objetivos específicos consistem numa valiosa ferramenta de subsídio para programas de manejo florestal, visando à seleção de espécies, melhoramento genético, adubação diferenciada, práticas de controle erosivo, uso de maquinários, dentre outros.

Assim, este estudo teve por objetivo a elabo-

ração, decodificação e interpretação de levantamento semidetalhado de solos para avaliação do risco de anoxia em relação à cultura do eucalipto no Estado do Rio Grande do Sul.

## 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, e se situa no Município de Cachoeira do Sul, Estado do Rio Grande do Sul. A vegetação primitiva é representada pela floresta subtropical perenifolia. A área está inserida na 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), incluindo depósitos aluvionares cenozóicos (areias e cascalhos) (RAMGRAB *et al.*, 2004). O clima é o "Cfa", subtropical ou virginiano (classificação de Köppen), com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média anual de 19,1°C e precipitação média anual entre 1.500 e 1600 mm (BRASIL, 1973).

O levantamento semidetalhado de solos foi executado conforme Klamt *et al.* (2000). Nos trabalhos de campo foram utilizados como material básico a carta planialtimétrica SH.22-Y-A-III-1, folha Cachoeira do Sul, na escala 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 através do método do caminhamento livre com densidade de 0,05 observações por ha. Os pontos foram georreferenciados em campo e coletadas amostras para realização de análises químicas e físicas do solo (EMBRAPA, 1997), para dar suporte à classificação dos solos. Mais detalhes podem ser vistos em Costa (2008). A classificação pedológica foi realizada segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

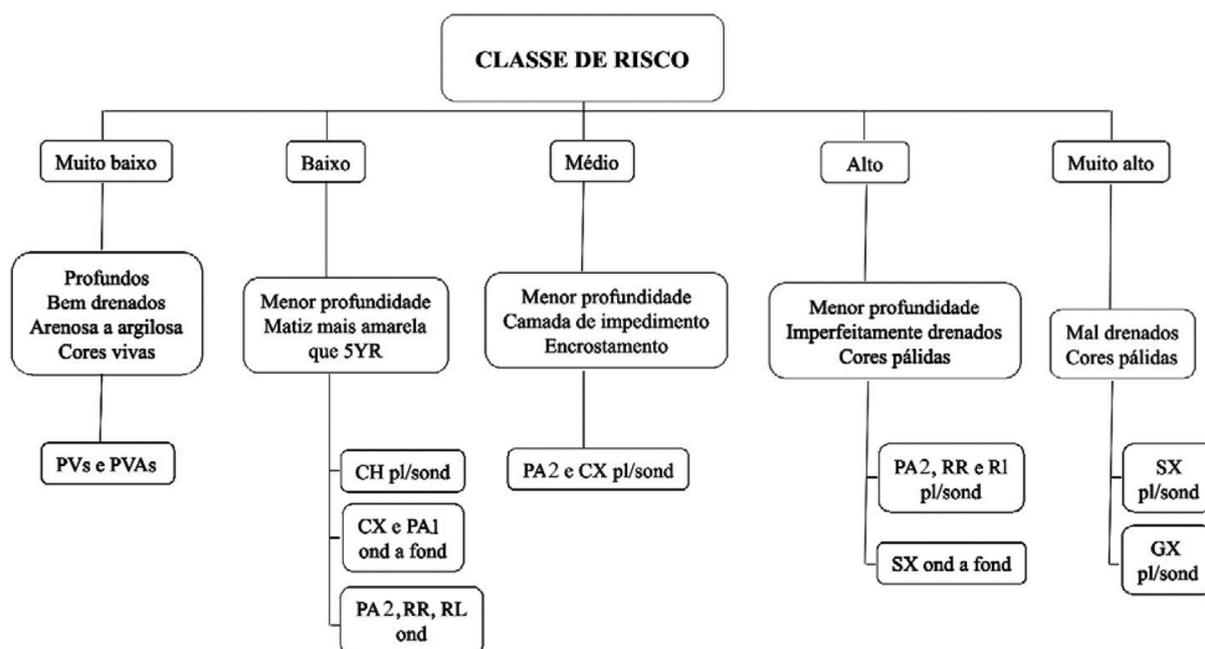
O mapa de solos foi confeccionado em ambiente de sistemas de informações geográficas utilizando-se o software ArcGis 9.1 da ESRI. O mapa de declividade do terreno foi gerado a partir de curvas de nível com equidistância de

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 a sobreposição dos mapas das classes de solo e fases de relevo e obtido o mapa das unidades de mapeamento (UM) de solos. Para definição das unidades de mapeamento de solos foram consideradas como características determinantes: textura, profundidade efetiva do solum e presença de mosqueados e indícios de gleização. Foram empregadas as fases de relevo para fornecer subsídios à utilização de maquinários agrícolas e suscetibilidade à erosão.

Um dos problemas enfrentados no manejo do eucalipto refere-se à mortalidade das plantas, principalmente nos estágios iniciais de seu desenvolvimento em função da baixa capacidade da espécie em suportar a falta de oxigênio. Como a área em estudo apresentava histórico de elevada mortalidade das plantas, 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 o risco

de anoxia foi especialmente desenvolvida para o presente trabalho, considerando os atributos profundidade efetiva, textura, cor do solo, classes de drenagem e declividade e conformação do terreno, conforme a Figura 1.

A profundidade efetiva do solo pode variar em função da presença de camadas apresentando impedimentos físicos, como horizontes adensados, presença de concreções ferruginosas e de materiais consolidados em quantidades apreciáveis. A profundidade efetiva, quando associada ao relevo, pode representar riscos diferenciados de suscetibilidade à anoxia. Solos de matrizes de cores pálidas, acinzentadas e com presença de mosqueados são indicativos de condições de restrição à drenagem e, conseqüentemente, apresentam maiores riscos de deficiência de oxigênio para as plantas. Assim, com base na interação destes atributos, definiram-se as classes de riscos à anoxia variando de muito baixo a muito alto. Posteriormente, a partir da avaliação operacional do desenvolvimento e da sobrevivência de plantas aos sessenta dias da implantação da cultura, tomando-se como base a taxa de sobrevivência inferior a 80% como indicativa da necessidade de novo plantio, associou-se esta taxa às respectivas classes de solos e de riscos à anoxia. Para tanto, a correlação de Spearman foi realizada entre as taxas de mortalidade e as diferentes classes de risco de anoxia para o eucalipto.



**Figura 1.** Critérios especialmente desenvolvidos para definição das classes de risco de anoxia para o eucalipto na área em estudo. pl – plano; sond – suave ondulado; ond – ondulado; fond – forte ondulado/montanhoso.

**Figure 1.** Criteria specially developed for definition of anoxic risk classes for eucalyptus in the studied area. PI – flat; sond – slightly rolling; ond – rolling; fond – rolling/mountainous.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

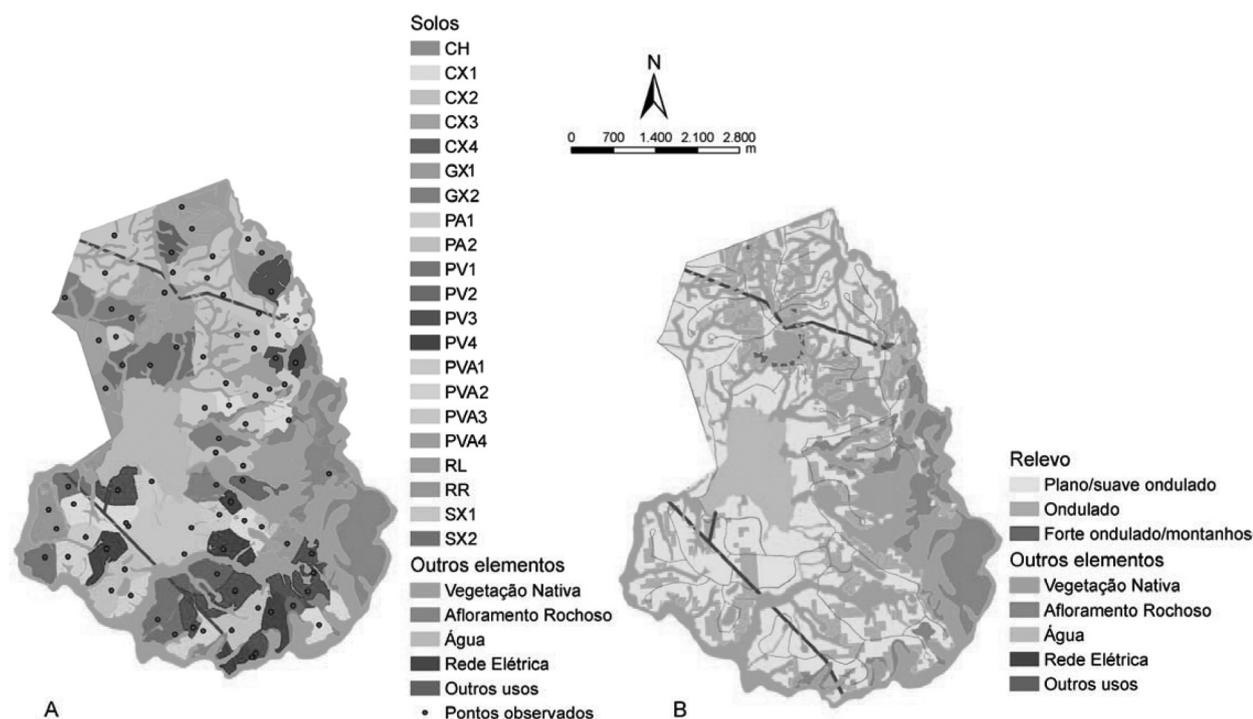
A área de solos mapeada corresponde a 1.850 ha, sendo o restante da área (1.560 ha) destinado a outras formas de usos (vegetação nativa, corpos d' água, afloramentos rochosos).

A grande variabilidade de solos existentes na área (Tabela 1 e Figura 2A) decorre, principalmente, da diversidade geológica e de condições locais de topografia (Figura 2B), a qual condiciona fluxos superficiais e subsuperficiais de água (STRECK *et al.*, 2008).

**Tabela 1.** Unidades de mapeamento (UMs) de solos com sua respectiva classificação.

**Table 1.** Soils mapping units and their respective classification.

UM	Descrição taxonômica dos solos
CH	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
GX1	Associação de Argissolos (Amarelos, Acinzentados, Vermelho-Amarelos e Vermelhos) + Cambissolos Háplicos, todos com caráter gleissólico + Plintossolo Háplico textura média
GX2	Associação de Argissolos (Amarelos, Acinzentados, Vermelho-Amarelos e Vermelhos) + Cambissolos Háplicos, todos com caráter gleissólico + Plintossolo Háplico textura argilosa
PA1	Argissolo Amarelo típico textura média/argilosa
PA2	Argissolo Amarelo raso textura média/argilosa
PV1	Argissolo Vermelho típico textura arenosa/média
PV2	Argissolo Vermelho típico textura arenosa/média cascalhento/pedregoso
PV3	Argissolo Vermelho típico textura média/argilosa
PV4	Argissolo Vermelho típico textura média/argilosa cascalhento/pedregoso
PVA1	Argissolo Vermelho-Amarelo típico textura arenosa/média
PVA2	Argissolo Vermelho-Amarelo típico textura média/argilosa
PVA3	Argissolo Vermelho-Amarelo típico textura média/argilosa cascalhento/pedregoso
PVA4	Argissolo Vermelho-Amarelo espessarênico textura arenosa/média e arenosa/argilosa
RL	Neossolo Litólico típico textura arenosa/argilosa
RR	Neossolo Regolítico típico textura média
SX1	Planossolo Háplico típico textura arenosa/argilosa
SX2	Planossolo Háplico gleissólico textura arenosa/argilosa



**Figura 2.** Unidades de mapeamento de solos (A) e classes de relevo (B) para a área em estudo.

**Figure 2.** Soils mapping units (A) and relief classes (B) for the studied area.

Foram identificadas 51 unidades de mapeamento (UM) de solo e 9 classes no nível de subordem, sendo que a classe dos Cambissolos Háplicos (CX) é a de maior expressão geográfica ocupando 28% da área (Tabela 2). Os Argissolos Vermelhos (PV), Planossolos Háplicos (SX) e Ar-

gissolos Vermelho-Amarelos (PVAs) 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.** Classes de solos, fases de relevo, área de abrangência de cada unidade de solo (ha) e porcentagem da área mapeada.

**Table 2.** Soils classes, terrain relief phases, coverage area of each soils unit (ha) and percentage of the mapped area.

<b>Classe de solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% da área mapeada</b>
CH plano/suave ondulado	2,52	0,14
CH 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
GX1 plano/suave ondulado	8,48	0,46
GX1 ondulado	16,63	0,91
GX2 plano/suave ondulado	66,76	3,65
GX2 ondulado	44,29	2,42
PA1 plano/suave ondulado	42,85	2,34
PA1 ondulado	31,85	1,74
PA1 forte ondulado/montanhoso	4,27	0,23
PA2 plano/suave ondulado	12,24	0,67
PA2 ondulado	3,58	0,20
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/montanhoso	9,67	0,53
PV4 plano/suave ondulado	51,04	2,79
PV4 ondulado	58,11	3,18
PV4 forte ondulado/montanhoso	4,57	0,25
PVA1 plano/suave ondulado	64,64	3,53
PVA1 ondulado	43,88	2,40
PVA2 plano/suave ondulado	34,64	1,89
PVA2 ondulado	46,21	2,52
PVA3 plano/suave ondulado	29,66	1,62
PVA3 ondulado	46,17	2,52
PVA3 forte ondulado/montanhoso	8,83	0,48
PVA4 plano/suave ondulado	13,37	0,73
PVA4 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/montanhoso	2,89	0,16

Variações locais, associadas ao solo, ao clima, à litoestrutura, à topografia e à hidrologia, formam sítios com diferentes potenciais produtivos (COSTA *et al.*, 2002). Sendo a cultura do eucalipto extremamente sensível à deficiência de oxigênio (CURI, 2000), principalmente no estágio inicial de desenvolvimento da cultura (menor bombeamento de água), numa região úmida sem estiagem, como a do presente estudo, a identificação de atributos que se relacionam diretamente com o acúmulo e retenção de água no solo são de fundamental importância para o manejo da cultura e estimativa de produtividade.

A fim de estratificar o ambiente quanto à potencialidade em apresentar deficiência de oxigênio, foram definidas cinco classes de risco à anoxia para a cultura do eucalipto com índices variando de muito baixo a muito alto. Na Figura 1 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.

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. Compreende 36% da área e é composta pelas unidades de solos PV1, PV2, PV3, PV4, PVA3, PVA1, PVA2 e PVA4, independentemente das classes de relevo.

Os Argissolos Amarelos (PA) apresentam menor permeabilidade que os PVs e PVAs, expressa pela cor do solo. Entretanto, em condições de relevo mais movimentado, tornam-se sistemas mais abertos, favorecendo a perda de água e/ou de nutrientes em detrimento ao acúmulo, apresentando, nessas condições, um baixo risco de anoxia à cultura do eucalipto.

Na classe de risco “baixo”, incluem-se ainda as unidades dos Cambissolos Húmicos em relevo plano a ondulado, Cambissolos Háplicos ondulados a forte ondulados/montanhosos e

Neossolos Litólicos e Regolíticos 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 são sujeitos a encrostamento (impermeabilização superficial). Representa 12% da área e nela estão incluídas as unidades dos Argissolos Amarelos (PA1) e Cambissolos Háplicos (CX) em relevo plano/suave ondulado. Nestas condições de relevo os Argissolos Amarelos (PA1), devido à restrição de drenagem, tornam-se ambientes mais fechados e sujeitos a inundações em períodos de chuvas contínuas, muito comuns na região. Os Cambissolos Háplicos devido ao maior teor de silte tendem a formar uma camada de impedimento em profundidade, reduzindo a permeabilidade e aumentando o risco de deficiência de oxigênio à cultura.

Os riscos de anoxia 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 Regolíticos planos/suave ondulados podem apresentar riscos altos de anoxia para o eucalipto na região em estudo. Segundo Resende *et al.* (1988), a mesma profundidade do solo até a rocha consolidada pode significar numa região mais seca, muita falta de água, e numa mais úmida do ponto de vista da planta, falta de oxigênio. Por isso é importante a interpretação em nível local e de forma conjunta dos vários fatores que podem interferir no desenvolvimento das culturas. Os Argissolos Amarelos rasos (PA2) apresentam uma redução de permeabilidade à água devido à textura argilosa no horizonte B, que associada à menor profundidade efetiva às condições de relevo mais plano favorece o acúmulo de água no solo e a falta de oxigenação nas raízes, sendo, nessas condições, 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.

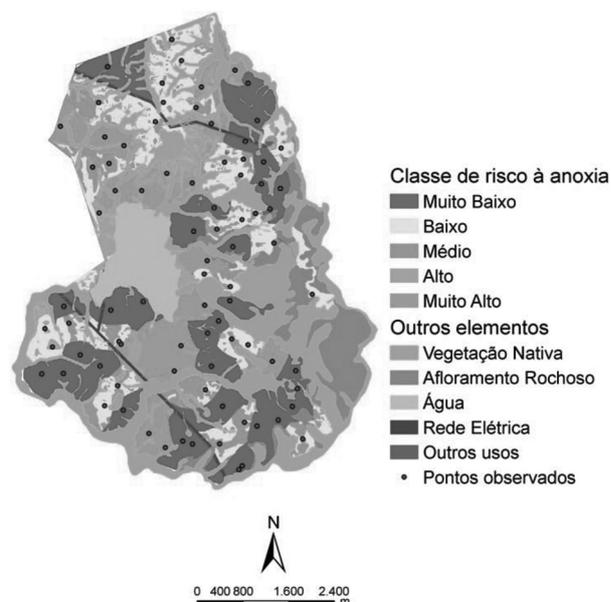
**Tabela 3.** Risco de anoxia para a área de estudo em função das unidades de solo.

**Table 3.** Anoxic risk for the studied area as a function of the soils units.

Unidades de mapeamento de solos	Risco de anoxia	Área (ha)	% da área mapeada
PV1, PV2, PV3, PV4, PVA1, PVA2, PVA3 e PVA4 plano/suave ondulado, ondulado, forte ondulado/montanhoso	Muito baixo	659,53	36,04
CH plano/suave ondulado e ondulado, CX1, CX2, CX3, CX4 e PA1 ondulado e forte ondulado/montanhoso e PA2, RR e RL ondulados	Baixo	425,88	23,27
CX1, CX2, CX3 e CX4 e PA1 plano/suave ondulado	Médio	219,14	11,97
PA2, RR e RL plano/suave ondulado, SX1 ondulado e SX2 ondulado e forte ondulado/montanhoso	Alto	155,99	8,52
GX1 e GX2 plano/suave ondulado a ondulado, SX1 e SX2 plano/suave ondulado	Muito alto	369,56	20,19

Os Planossolos Háplicos são solos que apresentam um aumento abrupto no teor de argila do horizonte A para o B, implicando numa redução acentuada da permeabilidade neste último. 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 suscetibilidade à anoxia do que aqueles 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-se o fator crítico para o desenvolvimento do eucalipto. Desta forma, a classe de risco muito alto à anoxia, que representa 20% da área mapeada, compreende as unidades dos Planossolos Háplicos em relevo plano/suave ondulado e dos Gleissolos Háplicos planos a ondulados.

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



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

**Figure 3.** Anoxic risk classes for eucalyptus in the studied area.

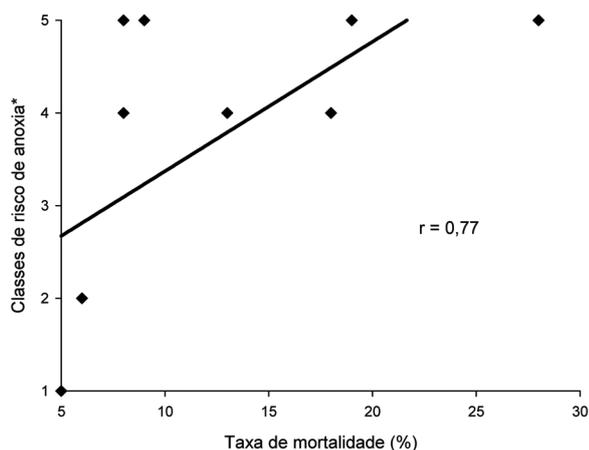
Com base na taxa de mortalidade do eucalipto aos 60 dias de implantação da cultura, foi possível validar a classificação quanto ao risco de anoxia (Tabela 4), para aquelas classes de solos onde tal fenômeno foi identificado. Observa-se que, de forma geral, as maiores taxas de mortalidade correspondem aos talhões classificados como de risco alto e muito alto à anoxia e, as menores taxas obtidas para áreas que apresentam risco muito baixo, o que pode ser observado pela correlação positiva ( $r = 0,77$ ) entre as taxas de mortalidade e classes de risco à anoxia (Figura 4).

Variações na taxa de mortalidade, para 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 do eucalipto e unidades de mapeamento de solo para a área em estudo.

**Table 4.** *Eucalyptus* mortality rate and soil mapping units for the studied area.

Unidade de mapeamento de solo	Mortalidade (%)	Classe de risco de anoxia
SX1 plano/suave ondulado	28	Muito alto
SX2 plano/suave ondulado	19	Muito alto
GX1 plano/suave ondulado	19	Muito alto
RR plano/suave ondulado	18	Alto
PA1 plano/suave ondulado	13	Alto
GX1 plano/suave ondulado	9	Muito alto
SX1 plano/suave ondulado	8	Muito alto
RR plano/suave ondulado	8	Alto
CX2 ondulado	6	Baixo
PV3 ondulado	5	Muito baixo
PVA3 ondulado	5	Muito baixo



**Figura 4.** 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.

**Figure 4.** Spearman correlation for mortality rates and anoxic risk classes. \*The classes 1,2,3,4 and 5 refer, respectively, to the anoxic risk classes very low, low, mean, high and very high.

## CONCLUSÕES

As maiores taxas de mortalidade do eucalipto, de forma geral, ocorreram nas classes de solos classificadas como de risco alto a muito alto à anoxia. Essa classificação pode ser utilizada para nortear as práticas de manejo para a cultura do eucalipto.

A classe de solo no contexto da paisagem local, por integrar inúmeros atributos, funciona como estratificadora adequada de ambientes no tocante ao risco à anoxia.

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

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CORRÊA NETO, T.A.; ANJOS, L.H.; PEREIRA, M.G.; AMORIM, H.B.; JACCOUD, C.F.S. Atributos edafambientais 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, A.M. **Levantamento de solos, interpretação para 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, 2008.

COSTA, L.M.; 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.M.; STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos para 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: 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: EMBRAPA-CNPS, 2000. p.70-80. (Boletim de pesquisa, 1).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 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: Embrapa CNPS, 2006. 306p.

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

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

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.

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. (Eds.) **Carta geológica do Brasil ao milionésimo, sistema de informações geográficas, programa geologia do Brasil**. Brasília: CPRM, 2004. (CD-ROM).

RESENDE, M.; SANTANA, D. P.; CURI, N. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Lavras: Esal, 1988. 81p.

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, 2008. 222p.

Recebido em 13/07/2008

Aceito para publicação em 17/08/2009

