

## Relações entre a altura dominante do *Eucalyptus dunnii* com as propriedades químicas de alguns solos na Depressão Central do RS <sup>(1)</sup>.

**Cedinara Arruda Santana Morales<sup>(2)</sup>; Pedro Henrique Rodrigues Borges<sup>(3)</sup>; Bruno Pimentel Morales<sup>(4)</sup>; José Miguel Reichert<sup>(5)</sup>; Eloi Paulus<sup>(2)</sup>; Bernardo Rodrigues da Silva<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Celulose Riograndense - CMPC.

<sup>(2)</sup> Engenheira (o) Florestal, doutoranda (o) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal; UFSM; cedinarasm@gmail.com <sup>(4)</sup> Engenheiro Florestal, MSc. em Engenharia Florestal; <sup>(5)</sup> Engenheiro Agrônomo, PhD, professor titular do Departamento de Solos; UFSM; <sup>(6)</sup> Acadêmico do curso de Agronomia; UFSM.

**RESUMO:** A presença de nutrientes é um dos aspectos fundamentais que garantem a boa qualidade dos solos. Visando a relevância teórico-científica desta questão, ao planejamento e às recomendações do manejo do solo em plantios florestais, em função de suas exigências edáficas, é que faz necessário tal estudo. Objetivou-se relacionar os parâmetros químicos do solo em diferentes sítios com a altura dominante do *Eucalyptus dunnii*, em áreas da Empresa Celulose Riograndense, localizadas na Depressão central do RS. Foram selecionados seis sítios com povoamentos clonais de *Eucalyptus dunnii*, considerando-se a variação dos atributos dendrométricos da floresta e a classe de solo. A amostragem do solo foi realizada através de amostras com estrutura não preservada e encaminhadas para análises químicas em laboratório. Neste estudo ficou evidente que os atributos químicos do solo não foram suficientes para gerar modelos para determinação da altura dominante, como variável dependente, nas demais camadas avaliadas, indicando a necessidade de relacionar os demais atributos do solo (morfológicos, físicos, químicos e biológicos) de maneira integrada.

**Termos de indexação:** Nutrição florestal, produtividade, fertilidade do solo.

### INTRODUÇÃO

Características químicas do solo que determinam os níveis da fertilidade podem ser usadas no estudo das relações sítio-planta. Todavia, devido às variações climáticas e às técnicas silviculturais a que os povoamentos estão sujeitos, deve-se ter bastante cuidado nestas interpretações, pois a disponibilidade de nutrientes para as plantas é determinada tanto pela capacidade do solo de fornecer nutrientes, como pela capacidade da planta em utilizá-los (Brun, 1979). No que tange aos aspectos do solo a interação entre nutrientes, solo e raízes é mais complexa, pois os processos de movimentação dependem do teor de água no solo além de sua disponibilidade no solo. A interação entre as raízes finas também esta ligada a

densidade do solo, pois a maior densidade requer maior concentração de nutrientes na solução para satisfazer a demanda das árvores (Ribeiro et al., 1987). Para a boa nutrição das árvores é necessário balancear a sua demanda com a oferta de nutrientes, no tempo e no espaço, tarefa muito difícil em ciclos curtos (Barros et. al. 2000).

Diante do exposto objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo em diferentes sítios de crescimento com a altura dominante de *Eucalyptus dunnii*.

### MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em áreas da região Central do estado Rio Grande do Sul nos municípios de Santa Margarida do Sul, São Gabriel e Vila Nova do Sul, destinadas ao cultivo de *Eucalyptus dunnii* Maiden, pertencente à empresa Celulose Riograndense.

As classes de solo estudadas foram classificadas, conforme critérios preconizados no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (Embrapa, 2006), como Argissolo Bruno Acinzentado Distrófico abruptico (PBACd), Argissolo Vermelho Distrófico típico (PVd), Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd), Luvisolo Crômico ortico típico (TCo) e Neossolo Regolítico Distrófico típico (RRd) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Perfis, classe de solo das áreas em estudo e dados dendrométricos dos povoamentos de *Eucalyptus dunnii*.

Perfil	Classe Solo	H100 (m)	IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>1</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
1	PBACd	25,6	45	278,2
2	PVd	25,8	45	278
3	PAd	25,9	45,5	277,2
4	TCo	23,9	33,8	205,7
5	TCo	26,9	43,1	262,3
6	RRd	21,1	31,5	192,1
	Média	24,9	40,7	248,9
	CV (%)	8,4	15,5	15,8

O clima da região, segundo Köppen, é classificado como subtropical úmido (Cfa), com

chuva bem distribuída durante o ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Os sítios foram selecionados, considerando-se a variação dos atributos dendrométricos, produtividade da floresta e a classe de solo. Assim, foram selecionados seis sítios com povoamentos clonais de *Eucalyptus dunnii*, no primeiro ciclo de plantio e com densidade inicial de 1333 plantas.

Para as avaliações dendrométricas foi realizado um inventário, onde foram selecionadas parcelas circulares de 400 m<sup>2</sup> sendo mensuradas todas as circunferências a altura do peito (CAP) dos indivíduos vivos e a altura das quatro árvores dominantes (H100). Para a definição das classes de produtividade, escolheu-se como indicador a altura dominante uma vez que essas apresentam alta correlação com volume e IMA (incremento médio anual).

Após a escolha e medição das parcelas procederam-se aberturas das trincheiras. Posteriormente realizou-se nova classificação do solo, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Embrapa, 2006).

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

Para as determinações das propriedades químicas do solo, foi realizada a análise de pH em água, C, P, K, Ca, Mg, S, Cu, B, Zn e Al. Estas determinações químicas seguiram a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). O P e K disponíveis foram obtidos pelo extrator de Mehlich.

A análise estatística dos dados foi feita através de regressão. No entanto, primeiramente foram realizados alguns procedimentos para verificar se as variáveis independentes atendem aos condicionantes da regressão através do programa SAS. Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk a fim de verificar a normalidade da distribuição em cada camada avaliada. Após a verificação dos condicionantes de regressão foi realizada a modelagem de regressão através procedimento de regressão stepwise.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise química do solo (Tabela 3), observou-se que o pH H<sub>2</sub>O do solo variou de 3,2 a 6. Valores estes classificados segundo, a Embrapa (2006), como praticamente neutro (6,6 a 7,3), moderadamente ácido (6,5 a 5,4), fortemente ácido (4,3 a 5,3) e extremamente ácido (<4,3). Na maioria dos perfis e das profundidades o pH H<sub>2</sub>O variou de moderadamente ácidos a fortemente ácidos. A maioria das espécies de *Eucalyptus* utilizadas no Brasil tem mostrado tolerância ao alumínio (Silveira, 2008).

A maioria dos perfis avaliados neste estudo apresenta alta saturação por Al<sup>3+</sup>. Dos perfis analisados somente os Luvisolos (P4 e P5) possuem baixa saturação por Al<sup>3+</sup> (<20 %). A capacidade de troca de cátions (CTC<sub>ph7</sub>) variou de 7,8 (baixa) a 29,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (alta).

Os teores de matéria orgânica geralmente diminuíram com a profundidade. Os maiores teores de MO encontrados foram nas camadas superficiais do solo (> 25 g kg<sup>-1</sup>). Os teores mais altos foram observados nos perfis P4 e P5 (Tco). Nestes sítios a ciclagem de nutrientes parecer ser mais dinâmica e eficiente, ocasionando assim um aumento dos teores de matéria orgânica do solo.

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

Com relação aos teores de P verifica-se que estes apresentaram variação entre os perfis e entre as camadas do solo. Os valores de P variaram de 0,7 a 11,8 mg dm<sup>-3</sup>, com maiores teores nos horizontes superficiais. Para Silveira & Gava (2004), os reflorestamentos no Brasil, têm se concentrado, em solos com baixa reserva de nutrientes e acidez elevada. Para estes autores, os solos florestais apresentam baixo teor de fósforo disponível e capacidade de adsorção e precipitação de fósforo, uma vez que são extremamente ácidos e com altos teores de Al trocáveis. No entanto, neste estudo os teores de P variaram de muito baixo a muito alto entre os perfis e suas respectivas camadas.

Os teores de S variaram de 4 a 18 mg dm<sup>-3</sup>, apresentando na maioria das camadas valores altos (> 5 mg dm<sup>-3</sup>). Já os teores de K variaram de 36 a 300 mg dm<sup>-3</sup>, apresentando maiores teores nos camadas superficiais (0-5cm e 5-10 cm) em todos os solos e variando nas demais profundidades.

Quanto aos níveis de Ca trocável, variaram de 0,23 a 20,24 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Conforme a classificação proposta pela Comissão de fertilidade do solo (2004), o Ca pode ser classificado como baixo (<2,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), médio (2,1 a 4,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e alto (>4,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>). Os solos que apresentaram os maiores teores de Ca superficial foram os Luvisolos (P 4 e P5), no entanto ao P5 ainda se destaca pelo teor de Ca nas demais camadas. Nos demais perfis existem variações entre as camadas independente da profundidade.

Quanto ao Mg trocável variou entre baixo, médio e alto (<0,5, 0,6 a 1,0 e > 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente) e o Ca mais Mg, estes são classificados como baixos (<0,5 e <2,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente). Observa-se que os teores de Mg variaram de 0,11 a 8,98 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, sendo os



maiores teores apresentados no Luvisssolos. Os teores de Zn no solo diminuíram com a profundidade em todos os perfis. Estes teores variaram de 7,89 a 0,16 mg dm<sup>-3</sup>. As camadas superficiais (0 a 5 cm e 5 a 10 cm), apresentaram altos teores de Zn. Na maioria dos perfis e camadas os teores variam de alto (> 0,5 mg dm<sup>-3</sup>) a médio (0,2 - 0,5 mg dm<sup>-3</sup>). Somente no perfil P1 na camada de 40-60 cm apresentou teor baixo (< 0,2 mg dm<sup>-3</sup>), conforme a Comissão de fertilidade do solo (2004).

No entanto, a maioria dos modelos gerados pelo método de regressão stepwise nas diferentes classes avaliadas mostraram pouco sensibilidade para a determinação da altura dominante quando considerados somente os atributos químicos do solo. Entretanto, somente o modelo da camada de 40 a 60 cm foi significativo (Tabela 2). A variável independente boro apresentou relação negativa com a H100 na camada de 40 a 60 cm, o que denota a alta demanda deste nutriente pela planta e sua baixa mobilidade nas árvores, o que podem causar um desequilíbrio na ciclagem de nutrientes.

### CONCLUSÕES

As classes de solos estudadas apresentam diferenças quanto sua fertilidade. No entanto, os modelos baseados nos atributos químicos apresentaram capacidade preditiva, com alta significância, somente na camada de 40 a 60 cm.

Neste estudo ficou evidente que os atributos químicos do solo não foram suficientes para gerar modelos para determinação da altura dominante, como variável dependente, nas demais camadas avaliadas, indicando a necessidade de relacionar os demais atributos do solo (morfológicos, físicos, químicos e biológicos) de maneira integrada.

### AGRADECIMENTOS

A empresa Celulose Riograndense que cedeu às áreas experimentais e forneceu recursos materiais e recursos humanos para os trabalhos de campo.

### REFERÊNCIAS

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

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

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO –RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA – Embrapa produção de Informação, 2006, 412 p.

RIBEIRO, M.A.V.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Response of eucalypt to phosphorus rate applied to soils with different densities. In: INFRO. Management of water and nutrient relations to increase forest growth – seminar. Camberra, IUFRO Division, 1987.

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

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

**Tabela 2.** Equações de regressão múltipla selecionadas por camada de solo para *Eucalyptus dunnii*.

Camadas	Equações <i>E. dunnii</i>	R <sup>2</sup>	Syx	p (%)
40 - 60	H100 = 21,4+0,24 CTCph7+2,29 Cu – 9,53 Boro	0,99	0,29	0,001

\*Os valores entre parênteses nas equações indicam o coeficiente de determinação.

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

Classe solo	Prof. (cm)	pH H <sub>2</sub> O	M.O (%)	P	S	K	Saturação (%)		Ca	Mg	Al	CTC <sub>pH7</sub>	Zn	Cu	B
							V	Al							
				mg dm <sup>-3</sup>					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>			
PBACd	0-05	4,5	3,6	6,8	15,0	176	21	31	1,88	0,54	1,3	13,8	2,31	1,50	0,5
	05-10	4,3	2,7	3,7	18,0	156	16	47	1,10	0,39	1,7	11,6	0,95	1,40	0,6
	10-20	4,4	1,8	3,0	16,0	120	16	49	1,39	0,69	2,3	14,7	0,35	2,51	0,5
	20-40	4,7	1,8	2,2	14,0	120	21	48	1,67	0,60	2,4	12,3	0,20	2,42	0,1
	40-60	4,8	1,5	2,2	11,0	200	28	38	2,29	0,67	2,1	12,2	0,16	1,73	0,1
	60-80	4,4	1,5	1,5	7,0	236	31	32	2,64	0,68	1,8	12,6	1,08	1,19	0,3
	80-100	4,6	0,9	1,5	13,0	164	28	31	2,27	0,70	1,5	12,1	0,65	0,79	0,3
PVd	0-05	4,9	3,4	6,0	10,2	280	36	11	2,32	0,83	0,5	10,8	1,54	0,62	0,4
	05-10	4	2,1	3,7	15,0	192	15	61	0,67	0,39	2,3	10,2	0,95	0,98	0,4
	10-20	4,4	1,8	3,0	12,5	144	7	76	0,23	0,36	3,1	13,3	0,48	1,76	0,2
	20-40	3,8	1,9	0,7	15,0	140	5	84	0,46	0,11	4,7	20,3	0,27	1,09	0,3
	40-60	4,4	1,3	1,5	12,0	152	6	74	1,09	0,15	4,6	26,0	0,23	1,15	0,3
	60-80	4,6	0,9	1,5	10,3	76	13	64	1,62	0,23	3,5	15,7	0,38	0,91	0,3
	80-100	4,5	0,5	1,5	12,0	60	14	64	1,19	0,25	2,9	11,3	0,34	1,02	0,4
PAd	0-05	4,1	2,6	11,8	15,0	156	18	44	1,39	0,37	1,7	11,9	1,42	0,78	0,2
	05-10	4,1	2	6,8	14,0	132	10	63	0,82	0,18	2,2	13,6	0,93	1,11	0,2
	10-20	4,0	1,6	5,3	15,0	120	9	65	0,72	0,38	2,6	15,1	0,84	1,82	0,4
	20-40	3,9	1,2	3,0	10,3	92	8	72	0,56	0,34	2,8	14,8	0,49	1,53	0,1
	40-60	4,2	1	3,7	10,3	96	9	66	1,02	0,32	3,1	17,0	0,37	1,66	0,1
	60-80	4,2	1	2,2	9,7	108	10	64	1,02	0,27	2,8	15,3	0,22	1,66	0,2
	80-100	4,0	0,9	2,2	10,8	120	10	60	1,23	0,54	3,2	21,5	0,33	1,51	0,5
TCo	0-05	6	6,9	6,8	6,3	256	93	0	14,82	3,85	0	20,7	4,16	0,66	0,3
	05-10	5,6	4,2	3,7	8,6	300	70	0	9,01	3,37	0	18,7	1,84	1,51	0,3
	10-20	5,1	2,3	4,5	6,6	148	50	4	5,14	2,03	0,3	15,2	1,66	2,75	0,5
	20-40	4,4	1,4	3,7	6,3	84	53	9	4,01	2,07	0,6	11,8	1,46	2,75	0,2
	40-60	5,1	0,9	3,0	4,5	52	56	11	3,46	2,09	0,7	10,1	1,21	2,09	0,3
	60-80	5,3	0,4	3,0	4,0	36	69	8	3,57	3,08	0,6	9,8	1,48	2,22	0,1
	80-100	5	0,4	3,0	7,0	48	73	6	5,44	4,73	0,7	14,2	1,70	2,75	0,6
TCo	0-05	5,3	6,6	7,6	10,1	220	70	1	13,94	5,61	0,2	28,8	7,89	1,17	0,1
	05-10	5,4	5	3,0	10,3	60	76	1	14,45	6,79	0,2	28,3	2,13	1,49	0,1
	10-20	4,7	4,8	4,5	11,0	76	67	1	15,16	4,72	0,2	29,8	2,99	1,99	0,3
	20-40	5,4	4,6	4,5	7,5	56	74	1	16,93	4,99	0,1	29,8	2,14	2,11	0,6
	40-60	5,5	1,8	3,7	6,0	44	85	0	13,11	6,64	0	23,4	1,25	2,19	0,3
	60-80	5,6	1,3	4,5	9,0	48	88	0	16,77	7,94	0	28,3	1,84	2,27	0,2
	80-100	6	0,6	6,0	5,3	56	94	0	20,24	8,98	0	31,1	3,02	1,96	0,3
RRd	0-05	5,3	2,4	5,3	10,0	208	55	4	2,68	1,07	0,2	7,8	1,41	0,47	0,4
	05-10	4,6	2,3	3,0	5,3	204	29	35	1,47	0,80	1,5	9,7	0,97	0,49	0,5
	10-20	3,2	1,6	3,0	12,0	92	13	62	0,72	0,43	2,3	11,1	0,50	0,76	0,5
	20-40	4,1	1,4	3,0	13,0	88	11	62	0,94	0,47	2,6	15,3	0,31	0,80	0,2
	40-60	4,3	1	2,2	10,6	128	14	61	1,28	0,56	3,4	15,9	0,39	1,08	0,5
	60-80	4,5	0,7	2,2	12,0	100	10	64	1,18	0,50	3,3	19,2	0,46	1,30	0,3
	80-100	4,1	1,1	0,7	11,8	84	10	70	1,12	0,55	4,5	19,2	0,31	0,97	0,1