

## CRESCIMENTO INICIAL DE *Pinus taeda* L. RELACIONADO A DOSES DE N, P E K<sup>1</sup>

*Pinus taeda* L. INITIAL GROWTH RELATED TO N, P AND K FERTILIZERS

Hamilton Luiz Munari Vogel<sup>2</sup> Mauro Valdir Schumacher<sup>3</sup> Lindolfo Storck<sup>4</sup> Rudi Witschoreck<sup>5</sup>

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes doses de N, P e K no crescimento inicial de plantas de *Pinus taeda*, aos 19 meses de idade. O experimento localiza-se próximo do Município de Cambará do Sul, tendo como coordenadas UTM “centrais” 565125 E e 6777386 N. O solo da região é classificado como Cambissolo Humico alumínico típico, textura argilosa. A metodologia estatística utilizada foi a técnica do confundimento, para três fatores, com quatro níveis, totalizando 64 tratamentos, distribuídos em quatro blocos. Foram medidas as seguintes variáveis no campo: altura total, altura de copa, diâmetro à altura do colo e diâmetro de copa. Os resultados indicam que foi obtida resposta linear e quadrática significativa para o P, evidenciando a importância da aplicação desse nutriente no crescimento inicial das plantas de *Pinus taeda*, com máximo ganho em volume cilíndrico, nas doses de 64 e 87 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O respectivamente.

**Palavras-chaves:** crescimento inicial; adubação N, P e K; *Pinus taeda*.

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect N, P and K on the growth of young (19 month-old) *Pinus taeda*. The experiment took place near Cambará do Sul county, with UTM coordinates of 562125 E and 6777386 N. The statistical methodology was the confounding technique, for three factors, with four levels, totalizing 64 treatments, allocated in four blocks. The following variables were measured: total height, crown height, stem diameter and crown diameter. The results pointed out a significant linear quadratic effect for P, indicating that P fertilization is essential on the initial development of *Pinus taeda* plants, with a maximum cylindrical volume achieved at 64 and 87 kg ha<sup>-1</sup> doses of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O respectively.

**Key words:** initial growth; fertilizer N, P and K; *Pinus taeda*.

### INTRODUÇÃO

As espécies de *Pinus*, de um modo geral, são conhecidas como pouco exigentes em nutrientes, pois, normalmente, os plantios são realizados em sítios de baixa fertilidade, muitas vezes em condições bastante adversas para o desenvolvimento das espécies florestais nativas.

Em 1999, foram reflorestados, no Rio Grande do Sul, em torno de 136.800 ha de *Pinus* spp, superando as plantações de *Eucalyptus* spp no mesmo ano que foram de 115.900 ha. No País, a área plantada de *Pinus* spp ficou em torno de 1.840.000 ha, constituindo-se na segunda espécie mais plantada (Sociedade Brasileira de Silvicultura, em 2001), sendo que no ano de 2000, o PIB Florestal atingiu US\$ 21 bilhões, correspondendo a 4% do PIB Nacional, demonstrando a importância econômica da espécie. Em termos ambientais, essas plantações têm surtido grande efeito na redução da exploração predatória de matas nativas (Gonçalves e Valeri, 2001).

A adubação no momento do plantio de uma floresta, juntamente com outras técnicas silviculturais, garantirá um desenvolvimento satisfatório desta, com boa produtividade a longo prazo. Essa necessidade

1. Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS).
2. Engenheiro Florestal, Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). hamiltonvogel@yahoo.com.br
3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq. schuma@ccr.ufsm.br
4. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq
5. Engenheiro Florestal, Laboratório de Ecologia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). rwitschoreck@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 22/04/2002 e aceito em 10/06/2005.

decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um adequado crescimento (Gonçalves, 1995). Assim as características e quantidade de adubos a aplicar dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica.

Reissmann e Wisniewski (2000) relatam que as espécies de *Pinus* demonstram capacidade extraordinária de gerenciamento dos recursos nutricionais, em sítios de baixa fertilidade, sem, no entanto manifestar sintomas visuais de deficiência. Esses aspectos, embora positivos sob um determinado ponto de vista, geraram expectativa que se mostrou negativa no sentido do manejo nutricional dessas espécies. A rapidez de crescimento e ausência de sintomas de deficiência, especialmente durante as primeiras rotações, reforçaram a expectativa de que os *Pinus* spp de modo geral dispensariam grandes cuidados com a adubação, ou que esta fosse totalmente dispensável.

Conforme Barros *et al.* (2000), para se definir a fertilização mineral para qualquer cultura, há que se dimensionar a demanda de nutrientes da planta para atingir a produção esperada e a quantidade de nutrientes que pode ser suprida pelo solo. Quando a demanda da planta é maior do que o solo pode ofertar, fertilizantes devem ser adicionados para obter-se a produção esperada. De acordo com esses autores, a aplicação de fertilizantes requer a adoção de alguns critérios, como quais nutrientes aplicar, em que doses, épocas e modo de localização em relação à planta. Portanto, para a boa nutrição das árvores, tem-se que balancear a sua demanda com a oferta de nutrientes, no tempo e no espaço, constituindo tarefa bem mais difícil, comparado com as culturas de ciclo curto.

Novais *et al.* (1990) apontam que a fertilização mineral é uma das técnicas silviculturais que pode ser adotada, visando a elevar a produtividade florestal e reduzir o período de rotação. Porém a adubação florestal, com raras exceções, é realizada de modo praticamente empírico na qual uma única formulação N, P e K é utilizada, independente do tipo de solo, da espécie e da época de plantio.

Segundo Fernández *et al.* (2000), a aplicação de doses crescentes de N, P e K na implantação de *Pinus taeda* em solos "roxos" no norte de Corrientes, na Argentina, aos 34 meses de idade, resultou em diferenças significativas no DAP, altura total e volume, com relação às doses de nitrogênio e fósforo, não havendo resposta ao potássio. Os menores crescimentos ocorreram nos tratamentos em que se aplicou a maior dose de nitrogênio (100 g de uréia por planta), em ausência de fósforo e potássio.

Gonçalves (1995) recomenda que 20 a 40% das doses de N e K<sub>2</sub>O e 100% da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sejam aplicadas por ocasião do plantio, para espécies de *Pinus*. Alternativamente, para evitar que o P seja imobilizado no solo, sobretudo nos mais argilosos, é recomendado parcelar as aplicações de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Já para a adubação de cobertura, esse mesmo autor recomenda cerca de 60 a 80% das doses de N e K<sub>2</sub>O e opcionalmente, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Em razão do P ser limitante para a produtividade florestal, na maioria dos solos brasileiros, grandes doses de adubos fosfatados foram e são utilizados pelas empresas desse setor, de modo que hoje continua havendo resposta positiva à adubação fosfatada, mas não necessariamente como mais limitante. Uma vez que grandes quantidades de nutrientes são removidas do sítio pela colheita florestal, como por exemplo, o K e o Ca dos compartimentos lenho e casca respectivamente (Schumacher, 2000), dependendo das características desse sítio, esses nutrientes podem também ser considerados como limitantes a produtividade florestal.

Novais e Smith (1999) recomendam de uma maneira geral para o plantio de *Eucalyptus* spp., a aplicação sistemática de 20 a 25 g cova<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de uma fonte solúvel.

Na Austrália, a fertilização de florestas do gênero *Pinus* é particularmente importante durante a fase de estabelecimento, no plantio, em que o sistema radicular não está totalmente desenvolvido, sofrendo ocorrência das plantas daninhas e tipo de preparo do local (Flinn, 1985).

Nesse sentido, os estudos envolvendo adubação no campo tornam-se fundamentais, servindo de subsídio no entendimento da relação solo-planta, possibilitando maior inferência na formulação da dose a ser aplicada bem como o tipo de fertilizante, minimizando os problemas decorrentes da falta ou excesso de nutrientes nas plantas. Em sítios com melhor qualidade, essa adubação possivelmente permitirá bom

crescimento ao longo de todo o ciclo. Porém em sítios de baixa fertilidade, normalmente mais freqüentes, após alguns anos, o crescimento reduz-se, chegando a ser nulo em alguns casos.

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes doses de N, P e K no crescimento inicial, de plantas de *Pinus taeda*, aos 19 meses de idade.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo situa-se próxima ao município de Cambará do Sul e pertence à empresa Reflorestadores Unidos S.A., localizada na fazenda Fundo Grande (Talhão 1), distante 39 km do município de Cambará do Sul; tendo como coordenadas UTM 583000 E e 6786300 N, no nordeste do estado do Rio Grande do Sul, na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra. O local do experimento tem como coordenadas UTM “centrais” 565125 E e 6777386 N, com altitude média de 890 m. O tipo de clima fundamental dominante segundo o sistema de Köppen, é o Cfb1 temperado úmido (Moreno, 1961). A temperatura e a precipitação média anual são de 14,4°C e 2.468 mm respectivamente (Brasil, 1973). O relevo caracteriza-se por apresentar coxilhas alongadas com declives suaves na região de Vacaria e coxilhas com declives curtos na região de Bom Jesus e São Francisco de Paula (Brasil, 1973). Os tipos de vegetação que ocorrem naturalmente na região são predominantemente campos; em segundo floresta tropical pluvial seguida de floresta de araucária, localizada mais na parte ocidental da região e também capões de floresta mista (Hueck, 1972). Antes da implantação do experimento, no local do estudo, a área destinava-se ao pastoreio. O solo da região segundo a classificação brasileira atual é Cambissolo Húmico alumínico típico (Streck *et al.*, 1999), textura argilosa, relevo ondulado e forte ondulado, substrato basalto, pertencente à Unidade de Mapeamento Bom Jesus, sendo moderadamente drenados, com cores bruno-escuras a bruno-avermelhadas, argilosos, friáveis e desenvolvidos com base em rochas basálticas. São solos fortemente ácidos, com saturação e soma de bases baixas e teores altos de alumínio trocável e matéria orgânica (Brasil, 1973).

Na Tabela 1, observa-se o valor médio das características do solo da área experimental, no momento da instalação da pesquisa.

TABELA 1: Valores médios das características do solo por ocasião da instalação do experimento.

TABLE 1: Mean values of the soil characteristics during the experiment installation.

Características do solo	Valores
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	470,0
pH (H <sub>2</sub> O)	4,5
Fósforo disponível (mg kg <sup>-1</sup> ) (Extrator Mehlich 1)	1,5
Potássio disponível (mg kg <sup>-1</sup> ) (Extrator Mehlich 1)	49,0
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	34,0
Alumínio trocável (cmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	4,3
Al+H (cmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	12,7
Cálcio trocável (cmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	0,7
Magnésio trocável (cmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	0,5
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	5,6
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> l <sup>-1</sup> )	13,9
Saturação por bases (V%)	9,5
Saturação por alumínio (m%)	77,0
Cobre disponível (mg kg <sup>-1</sup> )	3,9
Zinco disponível (mg kg <sup>-1</sup> )	2,1
Ferro disponível (mg kg <sup>-1</sup> )	42,9
Manganês trocável (mg kg <sup>-1</sup> )	48,1

Foram usados no experimento quatro doses de N (0; 50; 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, correspondendo a 0; 108,7; 217,4 e 326,1 kg de Uréia ha<sup>-1</sup>), quatro doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0; 60; 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>, correspondendo a 0; 162,2; 324,3 e 486,5 kg de Superfosfato triplo ha<sup>-1</sup>), e, quatro doses de K<sub>2</sub>O (0; 40; 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, correspondendo a 0; 66,7; 133,3 e 200,0 kg de Cloreto de potássio ha<sup>-1</sup>).

Os 64 tratamentos, resultantes da combinação dos quatro níveis de N, quatro níveis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e quatro

níveis de  $K_2O$ , foram divididos em quatro blocos usando o critério do confundimento de três graus de liberdade da interação tripla. Cada unidade experimental (U.E.) possui área de 300 m<sup>2</sup> (15 m x 20 m), sendo 19.200 m<sup>2</sup> (300 m<sup>2</sup> x 64 U.E.) de área experimental total. O espaçamento de plantio utilizado foi de 3 m x 2 m, com preparo do solo tipo escarificação com uma haste na linha a 35 cm de profundidade.

A implantação do experimento foi realizada em agosto de 1999, sendo utilizadas sementes clonais de primeira geração de *Pinus taeda*, com origem da Rigesa (Três Barras/SC). As mudas foram produzidas em tubetes (50 cm<sup>3</sup>), com altura de 25 cm, pela empresa Tecnoplanta (Guaíba/RS).

O plantio foi realizado com cinquenta mudas de *Pinus taeda* por U.E., considerando-se úteis 24 plantas, centrais. Aos 45 dias do plantio, foi procedido o replantio. O adubo foi aplicado no plantio, na cova (dimensão de 30 cm x 30 cm) e incorporado manualmente com enxada antes do plantio. Não foi realizado nenhum tipo de controle das plantas daninhas, controlando-se apenas a formiga com iscas granuladas.

No mês de março de 2001, decorridos 19 meses da implantação do experimento, foram medidas as seguintes variáveis no campo: altura total, altura de copa, diâmetro à altura do colo e diâmetro de copa. A altura total e altura de copa foram obtidas com o auxílio de uma régua graduada, e o diâmetro de colo por um paquímetro. Considerou-se o primeiro galho vivo como início da altura de copa. Já o diâmetro de copa foi obtido pela média de dois diâmetros cruzados.

O volume cilíndrico foi calculado para cada planta pela fórmula  $V = G \times H$ , em que G a área basal e H a altura total, sendo o resultado expresso em cm<sup>3</sup> planta<sup>-1</sup>.

Para cada uma das variáveis avaliadas no experimento, foi ajustada a equação de superfície de resposta (Storck e Lopes, 1998) cujo modelo é:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_2x_2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_3x_3 + \beta_{33}x_3^2 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 + \varepsilon, \text{ em que:}$$

$x_1$  = dose de N variando de 0 a 150 kg ha<sup>-1</sup>;

$x_2$  = dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> variando de 0 a 180 kg ha<sup>-1</sup>;

$x_3$  = dose de KCl variando de 0 a 120 kg ha<sup>-1</sup>;

$\beta_0, \beta_1, \beta_{11}, \beta_2, \beta_{22}, \beta_3, \beta_{33}, \beta_{12}, \beta_{13}$  e  $\beta_{23}$  são os parâmetros da equação.

Obtendo as estimativas dos parâmetros, foi calculado o ponto crítico da função (combinação de N, P e K em que a resposta é máxima ou mínima), bem como a natureza do ponto (máximo, mínimo ou ponto de sela). As estimativas dos parâmetros foram obtidas com o uso do pacote estatístico Embrapa/NTIA (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, observam-se os resultados da análise de variância para as variáveis altura total (HT), altura de copa (HC), diâmetro de copa (DC), diâmetro à altura do colo (DAC) e o volume cilíndrico (VC).

TABELA 2: Graus de liberdade (GL) e quadrado médio (QM) para as variáveis dependentes: altura total (HT), altura de copa (HC), diâmetro de copa (DC), diâmetro à altura do colo (DAC) e volume cilíndrico (VC), em razão do modelo de superfície de resposta para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

TABLE 2: Degrees of freedom (GL) and mean squares (QM) of the dependant variables: total height (HT), crown height (HC), crown diameter (DC), diameter at root collar height (DAC) and cylindrical volume (VC), due to the surface response model to N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O.

FV	GL	Quadrado médio (QM)				
		HT	HC	DC	DAC	VC
		(m)			(cm)	(cm <sup>3</sup> planta <sup>-1</sup> )
Modelo	9	0,0696*	0,0541 <sup>ns</sup>	0,0152 <sup>ns</sup>	0,8598*	870012,2*
Resíduo	53	0,0316	0,0353	0,0078	0,2638	399955,7
Média		1,5	1,3	0,8	3,4	1680,4
CV		11,7	14,6	11,0	15,2	37,6

Em que: \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro; <sup>ns</sup> = não-significativo.

Nota-se que o coeficiente de variação é elevado para as variáveis medidas, possivelmente por causa da variabilidade da área experimental que, por ter parcelas grandes, resulta em grande área dentro de cada bloco. Conforme Garcia (1989), para *Pinus* spp., o coeficiente de variação em relação aos dados obtidos,

para a altura total (HT), diâmetro à altura do colo (DAC) e o volume cilíndrico (VC), é classificado como médio, alto e alto respectivamente, correspondendo a uma precisão média para a altura total, e baixa para o diâmetro da base e volume cilíndrico. Assim, com a precisão variando de média para baixa (não é muito baixa), os resultados sendo significativos, são também confiáveis.

As estimativas dos parâmetros das equações bem como os coeficientes de determinação para a variável dependente altura total, altura de copa, diâmetro de copa, diâmetro à altura do colo e volume cilíndrico estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3: Estimativas dos parâmetros do modelo de superfície de resposta e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as variáveis dependentes: altura total (HT), altura de copa (HC), diâmetro de copa (DC), diâmetro à altura do colo (DAC) e volume cilíndrico (VC), em função do modelo de superfície de resposta para N ( $x_1$ ),  $P_2O_5(x_2)$  e  $K_2O(x_3)$ .

TABLE 3: Parameters estimation to the surface response and coefficient of determination ( $R^2$ ) of the dependant variables: total height (HT), crown height (HC), crown diameter (DC), diameter at root collar height (DAC) and cylindrical volume (CV), in function of the surface response model to N( $x_1$ ),  $P_2O_5$  and  $K_2O(x_3)$ .

Par.	HT (m)	HC (m)	DC (m)	DAC (cm)	VC (cm <sup>3</sup> planta <sup>-1</sup> )
$\beta_0$	1,3895872*	1,1813617*	0,7805782*	3,4372211*	1449,8663*
$\beta_1$	-0,0006042	-0,0004607	-0,0006590	-0,0088020	-4,746076
$\beta_2$	0,0032279*	0,0028355*	0,0011713*	0,0090863*	11,679561*
$\beta_3$	0,0018301	0,0016437	0,0010619	0,0031273	3,613568
$\beta_{11}$	-0,0000057	-0,0000057	-0,0000015	0,0000095	-0,007570
$\beta_{22}$	-0,0000136*	-0,0000120*	-0,0000054*	-0,0000422*	-0,051233*
$\beta_{33}$	-0,0000051	-0,0000041	-0,0000057	-0,0000047	-0,005275
$\beta_{12}$	0,0000081	0,0000071	0,0000029	0,0000120	0,016839
$\beta_{13}$	0,0000022	0,0000012	0,0000017	0,0000125	0,007106
$\beta_{23}$	-0,0000080	-0,0000075	-0,0000016	-0,0000210	-0,019698
$R^2$	0,27	0,21	0,25	0,36	0,27

Em que: \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que não houve interações lineares entre as doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , para todas as variáveis. Entretanto foi obtido efeito linear e quadrático significativo para o fósforo, evidenciando a importância de sua adição no crescimento inicial das plantas de *Pinus taeda*, nessas condições. O fósforo no solo antes da instalação do experimento (Tabela 1) foi considerado limitante, conforme a Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (1994). A não-significância do nitrogênio deve-se, possivelmente, aos altos teores médios de matéria orgânica (34 g kg<sup>-1</sup>) e a sua variabilidade na área experimental. O potássio, apesar de baixo na média, não teve efeito das doses aplicadas.

Na Tabela 4, são apresentadas as doses estimadas de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , também conhecidas por ponto crítico. O ponto crítico é uma estimativa de máximo, mínimo ou ponto de sela para a função de resposta, com validade prática se estiver dentro dos limites das doses estudadas.

Valendo-se desses resultados, verifica-se para a variável altura total que a natureza do ponto crítico é de máximo, em que se obteve o máximo ganho em altura com as doses estimadas de 37,0, 96,8 e 111,9 kg ha<sup>-1</sup> para N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  respectivamente. De forma semelhante para a altura de copa, o máximo é obtido com 27,7, 88,2 e 123,1 kg ha<sup>-1</sup> de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  respectivamente. As doses estimadas de 37,0 e 27,7 kg ha<sup>-1</sup> de N, para as variáveis altura total e altura de copa, respectivamente, estão abaixo do nível 50 kg ha<sup>-1</sup> de N utilizado nesse trabalho, comprovando que a quantidade existente no solo desse nutriente é suficiente.

Uma vez que não foi realizado nenhum tipo de controle da matocompetição na área experimental, é provável que grande parte do N adicionado ao solo, tenha sido absorvido pelas plantas daninhas, influenciando os valores estimados para esse nutriente. Observou-se no local do experimento, grande crescimento das plantas daninhas, sobretudo em torno das plantas de *Pinus taeda* (os nutrientes foram aplicados diretamente na cova de plantio). Essa “imobilização temporária” dos nutrientes na biomassa das

plantas daninhas acarreta menor disponibilidade de nutrientes para a cultura, sendo eles liberados somente com a morte das plantas daninhas pelo fechamento das copas e, conseqüentemente, decomposição de sua biomassa, com liberação desses nutrientes. Flinn (1985) comenta que, em florestas do gênero *Pinus* spp. na Austrália, a fertilização é particularmente importante durante a fase de estabelecimento, após o plantio, no qual o sistema radicular não está totalmente desenvolvido, sofrendo influência das plantas daninhas e tipo de preparo do solo. Além disso, o alto teor de matéria orgânica nesse solo (em média 34 g kg<sup>-1</sup>), provavelmente influenciou esses resultados. Segundo Gonçalves (1995), em solos com teores de matéria orgânica acima de 40 g kg<sup>-1</sup>, para as espécies de *Pinus*, não se recomenda a aplicação de N.

TABELA 4: Ponto crítico e natureza do ponto crítico da superfície de resposta, para as variáveis independentes nitrogênio (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (K<sub>2</sub>O), em razão das variáveis dependentes: altura total (HT), altura de copa (HC), diâmetro de copa (DC), diâmetro à altura do colo (DAC) e volume cilíndrico (VC).

TABLE 4. Critical point and nature of the critical point from the surface response, of the independent variables nitrogen (N), phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and potassium (K<sub>2</sub>O), due to the dependant variables: total height (HT), crown height (HC), crown diameter (DC), diameter at root collar height (DAC) and cylindrical volume (VC).

Variável	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Natureza
HT	37,0	96,8	111,9	Ponto de máximo
HC	27,7	88,2	123,1	Ponto de máximo
DC	-116,6	67,5	66,0	Ponto de máximo
DAC	137,0	26,9	455,2	Ponto de sela
VC	-201,2	64,2	87,2	Ponto de máximo

A falta de resposta ao N parece estar ligada em especial à alta disponibilidade natural desse elemento no solo (que possui elevado teor de matéria orgânica).

Os autores Muniz *et al. apud* Carvalho *et al.* (1983) comentam que para as espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, aos 7 anos de idade, a adubação nitrogenada é prejudicial ao crescimento das plantas, em conseqüência do alto teor de matéria orgânica do solo. Além dos altos teores de matéria orgânica, os solos tinham elevado nitrogênio total, elevada acidez (pH 4,4), alta CTC, baixa saturação por bases, e baixo teor de fósforo. Esses autores comentam ainda que a adubação fosfatada teve efeito linear no crescimento das plantas, sobretudo, para o *Pinus taeda*.

Os solos da região deste estudo são ácidos e com alto teor de Al, constatados pela análise de solo (Tabela 1) (pH e Al médio em torno de 4,5 e 4,3 cmolc L<sup>-1</sup> respectivamente). Nessas condições, a mineralização do nitrogênio é mais lenta, porque a microbiota se encontra mais reduzida (Tsai *et al.*, 1992).

De acordo com Schumacher *et al.*, (1999) a matéria orgânica possui correlação positiva com o P, K, Ca, Mg, CTC e V%, como verificado em solos com alto teor de matéria orgânica e pH baixo, em região de altitude elevada. Logo, quanto maior o teor de matéria orgânica, maior o teor desses elementos no solo.

Woollons *et al.* (1995), para *Pinus radiata* na região de Tumut em New South Wales, aos 16 anos de idade, verificaram pequena resposta em área basal para a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, havendo maior resposta na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de N. Já para *Pinus taeda*, Schultz (1997), recomenda uma fertilização de 100 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, para um bom incremento de volume.

De modo geral (Tabela 4), foi obtida resposta positiva para o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, nas variáveis medidas, com exceção do diâmetro à altura do colo (DAC), em que se obteve um ponto de sela e um valor estimado fora das doses testadas para K<sub>2</sub>O.

Segundo Mello *et al.* (1983), a disponibilidade de fósforo é influenciada pela temperatura, uma vez que, em solos de regiões de clima quente, geralmente, fixam mais fósforo que os de regiões temperadas. Em regiões de clima quente e úmido, ocorre maior intemperismo, aumentando os óxidos de ferro e alumínio, logo ocorre maior fixação de fósforo. Para Schultz (1997), uma simples aplicação de 40 a 80 kg de P ha<sup>-1</sup> é geralmente adequada para um bom crescimento, em florestas de *Pinus taeda*, na Planície Litorânea, no Sudeste dos Estados Unidos.

Fife e Nambiar (1998), em povoamentos de *Pinus radiata*, plantados em areias podzólicas no sul da Austrália e Oeste de Victoria, em segunda rotação, verificaram resposta significativa em crescimento da área basal, três anos após a aplicação de 60 kg de P ha<sup>-1</sup>.

Molina *et al.* (1987), com o objetivo de determinar os efeitos do NPK no crescimento e sobrevivência do *Pinus maestrensis* no viveiro e no campo, verificaram que o fósforo desempenha o papel de maior importância no crescimento em altura e produção de matéria seca foliar bem como a sobrevivência, quando adicionado com o potássio.

## CONCLUSÕES

Os resultados preliminares indicam que foi obtida resposta linear e quadrática significativa para o P, evidenciando a importância da aplicação desse nutriente no crescimento inicial das plantas de *Pinus taeda*, com máximo ganho em volume cilíndrico, nas doses de 64 e 87 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O respectivamente.

A adubação com N não foi eficiente em plantas de *Pinus taeda*, aos 19 meses de idade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J.L.M. ; BENEDETTI, V. (Eds). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 135-165.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de pesquisa pedológica DNPEA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico n. 30).
- CARVALHO, J.G.; CASTRO, H.A.; YAMADA, I.; SPELTZ, G.E. Nutrição mineral de *Pinus*. In: HAAG, H.P. **Nutrição mineral de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Araucaria* e *Gmelina* no Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, 1983. p.71-134.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendação de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1994. 224 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura (Campinas, SP). **Ambiente de software NTIA**, versão 4.2.2.: manual do usuário – ferramental para geração de aplicativos. Campinas, 1997. Disquete 3<sup>1/2</sup>.
- FERNÁNDEZ, R.; RODRÍGUEZ ASPILLAGA, F.; LUPI, A.; LOPEZ, E.; PEZZUTTI, R.; CRECHI, E.; PAHR, N.; NATIUCK, M.; CORTEZ, P. **Respuesta del *Pinus taeda* y la *Araucaria angustifolia* a la adición de N, P y K en la implantación**. In: SILVOARGENTINA I, Governador Virasoro, Corrientes, 2000. 1 CD-Rom.
- FIFE, D.N. ; NAMBIAR, E.K.S. Response to phosphorus application of second rotation *Pinus radiata* on podsolised sands from planting to first thinning: implications for management. **Australian Forestry**, v. 62, p.109-119, 1998.
- FLINN, D.W. Practical aspects of the nutrition of exotic conifer plantations and native eucalypt forests in Australia. **Research for Forest Management**. Mel Bourne: CSIRO, 1985. 296 p.
- GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF-ESALQ, 1989. 12 p. (Circular técnica, 171)
- GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v.15, p.1-23, 1995.
- GONÇALVES, J.L.M. ; VALERI, S.V. Eucalipto e Pinus. In: FERREIRA, M.E. *et al.* (Eds.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, 2001. p. 13-41.
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. São Paulo: Polígono, 1972. 466 p.
- MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400 p.
- MOLINA, G.; HERRERO, G.; YERO, L.; SANCHEZ, J.; LOBAINA, B. Efecto de NPK sobre las posturas de *Pinus maestrensis* em viveiro y en campo. **Revista Florestal Baracoa**, v.17, n. 2, p.85-96, 1987.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Nutrição mineral do Eucalipto. In: BARROS, N. F. ; NOVAIS, R. F. (Eds). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-98.
- NOVAIS, R.F. ; SMYTH, T.J. Fósforo na planta. In: NOVAIS, R.F. ; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em**

**condições tropicais.** Viçosa: UFV, DPS, 1999. p.255-270

REISSMANN, C. B. ; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In: GONÇALVES, J.L.M., BENEDETTI, V. (Eds). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p. 135-165.

SCHULTZ, R. P. **The ecology and culture of Loblolly Pine (*Pinus taeda* L.).** New Orleans: Agricultural Handbook 713. U. S. Department of Agriculture, Forest Service Washington, D. C., p. 20-28, 1997.

SCHUMACHER, M.V.; HOPPE, J.M.; ZANCAN, V. **Caracterização física e química de um solo em uma área de campo nativo, destinada ao plantio de *Pinus taeda* L.** Santa Maria : UFSM, CCR, Dep. Ci. Fl., 1999. 37 p.

SCHUMACHER, M.V. **Impactos ambientales de la plantaciones de pinus e eucaliptos.** In: SILVOARGENTINA I, Governador Virasoro, Corrientes, 2000. 1 CD-Rom.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Disponível em: <[http://www.sbs.org.br/area\\_plantada.htm](http://www.sbs.org.br/area_plantada.htm)>. Acesso em : 1º ago.2001.

STORCK, L. ; LOPES, S.J. **Experimentação II.** Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 1998. 205 p.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; KLAMT, E. **Atualização da classificação taxonômica das unidades de mapeamento do levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 1999. v. 16. (Inf. EMATER-RS)

TSAI, S.M.; BARAIBAR, V.L.; ROMANI, V.L.M. Efeitos de fatores do solo. In: CARDOSO, *et al.* (coords.) **Microbiologia do solo.** Campinas: SBSC, 1992. p. 59-72.

WOOLLONS, R.C.; CRANE, W.J.B.; SNOWDEN, P. Responses to nitrogen, phosphorus and sulphur applications to a *Pinus radiata* stand in the Tumut region, New South Wales. **Australian Forestry**, v.58, n.3, p.135-141, 1995.