

CRESCIMENTO EM ALTURA PARA *Pinus elliottii* ENGELM ORIGINADO POR

DIFERENTES MÉTODOS DE REGENERAÇÃO EM CANELA, RS

GROWTH HEIGHT FOR *Pinus elliottii* ENGELM ORIGINATED FROM DIFFERENT

REGENERATION METHODS IN CANELA, RS

Maria Cristina Bueno Coelho¹ César Augusto Guimarães Finger²

RESUMO

Este trabalho teve por objetivos quantificar o crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm na região de Canela - RS, comparar o crescimento de árvores originadas de regeneração natural, e de mudas produzidas por regeneração artificial; descrever, através de funções matemáticas, o crescimento em altura da espécie segundo a origem da muda. O trabalho foi realizado na Agropecuária Fazenda do Ipê Ltda., localizado no município de Canela - RS, entre as coordenadas 29° 18' latitude Sul e 50° 53' longitude Oeste, clima do tipo Cfbj. Os pares de dados altura e idade foram obtidos através da análise de tronco, sendo as árvores amostras de cada tratamento tomadas entre a média e \pm um desvio padrão, tendo sido amostradas 10 árvores para tratamento saco plástico, 9 árvores para o tratamento regeneração natural e 11 árvores para o tratamento raiz nua. Através da análise estatística, pode-se concluir que o polinômio do segundo grau descreveu com maior precisão o crescimento de árvores, com 5 anos, originado de mudas produzidas em recipiente saco plástico, raiz nua e de regeneração natural. A comparação entre os tratamentos, feita pela análise de covariância, mostrou que a regeneração natural tem crescimento inicial maior, crescendo 21,85 % a mais que árvores originadas de mudas produzidas em recipientes do tipo saco plástico e 45,62 % mais que raiz nua.

Palavras-chave: Crescimento, altura, *Pinus elliottii*, regeneração.

1 Engenheira Florestal, M.Sc. em Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. CCR/UPSM. 97.119-900. Santa Maria. RS.

2 Engenheiro Florestal, Dr., Prof. Adjunto do Departamento de Ciências Florestais. CCR/UFSM. 97.119-900. Santa Maria. RS.

ABSTRACT

This work was aimed at quantifying the height growth of *Pinus elliottii* Engelm in the region of Canela - RS, comparing the growth of trees originated from natural regeneration and plants produced from artificial regeneration, and describing the height growth of the species according to the origin of the plants by means of mathematical functions. The work was accomplished at Agropecuária Fazenda do Ipê, situated in Canela, RS, between the coordinates 29° 18', southern latitude and 50° 53' western longitude, where dominates a Cfb₁-type climate. The height and age data pairs were obtained through the complete trunk analysis, being the sample-trees of each treatment taken between the average and the \pm pattern deviation. 10 trees for the plastic bag recipient treatment, 9 for the natural regeneration one, and 11 for the bare rooted one were sampled. Throughout statistical analysis, it could be concluded that a second-degree polynomial described with more precision the growth of 5-year-old trees, originated from plants produced in plastic bag recipient, bare root and natural regeneration. The comparison among the treatments, made by covariance analysis, showed that the natural regeneration has a greater initial growth. It was 21.85% greater than that one of trees originated by plants produced in plastic bag recipient and 45.62 % greater than that one bare rooted.

Key words: Growth, height, *Pinus elliottii*, regeneration.

INTRODUÇÃO

O crescimento é o resultado da atividade meristemática e tem como consequência o alongamento em altura (h) e engrossamento em diâmetro (d) de raízes, galhos e tronco, causando alterações no peso, volume e na forma das árvores (FINGER, 1992). Este crescimento é influenciado por fatores genéticos da espécie e por fatores ambientais, como clima, solo e relevo e, pelo método de produção das mudas, entre outros.

A implantação de povoamentos florestais no Brasil é feita, na maioria dos casos, de forma artificial, ou seja, por mudas produzidas em recipiente e, algumas vezes, de raiz nua. Estas formas de produção de mudas estão sendo investigadas quanto a alteração que podem produzir no sistema radicular das árvores, que inicialmente difere em profundidade e distribuição das raízes laterais, quando comparado com o sistema radicular de árvores originadas no próprio local, independente do seu sítio (JORGENSEN, 1968 & EERDEN, 1978).

Por outro lado, o gênero *Pinus*, desempenha um papel importante na

sucessão secundária seu habitat natural, sendo considerada uma espécie pioneira. Este comportamento ecológico também pode ser observado no Brasil, onde é possível encontrar a regeneração de *Pinus* nas mais diversas condições de sítio, em povoamentos plantados a mais de duas décadas, levando a suposição de que esta forma de regeneração seja uma alternativa de manejo silvicultural para a espécie (BRASSIOLO, 1988).

Desta forma, torna-se importante a descrição e quantificação do crescimento, de árvores oriundas de diferentes formas de regeneração, através de funções matemáticas, para que possam ser criadas alternativas de reposição compatíveis com o local e o objetivo da produção.

Diante disto, o trabalho teve pôr objetivo avaliar o crescimento de *Pinus elliottii* Engelm, originado de mudas proveniente de regeneração natural, recipiente de saco plástico, e raiz nua, buscando:

- a) Quantificar, o crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm na região de Canela, RS;
- b) Comparar as tendências de crescimento obtidas nas árvores de diferentes origens de mudas, nas diferentes idades amostradas;
- c) Descrever o crescimento em altura da espécie em cada tipo de regeneração, através de funções matemáticas;

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O gênero *Pinus*, um dos mais importantes entre as coníferas, compreende cerca de 95 espécies além de variedades e híbridos, A espécie *Pinus elliottii* Engelm, conhecido na região de origem como “Slash pine”, tem como área de distribuição geográfica natural o sudeste dos Estados Unidos, restringindo-se a altitudes de zero metros a 150 metros, entre os paralelos 28° N e 33° N. Em condições naturais esta espécie pode atingir altura entre 20 m e 40 m e diâmetro a altura do peito (DAP) de 60 em a 90 em, sendo que suas raízes podem atingir até 5 m de profundidade (LAMPRECHT, 1990).

Formas de regeneração florestal

As opções disponíveis para a implantação de povoamentos florestais são o plantio, regeneração natural e a semeadura direta.

A escolha do método de reposição vai depender de fatores, tais como: objetivos da produção, características do sítio e custos, associados com o sistema silvicultural a ser empregado. De acordo com a forma de regeneração florestal escolhida necessita-se de uma maior habilidade técnica e cuidados na aplicação, sendo este, o caso da regeneração

natural e semeadura direta, que necessitam de métodos de exploração e tratamentos culturais para garantir o seu sucesso (DOUGHERTY & DURYEA, 1990).

Regeneração natural

INOVE (1979), conceitua a regeneração natural de florestas como o processo autógeno de perpetuação de espécies arbóreas, sendo uma forma de reconstituir ou perpetuar povoamentos florestais através da disseminação natural de sementes.

Se ocorrer um adequado abastecimento de sementes de alta qualidade, este método torna-se uma alternativa prática e de baixo custo para o reflorestamento (BARNETT & BAKER, 1991). Em Lousiana, estudos foram feitos no sentido de determinar o número de árvores/acre a ser deixado para que se garanta uma boa semeadura para *Pinus elliottii*. Os resultados mostraram que 5 árvores/acre são necessárias para que seja garantido um bom desenvolvimento das mudas de regeneração natural, sem afetar seu crescimento (MANN & ENGHARDT, 1973; FEDUCCIA, 1978).

Com os objetivos de avaliar a densidade e distribuição de plantas em povoamentos jovens, obter parâmetros que descrevem seu estágio de desenvolvimento, avaliar algumas características que descrevam a qualidade das plantas, BRASSIOLO (1988) trabalhou em cinco áreas com regeneração natural de *Pinus elliottii*, sendo 4 sobre cobertura e uma a céu aberto, observando uma variação de 12.000 a 572.800 plantas/ha, as quais apresentaram uma densidade e distribuição das plantas jovens satisfatórias em todos os casos.

As principais vantagens da regeneração natural são segundo enumera MATEI (1993), o FO custo de implantação; não requer equipamentos pesados para o preparo do solo; os trabalhos são relativamente simples; provocam poucos distúrbios no solo; não ocorrem problemas com origem geográfica das sementes; não depende da disponibilidade de mudas em viveiro ou sementes beneficiadas; poucos problemas com insetos e doenças nos povoamentos estabelecidos. Para o autor podem ser consideradas desvantagens o pouco controle sobre o espaçamento e densidade inicial do povoamento; o novo povoamento não pode ser melhorado geneticamente; perda de incremento devido a presença de árvores porta-sementes; exigências de cortes pré-comerciais, freqüentemente produz um povoamento irregular pouco adequado a tratamentos mecanizados; às vezes requer cortes de limpeza no povoamento antecedente para assegurar a regeneração.

Regeneração artificial

As principais vantagens da regeneração artificial, segundo BARNETT & BAKER (1991) são: o bom controle sobre a densidade e espaçamento do povoamento, possibilidade de utilizar material genético superior, não depender da produção de sementes no local e época, poucas ações sobre o povoamento visando preparar a futura regeneração e permite a conversão de espécies.

Como principais desvantagens podem ser consideradas o alto custo de estabelecimento, utilização tensiva da mão-de-obra e equipamentos e problemas com insetos e doenças em algumas espécies.

A regeneração artificial pode ser feita por mudas ou por semeadura direta, sendo as mudas produzidas em recipientes ou em raiz nua. As mudas produzidas em raiz nua proporcionam geralmente uma posição desfavorável das raízes, pois as mesmas são transportadas para solos em condições diferentes, e muitas vezes menos favoráveis, causando um choque de transplante (CUNHA & NAGY, 1986).

O plantio de mudas produzidas em recipientes surge como uma alternativa em substituição ao plantio de raiz nua. Um estudo realizado na Flórida demonstrou que a preparação do sítio e técnicas de plantio reduzem a competição de raízes de *Pinus* plantados (PUTZ, 1992).

As vantagens das mudas produzidas em recipientes são: a melhoria no crescimento e sobrevivência inicial, estação de plantio estendida, ajuste do plantio com a época mais adequada (BALMER, 1974; HIAT & TINUS, 1974).

FERGUSON & MONSEN (1974) citam ainda que as mudas produzidas em embalagens tem menor choque no plantio do que as mudas de raiz nua gerando um plantio com maior uniformidade. Como desvantagens, citam os autores: a formação de sistemas radicais mal formados, que poderão usar sérios problemas ao desenvolvimento das mudas.

MATEI (1993), comparando a semeadura direta e plantio de mudas produzidas em recipientes (tubetes) na implantação de povoamentos de *Pinus taeda*, observou que o sistema radical das plantas originadas no local é bem distribuído horizontalmente e sem deformação de qualquer natureza, enquanto que o produzido por tubetes, além de apresentar distribuição horizontal deficiente, apresenta deformações morfológicas, que poderão comprometer o crescimento da futura árvore.

Funções de crescimento

O crescimento das plantas, tem, via de regra, um modelo comum, começando no ponto zero com um crescimento lento, passando a ser mais íngreme, até um ponto de inflexão, depois a curva diminui a ascendência e, aproxima-se assintoticamente do valor final. Para o ramo florestal, isto significa que o crescimento do volume, da altura, do diâmetro das árvores e de povoamentos podem ser descritos com o mesmo tipo de curva (SCHNEIDER, 1993).

Com o objetivo de quantificar o crescimento florestal na dependência do tempo, sítios e interferências técnicas e econômicas é que muitos pesquisadores se dedicam no estudo de funções matemáticas que possam descreve-lo, RICHARD'S (1959) tomou a função de BERTALANFFY (1957) aplicável a vegetais tendo descrita na seguinte forma:

$$Y = A(1 - b \cdot e^{-Kt})^{1/(1-m)} \quad (1)$$

Onde: Y = tamanho da variável na idade t; A= valor da assíntota; b, K, m = parâmetros.

A vantagem da função de Richards de acordo com FINGER (1992) refere-se a sua flexibilidade, adaptando-se bem ao desenvolvimento de diferentes variáveis dendrométricas e permitir uma interpretação lógica de seus parâmetros.

SELLE (1993) empregou este modelo, com três coeficientes, para descrever o sítio de *Pinus taeda* L., na região de Cambará do Sul, RS.

PRODAN (1968), propôs vários modelos para descrever o crescimento, os quais não apresentam ponto de inflexão, entre eles:

$$y = x/(a + bx) \quad (2)$$

$$y = x^2/(a+bx+cx^2) \quad (3)$$

Onde: x = tempo, y = crescimento, a,b,c = constantes Funções para descrever o incremento como: a função de Backman na forma:

$$\log y = k_0 + k_1 \cdot \log t + k_2 \cdot \log t^2 \quad (4)$$

Onde: y = incremento, t = idade, k₀, k₁ e k₂ = coeficientes da função.

CHAGAS CAMPOS (1970), usou para descrever sítios de *Pinus elliottii*

o modelo linear expresso por:

$$\ln h_{100} = b_0 + b_1 (1/t) \quad (5)$$

Onde: h_{100} = altura das árvores dominantes; t = idade; b_0 e b_1 = coeficientes.

SCHNEIDER & SILVA (1980), concluíram ao estudar índices de sítio para *Acacia meamsii*, ser o modelo linear proposto por PRODAN (1968), o que melhor se ajustava aos dados. O mesmo foi posteriormente empregado por BRASIL (1983) para *Pinus taeda*. Este modelo é expresso por:

$$Y = t^2/(b_0 + b_1 t + b_2 t^2) \quad (6)$$

Onde: Y = variável dependente; t = idade; b_0 , b_1 , b_2 = coeficientes.

Para a seleção do modelo matemático que melhor se ajusta ao conjunto de dados, são usados critério os estatísticos tais como o coeficiente de determinação (R^2), que expressa a quantidade de variação total explicada pela regressão e o erro padrão da estimativa em percentagem da média (S_{yx}) que mostra a dispersão entre os valores observados e estimados pela regressão (FINGER, 1992).

Para comparar resíduos de crescimento entre tratamentos distintos, utiliza-se a análise de variância podendo-se testar o paralelismo e a coincidência de curvas SNEDECOR & COCHRAN (1967).

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi utilizada a espécie *Pinus elliottii* Engelm, em povoamentos localizados no município de Canela - RS, sendo as árvores amostras originadas de mudas provenientes de recipientes de sacos plástico com dimensões 10 cm x 15 cm, raiz nua e regeneração natural.

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na Agropecuária Fazenda do Ipê Ltda. Localizada no município de Canela - RS, entre as coordenadas 29° 18' latitude Sul e 50° 53' longitude Oeste, altitude de 1000 metros acima do nível do mar, com uma superfície de 409 ha, possuem florestas nativas, florestas antadas, banhados e áreas de campo. De acordo com a classificação climática de Koppen, o local quadra-se no clima do

tipo Cfb₁, que compreende clima temperado, com temperatura média anual inferior a 18°C. A precipitação média anual é de 1821 mm, regularmente distribuída durante todo o ano. O sentido predominante dos ventos é sudoeste (S.W). Os invernos são rigorosos, registrando-se neves em algumas ocasiões (MORENO, 1961).

Segundo BRASIL (1973) e CARRARO *et al.* (1974), o local enquadra-se na Unidade de apeamento Bom Jesus, no grupo São Bento, que abrange as formações Botucatu e Rosário do Sul.

Obtenção dos dados

Os povoamentos utilizados neste trabalho para a obtenção dos pares de dados idade e altura eram compostos por árvores de *Pinus elliottii* Engelm, obtidas a partir de mudas produzidas em recipiente de saco plástico, raiz nua e regeneração natural. Os talhões de regeneração natural, foram submetidos a desbaste pré-comercial, com critério seletivo, aos quatro anos, deixando um espaçamento médio de 3 m x 2 m entre plantas.

Tratamentos e processo de amostragem dos dados

Os tratamentos propostos neste trabalho, basearam-se nos métodos de regeneração florestal e estão sumarizados na Tabela 1.

A abordagem da população foi iniciada com a estratificação da amostra em cada tipo G tratamento. Não foi efetuada a caracterização dos sítios naturais, trabalho o que permitiria reduzir a variabilidade da população. Entretanto foram consideradas unidades amostrais com condições homogêneas de manejo do povoamento e sítio natural. De acordo com o espaçamento foram empregadas parcelas amosrais de 18m x 24m, perfazendo 432 m², com bordadura simples, contendo 72 árvores, sendo 42 úteis em cada parcela. Estas parcelas serviram para determinação das variáveis dendrométricas tais como: a altura total (medida com hipsômetro de Blume-Leiss e régua Durkon, com precisão em cm) e diâmetro à altura do peito (medidos com fita métrica, com precisão em cm) para posterior determinação do diâmetro médio aritmético e o desvio padrão, os quais serviram de base para selecionar as árvores amostras.

O diâmetro médio das árvores e desvio padrão (Tabela 2), possibilitaram a definição das árvores a serem abatidas para análise total de tronco.

As árvores amostra de cada tratamento tomadas entre a média e \pm um desvio padrão do DAP e submetidas a análise de tronco, forneceram os pares de dados de idade e altura para o estudo do crescimento. Desta forma foram amostradas 10 árvores para o tratamento de mudas produzidas em recipientes de saco plástico, 9

TABELA 1: Relação dos tratamentos.

Tratamento (Recipientes)	Plantio	Trato Silvicultural	Espaçamento Inicial
Regeneração Natural	-	desbaste	-
Sacos Plásticos	coveamento	-	3m x 2m
Raiz Nua	coveamento	-	3m x 2m

árvores para o tratamento regeneração natural e 11 árvores para o tratamento raiz nua.

Para a análise de tronco das árvores amostra foi utilizada a metodologia descrita por PRODAN, (1965).

Funções de Crescimento

As funções de crescimento em altura foram geradas a partir dos pares de dados, obtidos na análise de tronco, através das técnicas de regressão múltipla pelo procedimento «Stepwise» e regressão não linear, ambas do pacote estatístico SAS (Series in Statistical Applications, 1986). As equações foram comparadas pelas estatísticas: coeficiente de determinação (R²) e erro padrão da estimativa em percentagem da média (Syx %).

No procedimento «Stepwise» a variável altura foi testada na forma aritmética e logarítmica e variável idade nas formas aritmética, Logarítmica, quadrática, cúbica e suas respectivas inversas. Também foram ajustadas as funções de Richard's (1959), polinômio do terceiro grau e função exponencial.

TABELA 2: Valores de DAP médio, desvio padrão do DAP para as parcelas amostrais medidas nos tratamentos saco plástico, raiz nua e regeneração natural.

Tratamento	Idade (anos)	N ^o Árv/Ha	Parcela	DAP Médio (cm)	Desvio Padrão do DAP (cm)
Saco Plástico	12	633	1	19,2	3,5
	12	634	2	20,0	6,0
	12	629	3	18,1	4,1
Raiz Nua	5	712	1	7,8	2,4
	5	713	2	9,2	1,8
	5	710	3	8,7	1,7
Reg. Natural	6	854	1	6,6	2,9
	6	833	2	8,7	2,3

Após o cálculo dos modelos de regressão e da seleção do mais adequado para cada árvore foi realizada a análise de covariância, com o objetivo de testar, dentro de cada grupo (árvores de mesma origem de regeneração), a existência de inclinação comum entre as curvas, representada pelos coeficientes angulares, e a coincidência de curvas, descrita pelo intercepto b_0 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A descrição matemática do crescimento de *Pinus elliottii* segundo o método de regeneração a floresta, resultou nos seguintes modelos:

Crescimento de árvores originadas de mudas produzidas em recipientes de saco plástico

O modelo exponencial calculado pelo procedimento “forward” de regressão apresentou coeficientes de determinação variando entre 0,9217 e 0,9416, e altos valores de erro padrão da estimativa em percentagem da média (variando entre 15,3% e 19,0%), o que não permitiu sua seleção para descrever o crescimento. Da mesma forma o modelo não linear de Richard’s com dois coeficientes não apresentou bom ajuste. O coeficiente de determinação variou entre 0,724 e 0,890 e erro padrão da estimativa em percentagem da média entre 13,2% e 24,2%.

Estes resultados são lógicos pois, os modelos testados são próprios para descrever o crescimento de árvores mais velhas, que já estejam na fase adulta e, no caso, os dados observados tem baixa idade, tendo ainda sido usados como idade inicial 2 anos, apresentando tendência linear suavemente curvilínea.

As regressões com os pares de dados altura e idade, obtidas em cada árvore e ajustadas independentemente pelo procedimento stepwise, resultou conforme a variável dependente testada, em um modelo aritmético (7) e um logarítmico (8) comum para todas as árvores.

$$h = b_0 + b_1 \cdot t + b_2 \cdot t^2 \quad (11)$$

$$\log h = b_0 + b_1 \cdot (1/\log t) \quad (12)$$

Onde: h = altura total em metros; t = idade em anos; b_0 , b_1 , b_2 = coeficientes da função; $\log h$ = logaritmo na base dez da altura total em metros.

A comparação das estatísticas de ajuste e precisão (Tabela 3) mostrou

que tanto o modelo aritmético como o logarítmico apresentam altos coeficientes de determinação, mas somente o modelo aritmético apresentou para todas as árvores valores superiores a 94%. A análise do erro padrão da estimativa em percentagem da média mostrou, que o modelo logarítmico de forma geral, teve valores inferiores aos do modelo aritmético. Entretanto, segundo a análise de resíduos o modelo logarítmico superestima a altura de todas as árvores, o que não aconteceu com o modelo aritmético. Desta forma selecionou-se o modelo 7 para descrever o crescimento em altura de árvores originadas de mudas produzidas em recipientes de saco plástico.

O método SNEDECOR & COCHRAN (1967) de análise de covariância aplicado para verificar a hipótese de inclinação comum e de diferença de nível entre as curvas de crescimento das árvores amostra, sumarizado na Tabela 4, mostrou não existir diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade de confiança, para os coeficientes de inclinação b_1 e b_2 , demonstrando haver inclinação comum entre as curvas.

TABELA 4: Teste para inclinação comum ao nível de 95% de confiabilidade para função 7 para curvas de crescimento de árvores originadas de mudas produzidas em recipientes de saco plástico.

Fonte de Variação	GL	SQRes.	QM	F	Ftab.
Resíduo Agrupados	10	0,9631	0,0963	1,09321 ^{ns}	2,77
Def. Inclinação Comum	20	2,1057	0,1052	-	-
Inclinação Comum	30	3,0688	-	-	-

A continuação do teste (Tabela 5) mostrou, como esperado, existir diferença de níveis entre as curvas.

TABELA 5: Teste de diferença de níveis ao nível de 95% de confiabilidade para função 7 no ajuste de dados de árvores originadas de mudas produzidas em recipientes de saco plástico.

Fonte de Variação	GL	SQRes.	QM	F	Ttab.
Inclinação Comum	30	3,0688	0,1022	4,04635*	1,99
Diferença	23	9,5201	0,4139	-	-
Reg. Única	53	12,5890	-	-	-

Estes resultados indicam que as curvas de crescimento são monomórficas, isto é, tem inclinação comum, resultado também observado por SCHNEIDER (1984) para *Pinus taeda*, BRASIL (1989) para *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia*.

TABELA 3: Valores de R² e Syx % para os modelos aritmético e logarítmico para descrever o crescimento em altura de árvores originadas de mudas produzidas em recipiente plástico.

Árvore N ^o	Altura Observada (m)	Modelo Aritmético			Modelo Logarítmico		
		R ²	Syx (%)	Altura estimada (m)	R ²	Syx (%)	Altura estimada (m)
1	5,3	0,990	5,159	5,3	0,968	1,420	5,8
2	5,8	0,998	2,413	6,0	0,981	1,178	6,1
3	5,9	0,971	10,270	6,0	0,951	2,158	6,4
4	6,0	0,999	1,608	6,0	0,969	1,219	6,5
5	6,2	0,964	9,436	6,1	0,976	0,985	6,2
6	5,1	0,999	0,692	5,1	0,974	1,511	5,5
7	5,1	0,957	11,150	5,0	0,932	2,656	5,6
8	6,1	0,975	7,948	6,0	0,961	1,341	6,4
9	5,2	0,942	11,440	5,1	0,958	1,460	5,3
10	5,1	0,981	6,840	5,0	0,915	2,468	5,7

A regressão única, cujos coeficientes recalculados para o conjunto de dados agrupados estão representados na função (9), suficiente para descrever o crescimento em altura de árvores originadas de mudas produzidas em saco plástico, devendo-se apenas re-estimar o coeficiente de interseção (b_0) da função selecionada, a fim de descrever as diferentes tendências de crescimento.

$$h = -2,3416 + 1,9646.t - 0,076.t^2 \quad (9)$$

Crescimento de árvores originadas de regeneração natural

Neste tratamento foi usado o mesmo procedimento para o estudo das funções do tratamento de mudas produzidas em saco plástico, ou seja, foi testado o modelo exponencial calculado pelo procedimento forward de regressão. Os resultados, mostraram baixos coeficientes de determinação, comparado com o de outros modelos calculados, variando entre 0,8794 e 0,9327, e altos valores de erro padrão da estimativa em percentagem da média (variando entre 6,8% e 14,0%), o que não permitiu a seleção deste para descrever o crescimento. O teste do modelo não linear de Richard's, com dois coeficientes, mostrou resultado semelhante, o modelo apresentou baixos coeficientes de determinação (variando entre 0,782 e 0,851) e altos valores de erro padrão da estimativa, variando entre 8,4% e 15,9%.

A modelagem pelo procedimento "stepwise" resultou conforme a variável dependente estada, em um modelo aritmético (7) e um logarítmico (10) comum

para todas as árvores.

$$\log h = b_0 + b_1 \cdot \log t^2 \quad (10)$$

Onde: $\log_0 h$ = logaritmo na base dez da altura total em metros;
 t = idade em anos; b_0 , b_1 = coeficientes da função.

A comparação dos modelos, mostrou que tanto o modelo aritmético como o logarítmico apresentam altos coeficientes de determinação (Tabela 6), mas somente o modelo aritmético apresentou para todas as árvores valores superiores a 98 %. A análise do erro padrão da estimativa em percentagem da média mostrou, que o modelo logarítmico, apresenta valores inferiores ao modelo aritmético. Por outro lado, segundo a análise de resíduos, o modelo logarítmico superestima ligeiramente a altura da maioria das árvores, o que não aconteceu com o modelo aritmético, indicando ser, o modelo 7, o melhor para descrever o crescimento em altura de árvores originadas de regeneração natural.

TABELA 6: Valores de R^2 e Syx % para o modelo aritmético e logarítmico para descrever o crescimento em altura de árvores produzidas de regeneração natural.

Árvore N ^o	Altura Observada (m)	Modelo Aritmético			Modelo Logarítmico		
		R ²	Syx (%)	Altura estimada (m)	R ²	Syx (%)	Altura estimada (m)
1	6,8	0,990	6,938	6,8	0,987	0,465	7,0
2	5,5	0,999	1,072	5,5	0,983	0,589	5,3
3	5,8	0,984	9,501	5,7	0,978	0,787	5,7
4	8,2	0,988	6,874	8,1	0,985	0,369	8,1
5	5,4	0,999	0,586	5,4	0,996	0,240	5,3
6	5,0	0,998	1,450	5,0	0,994	0,300	5,1
7	6,9	0,997	1,691	6,9	0,999	0,103	6,9
8	5,3	0,985	8,099	5,3	0,973	0,809	6,3
9	6,5	0,991	6,182	6,4	0,980	0,554	6,5

A análise de covariância aplicada aos dados observados para verificar a hipótese de inclinação comum e de diferença de nível entre as curvas de crescimento das árvores amostra (Tabela 7) mostrou não existir diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade de confiança, para os coeficientes de inclinação b_1 e b_2 , ou seja, todas as curvas apresentaram inclinação comum.

TABELA 7: Teste para inclinação comum ao nível de 95% de confiabilidade para função 7 para curvas de crescimento de árvores originadas de regeneração natural.

Fonte de Variação	GL	SQRes.	QM	F	Ftab.
Resíduo Agrupados	9	0,5789	0,0643	2,073 ^{ns}	3,50
Dif. Inclinação Comum	16	2,1343	1,1330	-	-
Inclinação Comum	25	2,7132	-	-	-

De outra forma, conforme os resultados da Tabela 8, existe diferença de níveis entre as curvas ajustadas.

TABELA 8: Teste de diferença de níveis ao nível de 95% de confiabilidade para função 11 no ajuste de árvores originadas de regeneração natural.

Fonte de Variação	GL	SQRes.	QM	F	Ttab.
Inclinação Comum	25	2,7130	0,1085	20,0077*	2,27
Diferença	11	23,8860	2,1714	-	-
Reg. Única	36	26,5994	-	-	-

Estes resultados demonstram que uma regressão única, cujos coeficientes recalculados para o conjunto de dados agrupados estão representados na função 11, é suficiente para descrever o crescimento em altura de árvores originadas de mudas produzidas em regeneração natural, devendo-se apenas re-estimar o coeficiente de interseção (b) a fim de descobrir os diferentes níveis de crescimento.

$$h = -0,36816 + 1,3942.t - 0,01694.t^2 \quad (11)$$

Crescimento de árvores originadas de mudas de raiz nua

Os modelos exponencial e o modelo não linear de Richard's, com dois coeficientes, foram testados neste tratamento. Os resultados mostraram que ambos os modelos apresentaram baixos coeficientes de determinação, variando entre 0,729 e 0,815 para o modelo exponencial e 0,816 e 943 para o modelo de Richards, e valores de erro padrão da estimativa em percentagem da média ariando entre 8,9% e 10,7% para o modelo exponencial e 7,0% e 8,2% para o modelo de Richard's), o que não permitiu a seleção destes dois modelos para descrever o crescimento em altura de mudas produzidas por raiz nua.

Resultado esperado, pois os modelos testados são próprios para descrever

o crescimento de árvores de maior idade e, neste caso, os dados observados possuem pouca idade, apenas 5 anos, sendo que a idade inicial para este estudo foi de 2 anos.

As regressões com os pares de dados altura e idade, obtidas em cada árvore e ajustadas independentemente, também resultou, conforme a variável dependente testada, no modelo aritmético (7) e no logarítmico (12) comum para todas as árvores.

$$\log h = b_0 + b_1 \cdot (1/t) \quad (12)$$

Onde: $\log h$ = logaritmo na base dez da altura total em metros; t = idade em anos; b_0 e b_1 = coeficientes da função.

A comparação entre eles apresentada na Tabela 9, mostrou que tanto o modelo aritmético como o logarítmico apresentam altos coeficientes de determinação. A análise do erro padrão da estimativa em percentagem da média mostrou, que o modelo logarítmico, apresenta valores muito menores que os do modelo aritmético, porém o teste gráfico dos resíduos evidenciou forte superestimativa da altura na maioria das árvores, o que não aconteceu com o modelo aritmético.

Diante disto, selecionou-se o modelo aritmético para descrever o crescimento altura para mudas produzidas por raiz nua.

A análise de covariância, aplicado para verificar a hipótese de inclinação comum e diferença de nível entre as curvas de crescimento das árvores amostras mostrou não existir, diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade de confiança, quanto aos coeficientes de inclinação b_1 e b_2 , ou seja, todas as curvas tem inclinação comum (Tabela 10).

Ao contrário, existe diferença de níveis entre as curvas, ou seja, as diferentes árvores mostram diferença de crescimento inicial em resposta ao manejo do povoamento apresentando, conforme a Tabela 7, diferentes coeficientes de intercepto.

Os resultados mostram ser possível empregar um único modelo de regressão, cujos coeficientes recalculados para o conjunto de dados originou a função 17, para descrever o crescimento em altura de árvores originadas de mudas produzidas por raiz nua, devendo-se apenas reestimar o coeficiente de interseção (b_0) da função selecionada, a fim de adequá-la aos diferentes níveis de crescimento.

$$h = -0,98792 + 0,76541 \cdot t + 0,07625 \cdot t^2 \quad (12)$$

TABELA 9: Valores de R^2 e Syx % para o modelo aritmético e logarítmico para descrever o crescimento em altura de árvores originadas de mudas produzidas em raiz nua.

Árvore Nº	Altura Observada (m)	Modelo Aritmético			Modelo Logarítmico		
		R^2	Syx (%)	Altura estimada (m)	R^2	Syx (%)	Altura estimada (m)
1	3,7	0,996	3,852	3,7	0,949	3,203	3,9
2	5,9	0,956	10,540	5,8	0,989	0,768	4,9
3	4,6	0,978	7,490	4,7	0,992	1,143	4,1
4	4,3	0,996	4,526	4,3	0,982	1,639	4,4
5	5,5	0,996	3,745	5,5	0,995	0,687	5,3
6	5,0	0,990	6,987	5,0	0,994	0,877	5,8
7	5,9	0,984	7,486	5,9	0,983	1,252	5,4
8	5,2	0,953	13,760	5,3	0,984	1,186	5,3
9	5,1	0,974	8,333	5,1	0,984	1,190	5,2
10	4,5	0,984	5,757	4,6	0,890	3,476	4,6
11	3,5	0,994	6,705	3,5	0,953	0,281	3,5

TABELA 11: Teste de diferença de níveis, ao nível de 95% de confiabilidade para função 11 no ajuste de dados de árvores originadas de mudas de raiz nua.

Fonte de Variação	GL	SQRes.	QM	F	Ttab.
Inclinação Comum	34	5,1898	0,1526	2,2637*	2,17
Diferença	10	3,4555	0,3455	-	-
Reg. Única	44	8,6454	-	-	-

Tendência do crescimento em altura de árvores de *Pinus elliottii* Engelm originadas de regeneração natural e de mudas

A análise de covariância para testar o paralelismo e coincidência entre as curvas dos tratamentos nos diferentes locais foi precedida do ajuste de um modelo de regressão único resultando no modelo 7.

A análise gráfica dos resíduos não mostrou tendências de ajuste do modelo. Após o ajuste de função para cada árvore, foi aplicada a análise de covariância. Neste processo, foram testados os coeficientes de um local contra os do outro, conforme mostra de forma resumida a Tabela 12. Estes resultados mostram, com 95% de probabilidade de confiança, as diferenças estatísticas entre os tratamentos quanto aos ângulos de inclinação e ao intercepto (b_0).

TABELA 10: Teste de inclinação comum ao nível de 95% de confiabilidade para função 7 para curvas de crescimento de árvores originadas de mudas de raiz nua, em Canela, RS.

Fonte de Variação	GL	SQRes.	QM	F	Ftab.
Resíduo Agrupados	12	0,9745	0,0812	2,3592 ^{ns}	2,56
Dif. Inclinação Comum	22	4,2153	0,1916	-	-
Inclinação Comum	34	5,1898	-	-	-

TABELA 12: Análise de covariância entre os coeficientes b_0 , b_1 e b_2 , do polinômio do segundo grau, entre os tratamentos.

Comparação	Inclinação	Intercepto
Saco Plástico x Regeneração Natural	Comum	Diferente
Regeneração Natural x Raiz nua	Diferente	Diferente
Saco Plástico x Raiz Nua	Comum	Diferente

A comparação das tendências das curvas de crescimento em altura, através da análise de covariância mostrou diferença estatística significativa a 95% de probabilidade de confiança, entre os estimadores dos coeficientes de inclinação do modelo de regressão, respectivamente b_1 e b_2 , quando comparada a inclinação das curvas de árvores de regeneração natural e de raiz nua. Ao contrário o teste indicou não haver diferença, ao mesmo nível de probabilidade de confiança, quando comparado a inclinação das curvas de crescimento dos tratamentos produzidos por recipientes de saco plástico quando comparados, independentemente, com os tratamentos regeneração natural e raiz nua.

Nos mesmos tratamentos a comparação entre os interceptos mostrou em todos os testes haver diferenças entre os níveis das curvas.

Graficamente, conforme a Figura 12, verifica-se que a curva que representa a regeneração natural encontram-se em nível superior a curva de mudas produzidas por recipientes de saco plástico e raiz nua, durante todo o período de observação (2 a 5 anos).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nas condições em que foi realizado este trabalho e, com os resultados obtidos é possível concluir que:

A regeneração natural de Canela, RS tem crescimento em altura superior aos tratamentos de árvores originadas de mudas produzidas em saco plástico e

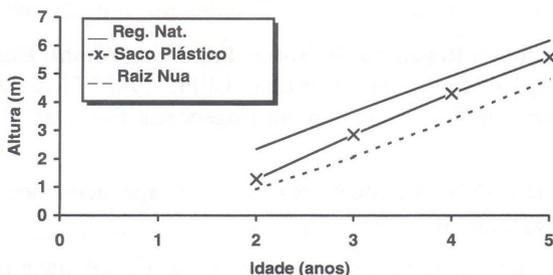


FIGURA 12: Comparação de crescimento em altura entre os tratamentos de mudas produzidas por recipientes de saco plástico, regeneração natural e raiz nua.

estas, superior ao de mudas de raiz nua.

As curvas de crescimento em altura dos tratamentos regeneração natural, raiz nua e saco plástico não mostram, durante o período de observação, qualquer indicação de cruzamento em futuro próximo. Entretanto esta observação deve ser comprovada através da continuidade das medições nestes experimentos até uma idade próxima a de rotação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALMER, W. E. Conterization in southeast. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM, 1974, Denver, Colorado. **Proceedings...** Washington, D.C.: Government Printing Office, 1974. p. 38-41. (Great Plains Agric. CoucilPublication, 68).
- BARNETT, J. P., BAKER, J. B. **Regeneration methods**. In: DURYEY, L., DOUGHERTY, PHILLIP, M. (Eds.). Forest regeneration manual. Dordrecht: Kluver, 1991. capo 3, p.35-50.
- BERTALANFFY, L. Von quantive laws inmetabolism and groth. Q. **Rev. Biol.**, Baltimore, v. 32, p. 217-231,1957.
- BRASIL. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973.431 p. (Boletim Técnico, 30).
- BRASIL. **Plano de Manejo florestal para a Floresta Nacional de Canela/RS**. Santa Maria, 1989.
- RASSIOLO, M. M. **Avaliação da Regeneração Natural de *Pinus elliottii* Engel.**

- var. elliottii na floresta nacional de capão bonito, SP.** Curitiba: UFPR, 1988. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 1988.
- CARRARO, C.C., GARMERMANN, N., EICK, N.C. *et al.* **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRG, 1974. 29p.
- HAGAS CAMPOS, J.C. Estudo sobre índice de sitio e tabelas de volume e produção para *Pinus elliottii* Engelm no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Turrialba**, Costa Rica, p 1-82, 1970.
- CUNHA, N. T. S., NAGY, J. L. **Manual do técnico florestal:** apostilas do Colégio Florestal de Irati. Irati, 1986. v.1.
- DOUGHERTY, M. P., DURYEA, M. L. **Forest regeneration manual.** Local: Kluwer, 1990. 433p.
- EERDEN, E. V AN. Roots of planted trees in Central British, Columbia. In: ROOT FORM OF PLANTED TREES SYMPOSIUM, 1978 Victoria. **Proceedings...** Victoria: British, Columbia, 1978. p. 201 - 208. (Joint Report, n. 8).
- FEDUCCIA, D. P. Regeneration slash pine naturally without suppression. **Southern, Journal of Applied Forestry.** p. 86-89, 1978.
- FERGUSON, R. B., MONSEN, S. B. Research with containerized shrubs and forbs in South Idaho. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM, 1964, Denver-Colorado. **Proceedings...** Whashington D. C.: U. S. Government Printing Office, 1974. p 340-358. (Great Plains Agric. Council Publication, 68).
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal.** Santa Maria: UFSM/ CEPEF-FATEC, 1992.
- HIAT, H. A., TINUS, R. W. Container shape controls root system configuration of ponderosa pine. In: NORTH AMERICAN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLING SYMPOSIUM, 1974, Denver, Colorado. **Proceedings...** 1974. p. 194-196. (Great plains Agric. Council Publication, 68).
- INOUE, M. T. **Regeneração natural-seus problemas e perspectivas para as florestas brasileiras.** Curitiba: FUPEF, 1979.22 p. (Série Técnica, 1).
- JORGENSEN, J. R. **Root grow of direct-seeded southern pine seedlings.** Research Note SO - 79, p. 1-7, 1968.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos.** Eschbom: Instituto de Silvicultura da Universidade de Gottinger, 1990.343p.
- MANN Jr., W. F., ENGHARDT, H. G. Development of Slash Pine regeneration beneath overstories. **US-Forest-Service-Research-Note**, n. 170,5 p., 1973.
- MATTEI, V. L. **Comparação entre semeadura direta e plantio de mudas**

- produzidas em tubetes, na implantação de povoamentos de *Pinus taeda* L.** Curitiba: UFPR, 1993. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 1993.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- PRODAN, M. **Forest biometrics.** Ney York: Pergamon Press, 1968. 447 p.
- PRODAN, M. **Holzmesslehre.** Frankfurt am Main, J. D. Sauerlanders Verlag, 1965. 643 p.
- PUTMAN, W. E., ZASADA, J. C. Direct seeding techniques to regenerated white spruce in interior Alaska. **Cano J. For. Res.**, Ottawa, v.16, p. 660- 664, 1986.
- PUTZ, F. E. Reduction of root competition increases grow of slash pine seedlings on a cutover site in Florida. **South-J-Appl-For.**, Bethesda, v. 16, p. 193-193, 1992.
- RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **J. Agr. Pres.**, v. 3, n. 63, p 174- 176, 1959.
- SAS. Séries in Statical Applications. **System for regression.** [S. L.: s. n.] 1986. 170p. Software para computador.
- SCHNEIDER, P. R. **Betriebswirtschaftliche und ertragskundliche Grundlagen der Forsteinrichtung in Sudbrasilien am Beispiel von *Pinus elliottii*.** Freiburg, 1984. 190p.
- SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal.** Santa Maria:UFSM/CEPEF-FATEC, 1993.
- SCHNEIDER, P. R., SILVA, J. A. Índice de sítio para acácia negra, *Acacia meamsii* de Wild. **Revista Brasil Florestal**, v. 1, n. 42, p. 53-58, 1980.
- SELLE, G. L. **Influência de fatores ambientais na classificação de sítio para *Pinus taeda* L., na região de Cambará do Sul, RS, Brasil.** Santa Maria: UFSM, 1993. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, 1993
- SENEDECOR, G. W., COCHRAN, W. G. **Statistical Methods.** 6. ed. Iowa: The Iowa State University Press Ames, 1967.