

CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO PARA PLANTAÇÕES DE PINUS ELLIOTTII NOS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA.

José Roberto Soares Scolforo*
Sebastião Amaral Machado**

SUMMARY

The objective of this research is to compare some regression models used to fit the relationship between dominant height and age, and use the best one to construct site index curves for Pinus elliottii plantations in the southern states of Paraná and Santa Catarina.

The used data to reach this aim came from stem analysis of 26 dominant trees, completed by height measurements and age of 260 temporary sample plots scattered in the states of Paraná and Santa Catarina. The age ranged from 1 to 29 years old, covering all site classes.

The statistic and residual analysis proved that the Chapman-Richards biological model was the best, among the tested, to fit the dominant height-age relationship, therefore it was used to construct the site index curves for Pinus elliottii. The stability of the curves was also tested, proving that there is confiability in using such site index curves to classify Pinus elliottii plantations in the States of Paraná and Santa Catarina and perhaps in another Brazilian states, where this species is planted.

1. INTRODUÇÃO

Pinus elliottii é uma importante espécie, de interesse comercial tanto para utilização na produção de celulose como na extração de resina e madeira serrada, apresentando-se distribuída no Estado do Paraná e Santa Catarina com uma área de plantio de aproximadamente 400.000 hectares. Juntamente com *Pinus taeda* são as espécies mais plantadas nesta região.

Com a crescente necessidade de planejar as produções das florestas, visando racionalizar a sua exploração, torna-se imperioso a elaboração de curvas de índice de sítio como um elemento de suma importância na estratificação do potencial produtivo desta espécie, o que clarificará as possibilidades e riscos para os manejos destas florestas fortalecendo as bases de planejamento local, regional, e em curto, médio ou longo prazo.

Segundo JONES¹³ são três os métodos de avaliação da capacidade produtiva de terrenos florestais: índice de sítio, vegetação herbácea e fatores ambientais. Entretanto o método mais comum é o índice de sítio, que é definido

como sendo a altura média das árvores dominantes à uma determinada idade arbitrariamente escolhida, denominada idade índice.

A identificação destas árvores dominantes pode ser feita a partir de diferentes critérios: como classes de copa, árvores de maior altura ou árvores de maior diâmetro, dentre outros.

Dentre estes critérios aquele baseado na altura média das 100 árvores de maior diâmetro por hectare parece ser um dos mais práticos. No Brasil pode-se verificar a adoção deste critério em trabalhos desenvolvidos por MACHADO⁴¹, CAMPOS & RIBEIRO⁷ e BATISTA & COUTO¹.

Conforme encontrado em JONES¹³, CAJANDER em 1926 cita que já em 1824 Huber utilizava índice de sítio na Alemanha para classificação da produtividade dos locais.

A partir de então esta técnica vem sendo utilizada com frequência e a partir de 1939 em trabalhos de Mckainey, utilizando equação desenvolvida por Schumacher, foi introduzido o uso de regressão no ajuste da curva média que possibilita a geração de uma família de curvas anamórficas.

* Eng^o Florestal, M.Sc., estudante de Doutorado da UFPR, Prof. Adjunto do Depto. de Ciências Florestais da ESAL.

** Eng^o Florestal, M.Sc., Ph.D., Prof. Titular do Curso de Engenharia Florestal da UFPR, Bolsista do CNPq.

Segundo MACHADO¹⁴ gerar curvas de índice de sítio anamórficas é equivalente a assumir que diferenças em sítios resultam em diferenças similares na taxa de crescimento em altura para todas as idades ou seja as curvas de índice de sítio são baseadas na suposição que a altura é uma função linear da idade

Já, as curvas polimórficas partem do pressuposto que o crescimento das árvores varia de sítio para sítio. Para construção de tais curvas é necessário a existência de dados provenientes de parcelas permanentes ou provenientes da reconstituição do desenvolvimento altura-idade das árvores dominantes através da análise de tronco.

Para elaboração de curvas de índice de sítio anamórficas pode-se utilizar dados altura-idade provenientes de parcelas temporárias, parcelas permanentes ou mesmo aqueles oriundos da análise de tronco. Entretanto, conforme observado em BECK & TROUSDELL², KIRBY¹², CLUTTER et alii⁸, o uso de informações advindas de parcelas temporárias, embora sejam os mais rápidos de serem obtidos e de menor custo, podem levar a sérias tendências se a amostragem não contemplar todos os sítios nas várias idades em questão.

Estes mesmos autores enfatizam que vários fatores operam para impedir uma amostragem igual de todos os sítios nas várias idades. Por exemplo, bons sítios produzem volume mais rapidamente do que sítios piores o que leva a uma diminuição de sua idade de rotação e assim ao se efetuar a amostragem nas idades mais avançadas tem-se muito maior disponibilidade de árvores nos piores sítios. Se esta situação ocorre certamente a curva média será tendenciosa, o que propiciará uma tendenciosidade

nas curvas de IS estabelecidas a partir desta curva média.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Todas as parcelas foram localizadas em povoamentos de *P. elliotii* bem estocados, aparentemente sem distúrbios passados, como incêndio, ataques de pragas e insetos dentre outros. Tais povoamentos estão distribuídos em várias regiões ecológicas do Estado do Paraná e Santa Catarina.

Conforme KIRBY¹², no passado as curvas de índice de sítio foram baseadas nas medições altura-idade de um grande número de árvores dos povoamentos em questão. Entretanto o mesmo autor enfatiza que este caminho pode ser tendencioso pela desigualdade na representação dos sítios nas diferentes classes de idade.

Um caminho preferível é obter dados provenientes de análise de tronco para obtenção das curvas de índice de sítio.

Foram usados 672 pares de valores altura-idade oriundos de árvores dominantes. Contribuíram para estes 672 pares de valores altura, 26 árvores cuja reconstituição foi feita em muitos casos até os 17 anos, e 260 parcelas temporárias medidas por ocasião do inventário nacional e por parcelas advindas do inventário realizado nas Flonas de Capão Bonito e Irati, com área de 600 m², das quais se utilizou a altura média das 6 árvores de maior diâmetro na parcela. A amplitude de idade foi de 1 a 29 anos com as árvores distribuídas nas várias classes de sítio e em boa parte das idades consideradas, conforme pode-se verificar na TABELA 1.

TABELA 1: Número de valores altura-idade usados para construção das curvas de índice de sítio por idade e classe de sítio.

em anos Idade	Classes de Sítio					Total por Classe de idade
	I	II	III	IV	V	
1	—	3	2	2	15	22
2	2	6	2	7	4	21
3	3	7	6	5	2	23
4	3	10	10	8	1	32
5	3	14	10	3	—	30
6	2	11	9	4	—	26
7	—	5	19	7	5	36
8	—	8	25	5	4	42
9	—	7	24	1	—	32
10	—	7	23	5	3	38
11	—	8	30	6	—	44
12	1	4	23	7	1	6
13	—	11	15	11	—	37
14	—	13	25	5	—	44
15	—	10	13	3	—	26
16	—	11	19	4	—	34
17	—	9	15	5	—	29
18	—	5	9	4	—	18
19	—	—	7	2	3	12
20	—	—	2	—	—	2
21	—	1	3	3	—	7
22	—	2	10	2	—	14
23	—	2	10	1	—	13
24	—	1	7	—	—	8
25	—	1	7	1	—	9
26	2	2	10	1	—	15
27	—	—	6	4	—	10
28	—	4	5	2	—	11
29	—	—	1	—	—	1
Total por Classe de Sítio	16	162	348	108	38	672

A verificação das curvas altura-idade a serem ajustadas foi observada a partir de várias equações que expressam crescimento, conforme pode ser observado na TABELA 2.

Os cinco primeiros modelos foram ajustados por meio de regressão linear múltipla ou simples, enquanto os dois últimos por meio de regressão não linear.

TABELA 2: Modelos para expressar a relação altura dominante-idade.

$$1 - \ln h_{dom} = b_0 + b_1 \left(\frac{I}{I} \right)$$

$$2 - h_{dom} = b_0 + b_1 \ln (I)$$

$$3 - \ln h_{dom} = b_0 + b_1 \left(\frac{1}{I} \right) + b_2 \left(\frac{1}{I^2} \right)$$

$$4 - \ln h_{dom} = b_0 + b_1 \left(\frac{1}{I} \right) + b_2 \left(\frac{1}{I^2} \right) + b_3 \left(\frac{1}{I^3} \right)$$

$$5 - h_{dom} = \frac{I^2}{b_0 + b_1 I + b_2 I^2}$$

$$6 - h_{dom} = b_0 (1 - \exp (+ b_1 (I)))$$

$$7 - h_{dom} = b_0 (1 - \exp (+ b_1 (I))^{b_2}$$

sendo que $b_2 = 1/(1-m)$

onde:

h_{dom} — altura das árvores dominantes (metro)

I — idades (anos)

\exp — exponencial

\ln — logaritmo natural

b — coeficientes de regressão

is

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados utilizados atendem ao pressuposto básico da regressão de homoge-

neidade de variância. Os coeficientes dos modelos testados assim como as medidas de precisão são apresentadas na TABELA 3.

TABELA 3: Coeficientes e medidas de precisão para *pinus elliottii* no Estado do Paraná e Santa Catarina.

Modelos	C O E F I C I E N T E S				R ² (%)	EPE(m)
	b_0	b_1	b_2	b_3		
1	3,113905	-3,9977400			85,02	3,91
2	-6,000692	9,4064290			87,00	2,69
3	3,475554	-8,0050260	4,3229700		94,60	2,32
4	3,665696	-11,2348700	15,1064800	-7,79974	95,04	1,99
5	1,100979	0,3873350	0,0205550		93,26	1,94
6	41,690000	0,0419000			98,65	1,97
7	33,486630	0,0732239	1,2911456		98,72	1,92

O coeficiente de determinação (R^2) foi corrigido para que possa haver base de comparação entre todos os modelos, assim como o erro padrão da estimativa ((EPE), que para os modelos logaritmizados são obtidos, no caso da altura em $\ln m$, foram retransformados para "m" (metro) utilizando-se de recálculo na soma dos quadrados dos resíduos.

Os valores de t foram significativos ao nível de 5% para todos os coeficientes dos sete modelos testados.

Observe que pelos valores de R^2 (expressa o quanto das variações da variável dependente é explicada pelas independentes) e do erro padrão da estimativa (expressa o quanto em termos médio os valores observados variam em torno dos estimados) para os modelos 4, 5, 6 e 7 apresentam valores relativamente próximos com uma superioridade ligeira para o modelo biológico de Chapman-Richards (modelo 7).

Entretanto um dos mais importantes elementos para avaliação de um modelo matemático é a visualização dos seus resíduos distribuídos em função de determinada variável de interesse.

No presente trabalho pode-se verificar esta distribuição em relação a idade, através das FIGURAS 1 à 7 respectivamente para os sete modelos utilizados.

Neste ponto abre-se um parêntese para ilustrar a importância da análise gráfica do resíduo. É prática comum no meio florestal escolher o melhor modelo de regressão observando as medidas de precisão da regressão, no caso R^2 e EPE. Este procedimento em determinadas situações, pode levar a resultados absolutamente incorretos.

No presente trabalho, observando apenas o ajuste e estatísticas dos modelos 1, 2, 3, como mostrado na Tabela 3, verifica-se que os seus valores de R^2 são respectivamente 85, 87 e 94,6% números que expressam R^2 relativamente altos para fins de índice de sítio, conforme pode ser observado na literatura florestal. Dentre os três modelos, o de número 3 seria o selecionado, pois tem o maior R^2 e o menor erro padrão da estimativa 2,32m.

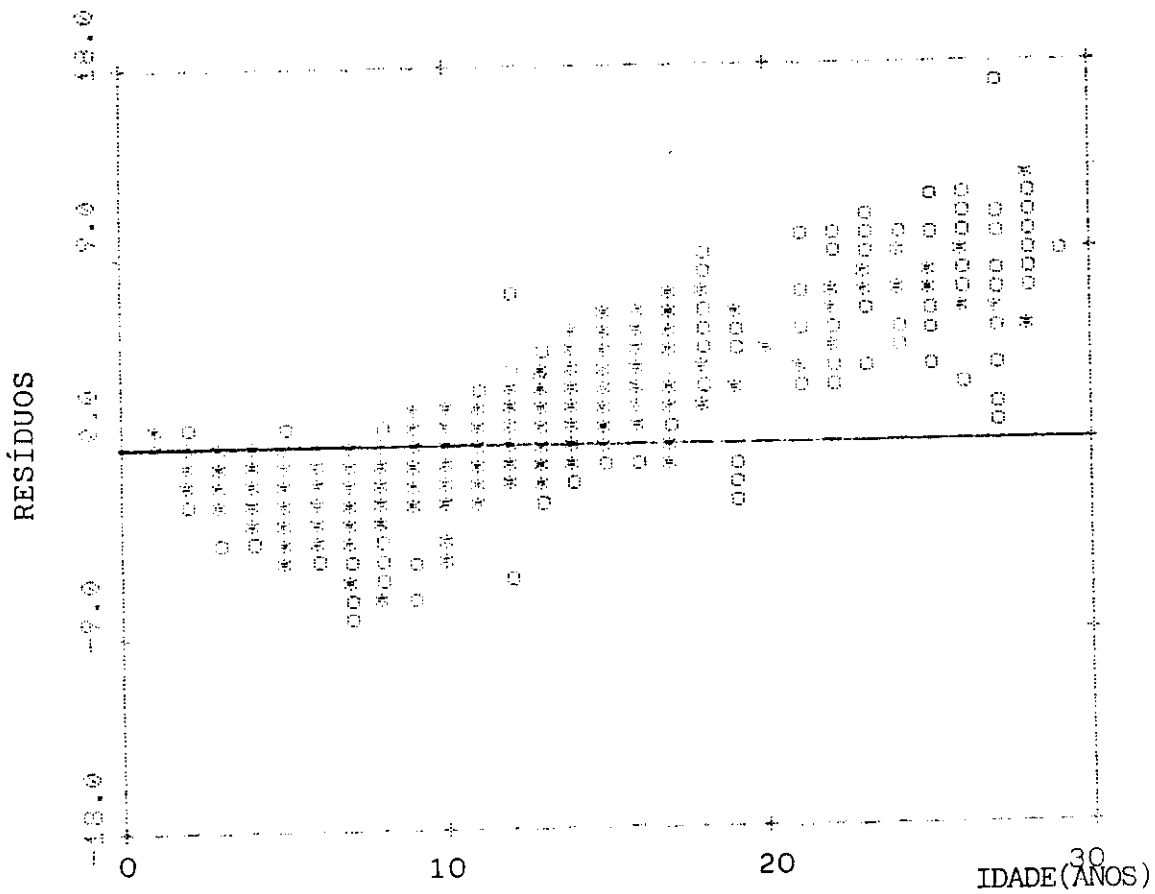


FIGURA 1: Distribuição dos resíduos em metro em função da idade em anos para o Modelo 1.

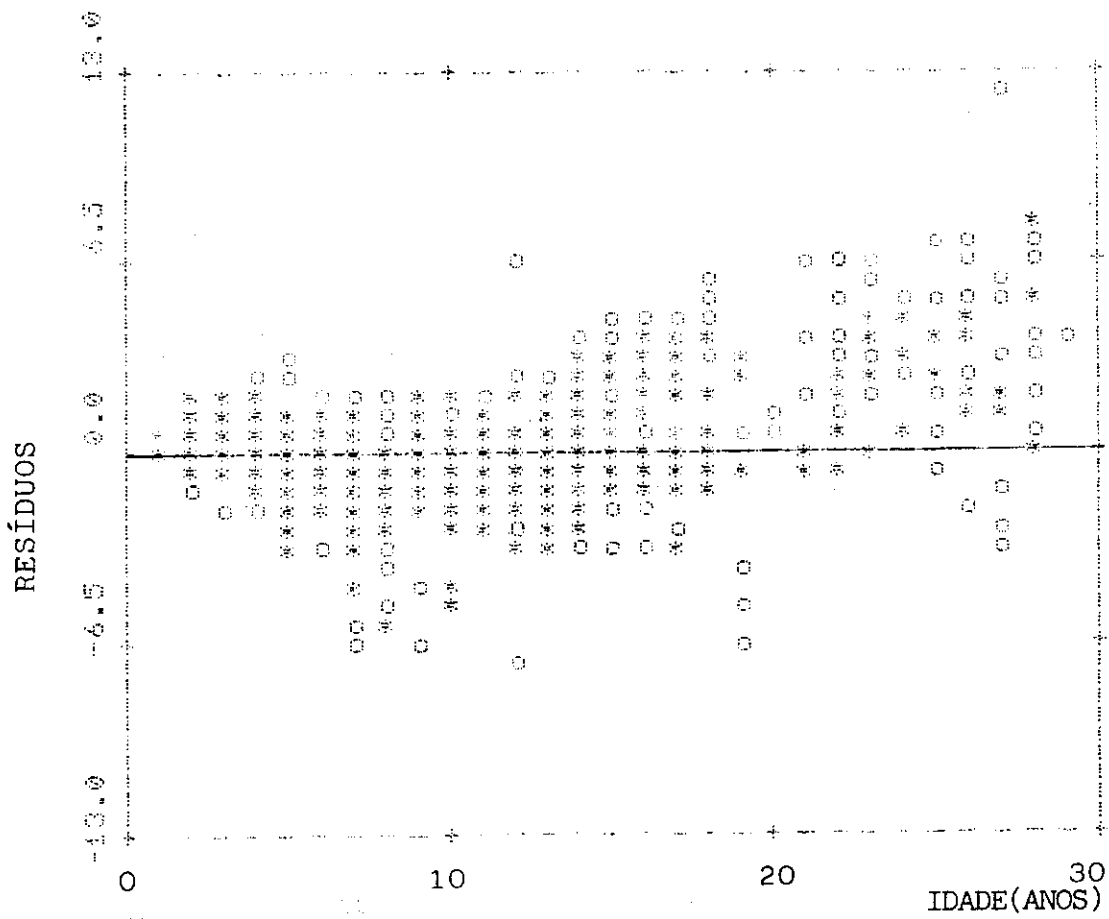


FIGURA 2: Distribuição dos resíduos (m) em função da idade para o Modelo 2.

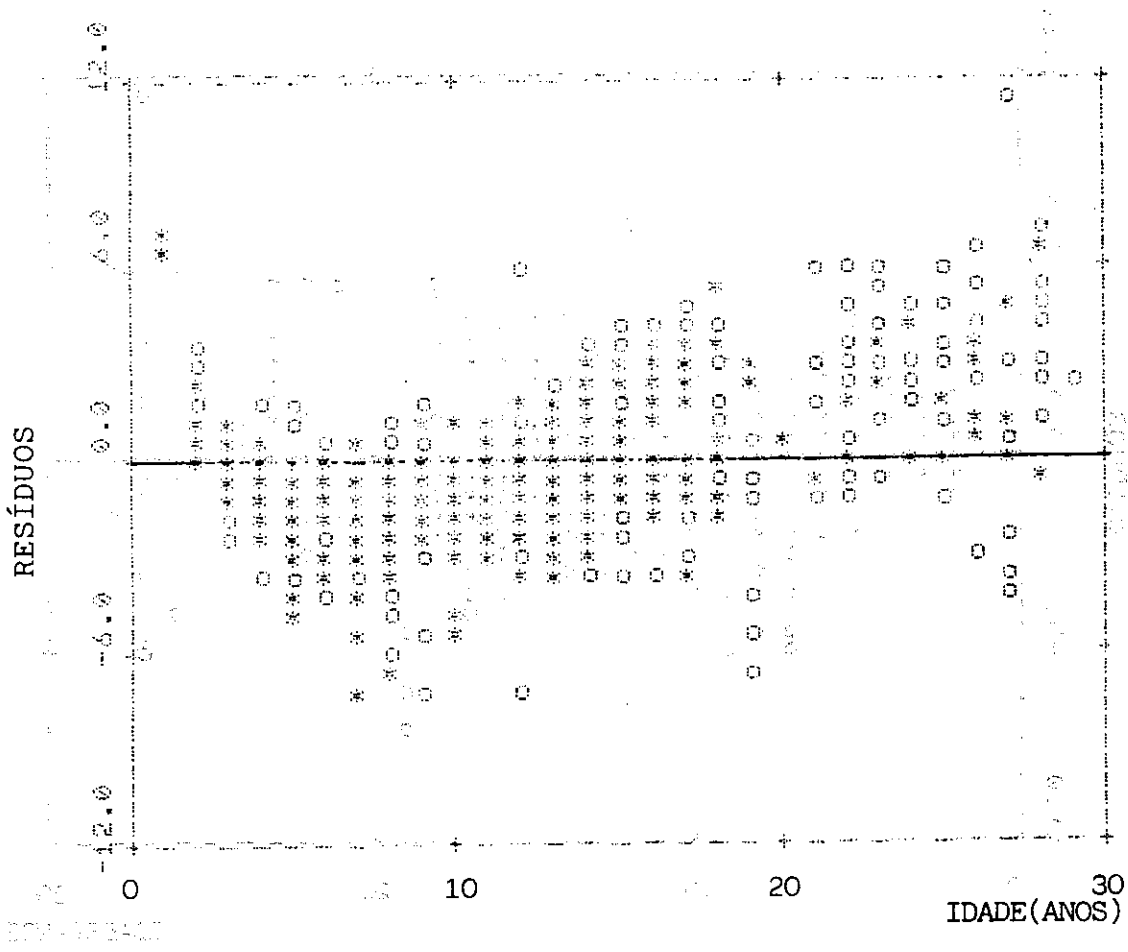


FIGURA 3: Distribuição dos resíduos (m) em função da idade para o Modelo 3.

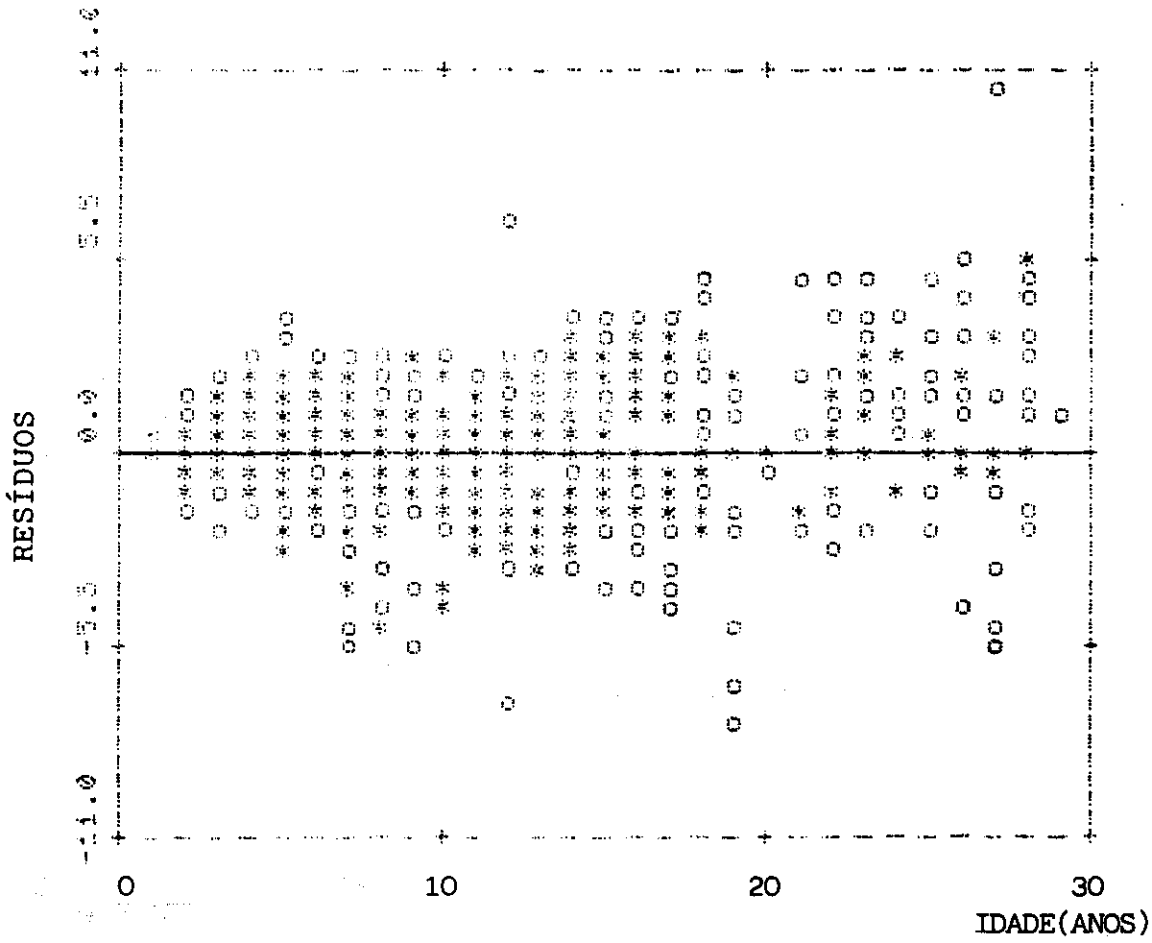


FIGURA 4: Distribuição dos resíduos (m) em função da idade para o Modelo 4.

RESÍDUOS

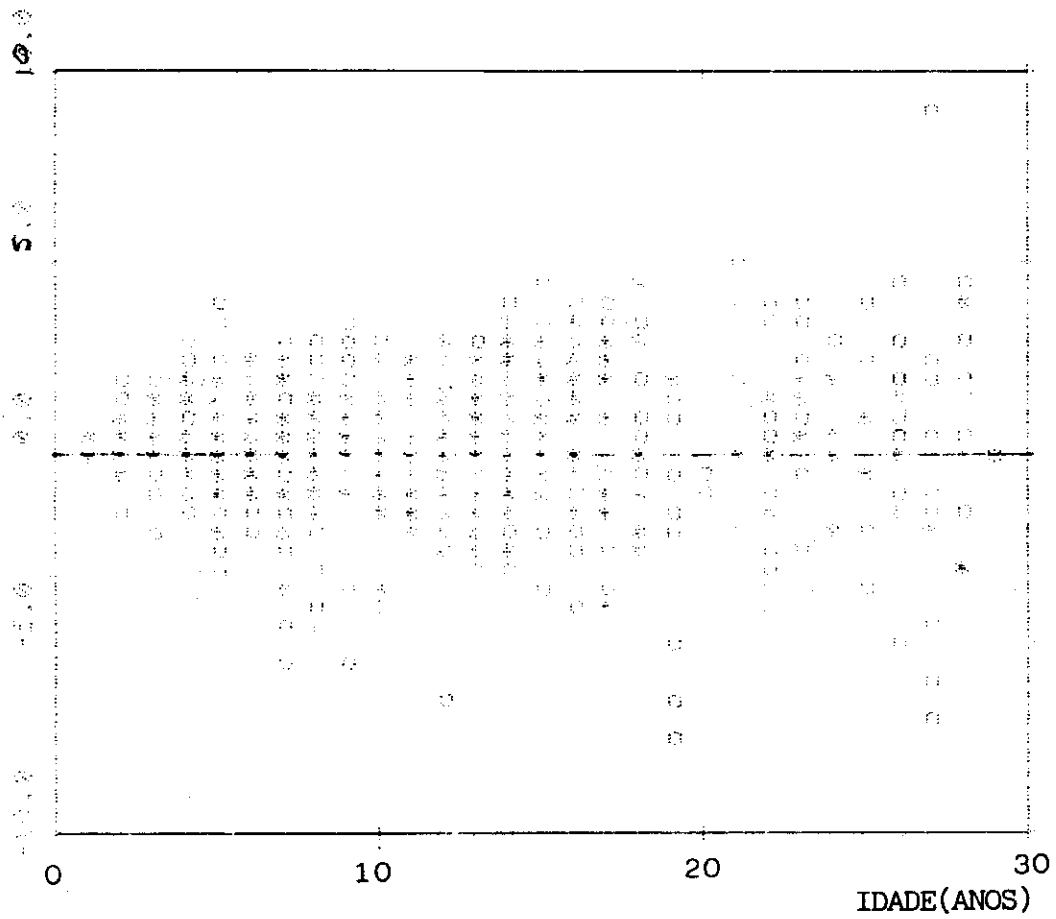


FIGURA 5: Distribuição dos resíduos (m) em função da idade para o Modelo 5.

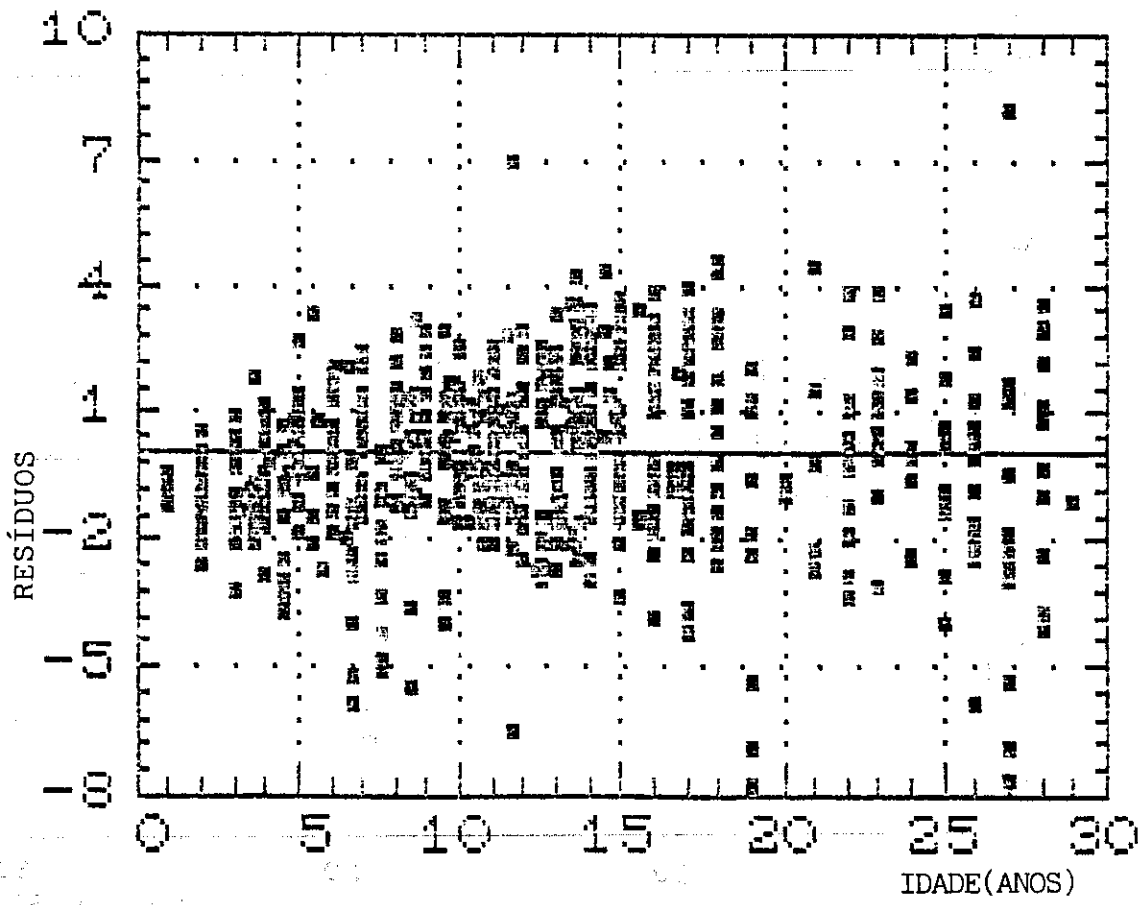


FIGURA 6: Distribuição dos resíduoos (m) em função da idade para o Modelo 6.

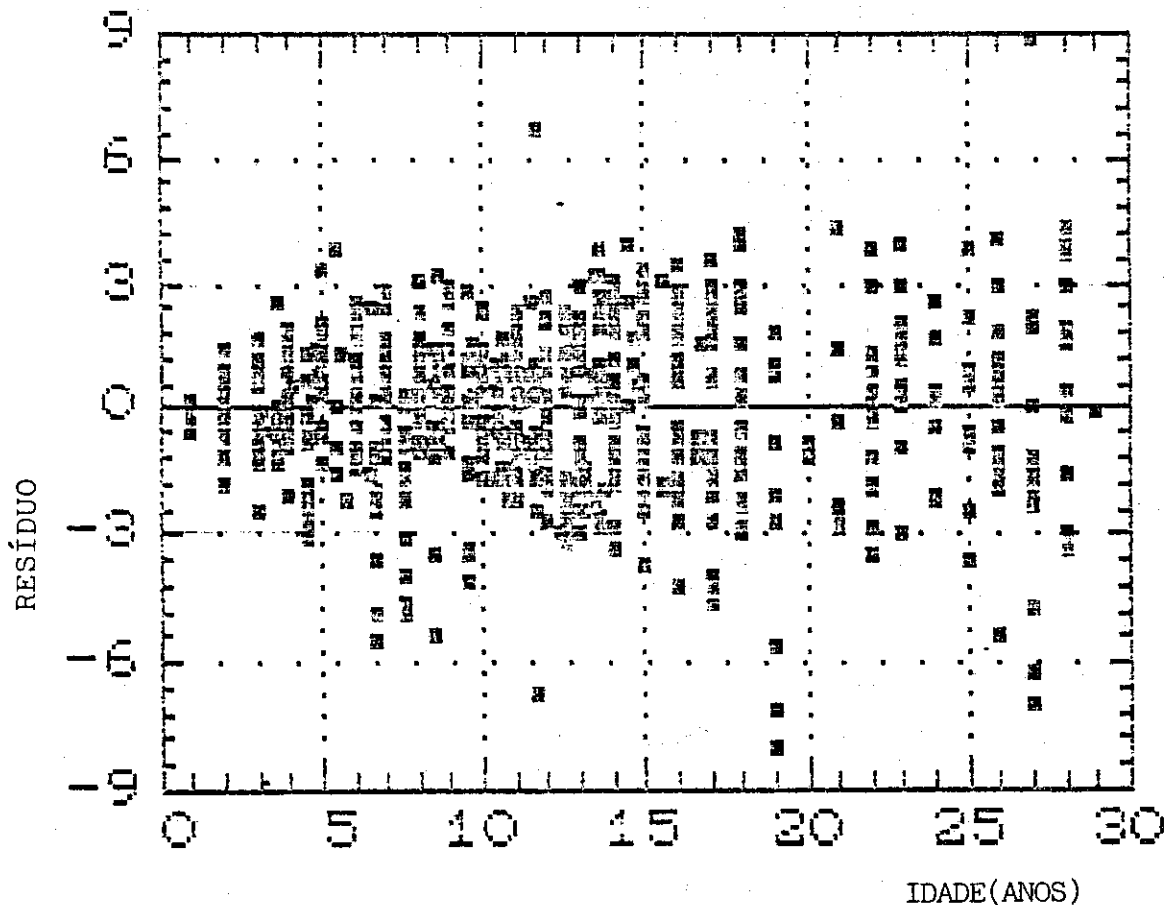


FIGURA 7: Distribuição dos resíduos (m) em função da idade para o Modelo 7.

No entanto observando a distribuição de seu resíduo em relação à idade na FIGURA 3, verifica-se claramente que existe uma grande tendenciosidade. Observa-se que nas menores idades, até os 7 anos aproximadamente, existe uma subestimativa dos valores em altura; a partir daí até os 13 anos (aproximadamente) existe uma superestimativa das alturas e a partir daí uma quase que completa subestimativa nas alturas. Esta distribuição dos resíduos pode ser melhorada com a introdução de um ou mais termos no modelo. Verifica-se que a introdução da variável $(I^3)^{-1}$ melhora sensivelmente a distribuição dos mesmos, conforme pode ser verificado na FIGURA 4.

Ilustra-se desta maneira a importância de se efetuar a seleção do melhor modelo também com base na distribuição dos resíduos.

No exemplo mostrado, embora os modelos apresentem R^2 altos e EPE relativamente baixos para fins de IS nenhum deles deve ser selecionado pois a distribuição gráfica dos resíduos mostra grande tendenciosidade o que implica uma curva média altura-idade com sub ou superestimativas perfeitamente identificáveis em todas as idades.

Assim para a escolha do modelo que melhor se ajusta ao conjunto de dados, além da observação dos valores de R^2 e do EPE, deve-se imprescindivelmente fazer uma avaliação da distribuição dos resíduos.

Como já observado as FIGURAS 1, 2, 3 mostram uma clara tendência nos resíduos.

Já as FIGURAS 4 e 6 apresentam tendência bem definidas nas maiores idades e no caso da FIGURA 6 também nas menores idades.

As FIGURAS 5 e 7 são as que apresentam os resíduos mais bem distribuídos ao longo do tempo, o que indica que os dois modelos podem ser utilizados. Entretanto numa análise mais acurada verifica-se que o modelo 5 (Prodan) apresenta uma ligeira, mas generalizada subestimativa nas alturas, enquanto o modelo de Chapman-Richards apresenta uma ligeira superestimativa nas idades de 5 a 10 anos.

Conjugando o R^2 o EPE e a distribuição dos resíduos selecionou-se o modelo 7. Outro fato que veio somar para a escolha deste modelo é que a soma dos desvios em relação a curva ajustada ficou mais próxima a zero do que a dos demais modelos, sendo igual a $-0,00653703$ metros. Assim o modelo 7 foi escolhido como o mais apropriado para expressar as curvas de índices de sítio para *Pinus elliotii* no Estado do Paraná e Santa Catarina.

O modelo selecionado foi:

$$\begin{aligned} \text{hdom} &= 33,48663 (1 - \exp(-0,0732239 \\ &\quad I)) 1,2911456 \\ R^2 &= 98,72\% \\ \text{EPE} &= 1,92 \text{ m} \end{aligned}$$

onde, o valor 33,48663 corresponde ao valor assintótico expresso pela curva média para as alturas dominantes das árvores de *Pinus elliotii*.

O valor 0,0732239 correspondete ao coeficiente b_1 , expressa a taxa de crescimento que define a inclinação média da curva de crescimento das hdom e comparativamente a encontrada por SCOLFORO & MACHADO¹⁶ para *Pinus taeda* (0,0720), verifica que são semelhantes.

Já o valor 1,2911456 correspondente ao coeficiente b_2 possibilita encontrar o valor de $m = 0,225494$ expressa a localização do ponto de inflexão na curva de crescimento, determinando assim a forma desta curva.

Verifica-se que o ponto de inflexão ocorre mais tardiamente para *Pinus elliotii* que para *Pinus taeda* conforme constatação de SCOLFORO & MACHADO¹⁶.

Para gerar a família de curvas de índice de sítio a equação 7 é rearranjada na seguinte forma:

$$\text{hdom} = \text{IS} \frac{(1 - \text{EXP}(-b_1 I))^{b_2}}{(1 - \text{EXP}(-b_1 I_{\text{ref}}))^{b_2}}$$

assim para uma idade de referência (I_{ref}) estabelecida aos 25 anos.

$$\text{hdom} = 1,253079599 \text{ IS} (1 - \text{EXP}(-b_1 I))^{b_2} \quad (8)$$

A partir da equação 8 pode-se traçar as curvas de IS e os limites das classes de sítio conforme pode ser observado respectivamente na FIGURA 8 e na TABELA 4.

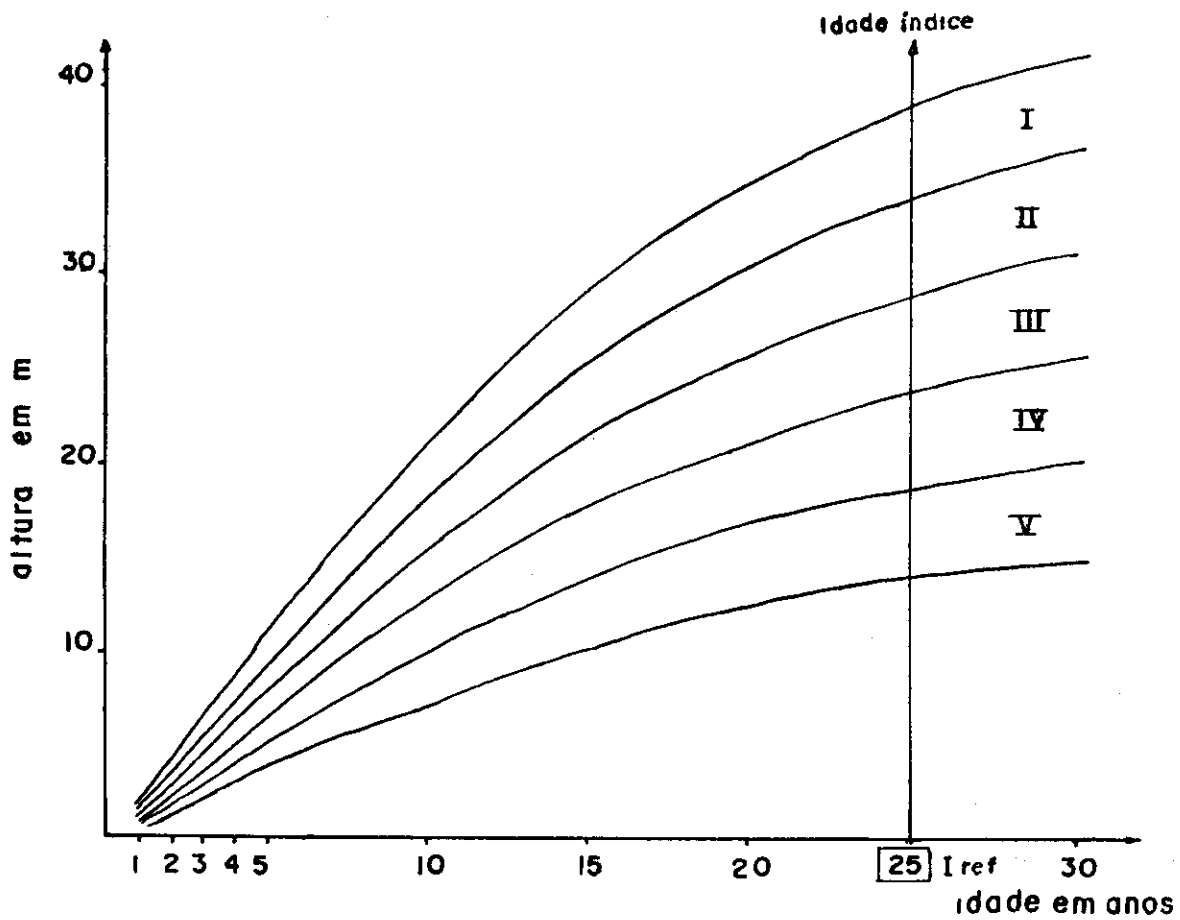


FIGURA 8: Curvas que expressam as classes de sítio para *Pinus elliotti* no Estado do Paraná e Santa Catarina.

TABELA 4: Limites das alturas estimadas em metro, por idade e classe de sítio.

Idade em Anos	CLASSES DE SÍTIO				
	V	IV	III	II	I
1	0,57-0,780	0,78-0,980	0,98-1,190	1,19-1,390	1,39-1,590
2	1,34-1,820	1,82-2,290	2,29-2,770	2,77-3,250	3,25-3,730
3	2,16-2,930	2,93-3,700	3,70-4,470	4,47-5,240	5,24-6,010
4	2,99-4,060	4,06-5,120	5,12-6,190	6,19-7,260	7,26-8,320
5	3,81-5,170	5,17-6,530	6,53-7,900	7,90-9,260	9,26-10,62
6	4,62-6,260	6,26-7,910	7,91-9,560	9,56-11,21	11,21-12,86
7	5,39-7,320	7,32-9,240	9,24-11,17	11,17-13,10	13,10-15,02
8	6,14-8,330	8,33-10,52	10,52-12,71	12,71-14,91	14,91-17,10
9	6,85-9,29	9,29-11,74	11,74-14,19	14,19-16,63	16,63-19,08
10	7,53-10,21	10,21-12,90	12,90-15,59	15,59-18,28	18,28-20,96
11	8,17-11,08	11,08-14,00	14,00-16,92	16,92-19,83	19,83-22,75
12	8,77-11,91	11,91-15,04	15,04-18,17	18,17-21,31	21,31-24,44
13	9,35-12,68	12,68-16,02	16,02-19,36	19,36-22,70	22,70-26,03
14	9,88-13,41	13,41-16,94	16,94-20,47	20,47-24,01	24,01-27,54
15	10,39-14,10	14,10-17,81	17,81-21,53	21,53-25,24	25,24-28,95
16	10,87-14,75	14,75-18,63	18,63-22,51	22,51-26,39	26,39-30,27
17	11,31-15,36	15,36-19,40	19,40-23,44	23,44-27,48	27,48-31,52
18	11,73-15,92	15,92-20,11	20,11-24,31	24,31-28,50	28,50-32,69
19	12,13-16,46	16,46-20,79	20,79-25,12	25,12-29,45	29,45-33,78
20	12,49-16,96	16,96-21,42	21,42-25,88	25,88-30,34	30,34-34,80
21	12,84-17,42	17,42-22,01	22,01-26,59	26,59-31,18	31,18-35,76
22	13,16-17,86	17,86-22,56	22,56-27,26	27,26-31,96	31,96-36,65
23	13,46-18,26	18,26-23,07	23,07-27,88	27,88-32,68	32,68-37,49
24	13,74-18,64	18,64-23,55	23,55-28,46	28,46-33,36	33,36-38,27
25	14,00-19,00	19,00-24,00	24,00-29,00	29,00-34,00	34,00-39,00
26	14,24-19,33	19,33-24,42	24,42-29,51	29,51-34,59	34,59-39,68
27	14,47-19,64	19,64-24,81	24,81-29,98	29,98-35,15	35,15-40,31
28	14,68-19,93	19,93-25,17	25,17-30,42	30,42-35,66	35,66-40,91
29	14,88-20,20	20,20-25,51	25,51-30,83	30,83-36,14	36,14-41,46
30	15,07-20,45	20,45-25,83	25,83-31,21	31,21-36,59	36,59-41,97
31	15,24-20,68	20,68-26,12	26,12-31,57	31,57-37,01	37,01-42,45
32	15,40-20,90	20,90-26,40	26,40-31,90	31,90-37,40	37,40-42,90
33	15,55-21,10	21,10-26,65	26,65-32,21	32,21-37,76	37,76-43,31
34	15,69-21,29	21,29-26,89	26,89-32,50	32,50-38,10	38,10-43,70
35	15,82-21,47	21,47-27,11	27,11-32,76	32,76-38,41	38,41-44,06

Fazendo a primeira derivada desta equação (8) tem-se a equação para expressar o incremento corrente anual (ICA) em altura para o *Pinus elliotii* num dado sítio em uma idade especificada, como apresentado a seguir:

$$\Delta H = +0,094542716 (\exp(+0,0732239I) - 1) \cdot h_{dom} \quad (9)$$

O efeito do IS nesta expressão (9) está embutido no valor estimado de h_{dom} que advém da expressão (8).

Para saber o incremento em altura de *Pinus elliotii* com IS 31,50m na idade de 20 anos, entra-se com estes valores em (8) e obtém-se $h_{dom} = 28,10m$. Entrando com este valor em (9) tem-se que o crescimento anual de *Pinus elliotii* no IS 31,50 na idade de 20 anos é igual 0,7989m.

Usando a equação (8) oriunda de um modelo que expressa o crescimento biológico, neste caso o de altura, fez-se a projeção das alturas para os índices de sítio 16,5m; 21,5m; 26,5m; e 31,5m e 36,5m na idade de 60 anos obtendo-se os valores de 20,35m; 26,51m; 32,68m; 38,84m e 45,06m, respectivamente.

Se comparadas as alturas para estes mesmos índices de sítio na idade de 30 anos verifica-se um crescimento de apenas 2,59m; 3,37m; 4,16m; 4,94m e 5,78m em altura durante um intervalo de 30 anos o que demonstra claramente que a partir dos 30 anos de idade ou até um pouco antes as alturas das árvores de *Pinus elliotii* pasam a ter um crescimento mínimo em todos os sítios considerados, sendo tanto menor quanto pior a qualidade do sítio.

4. VALIDADE DOS RESULTADOS

Conforme procedimento adotado por MACHADO¹⁰ e por KING¹¹ uma das maneiras de verificar a validade das classificações de IS é através da estabilidade dos Índices de Sítio ao longo do desenvolvimento do povoamento florestal. Estes autores sugerem que esta estabilidade pode ser testada comparando a relação altura-idade com as curvas de índice de sítio. Se as alturas reais das árvores medidas para a determinação do sítio coincidir com as alturas estimadas através da equação de índice é porque

há forte evidência de que as curvas de índice de sítio não são tendenciosas.

Erroneamente muitos usuários das curvas de índice de sítio acham que o objetivo do índice de sítio é a predição da altura do povoamento na idade índice. Deve-se salientar entretanto que o objetivo verdadeiro das curvas de índice de sítio é que a seleção do padrão de desenvolvimento da altura do povoamento siga aquela curva definida por toda a sua vida, indicando estabilidade, ou seja que não haja tendenciosidade ou qualquer outro erro de classificação da qualidade do local, CLUTTER et alii⁸.

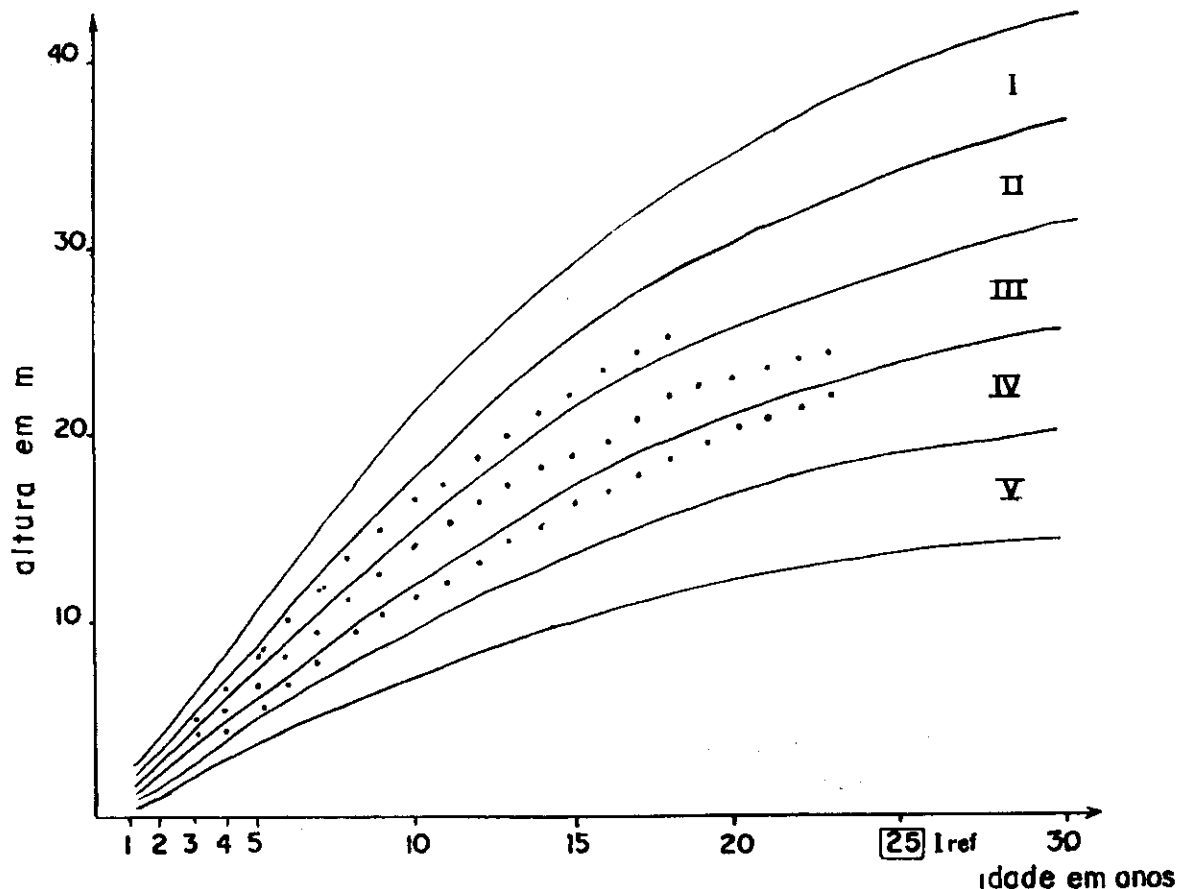


FIGURA 8: Alturas reais por idade, advindas de análise de tronco, plotadas entre os respectivos limites das classes de sítio.

Para testar a estabilidade destas curvas foi efetuada a reconstituição do crescimento em altura de 24 árvores dominantes por meio de análise de tronco. Estas árvores não foram utilizadas na geração da curva média para *Pinus elliotii*. Foram agrupados por classe de

sítio e suas alturas foram plotados entre as respectivas classes de sítio conforme pode ser visto para 3 árvores (1 por sítio, exceto para os sítios das extremidades) casualmente selecionadas das 24 árvores testadas com sucesso. Para os sítios extremos não se efetuou este pro-

cedimento pela inexistência de árvores disponíveis, conforme pode ser visto na FIGURA 8.

As curvas de índice de sítio desenvolvidas neste trabalho e as desenvolvidas por FISHWICK⁹ fornecem uma possibilidade de comparação. Pode-se observar que a curva guia do modelo de Schumacher utilizado por FISHWICK⁹ com

$R^2 = 71\%$, fornece uma altura de 16,11m na idade referência (12 anos); de 19,3m na idade de 18 anos e se estendida a idade de 25 anos apresenta altura de 21,49m. Já o modelo de Richards utilizado neste trabalho $R^2 = 98,72$ apresentam nestas mesmas idades as alturas de 16,74m, 22,39m, 26,72m. Tal fato vem comprovar

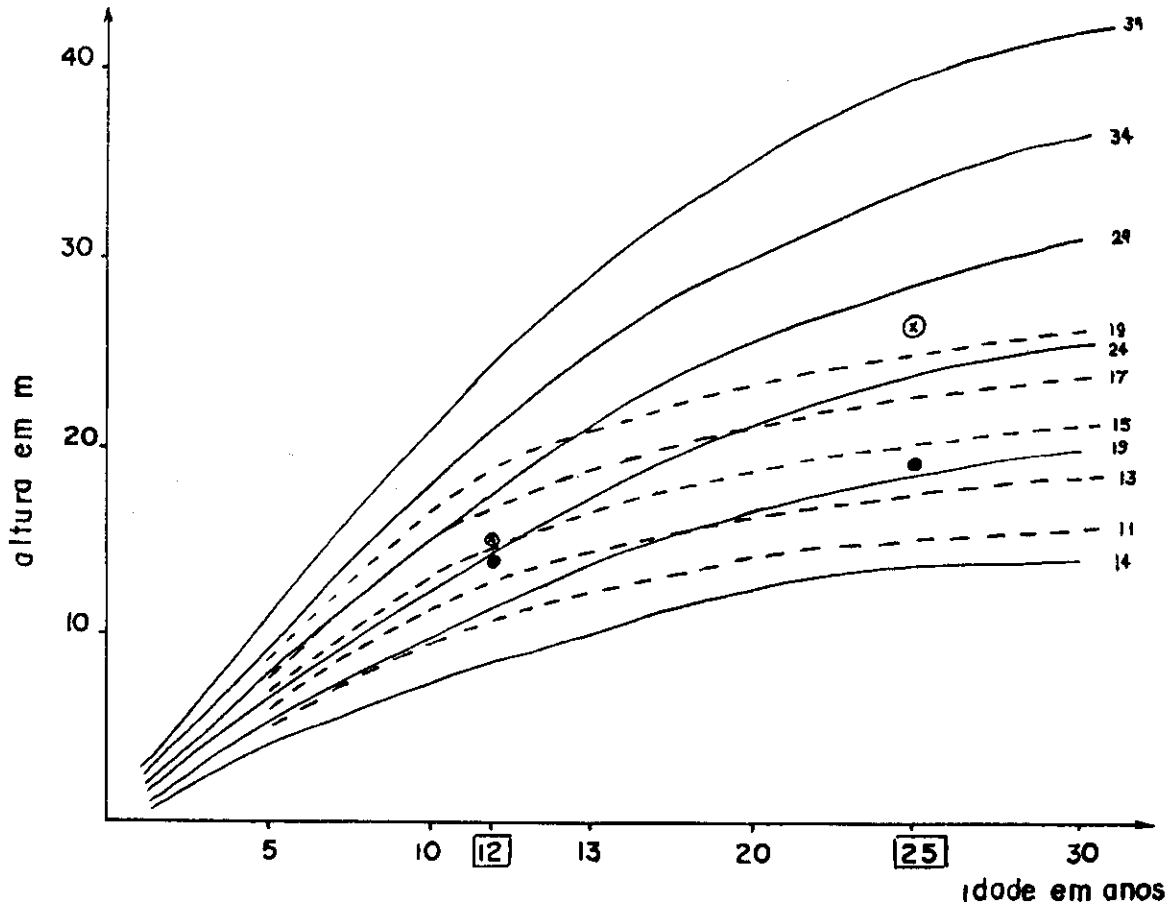


FIGURA 9 : FORMAS ASSUMIDAS PELOS MODELOS PROPOSTOS POR
 --- CURVAS IS FISHWICK
 ——— CURVAS IS SCOLFORO E MACHADO

- → ALTURAS DA CURVA MESTRE DA EQUAÇÃO DE FISHWICK AOS 12 E 25 ANOS
- ⊙ → ALTURAS DA CURVA MESTRE DA EQUAÇÃO DE SCOLFORO E MACHADO AOS 12 E 25 ANOS

a consideração de FISHWICK⁹ de que, quando mais dados estivessem disponíveis e cobrindo uma maior distribuição de classes de idade, que considerações nas mudanças da forma e ou inclinação das curvas deveriam ser analisadas;

além disso Fishwick alertou que novos plantios advindos de uma melhor tecnologia e mesmo sendo plantados outros sítios, também certamente influenciariam na mudança de inclinação das curvas de IS para *Pinus elliottii*.

Recomenda-se que a medida em que mais dados próximos às rotações finais estiverem disponíveis, assim como povoamentos incorporando os avanços propiciados pela tecnologia, que possíveis mudanças nas formas ou inclinações das curvas elaboradas neste trabalho devem ser estudadas e analisadas.

5. CONCLUSÕES

1. A escolha do modelo biológico de Richards deveu-se a uma superioridade na análise visual dos resíduos, R^2 e EPE, além deste modelo, por ser mais flexível possibilitar com maior segurança a predição das alturas além da idade máxima observada, o que não invalida o uso do modelo de Prodan.

2. Houve uma completa estabilidade do valor do índice de sítio atribuído a uma mesma árvore, cuja altura foi reconstituída por 23 anos (em sua maioria) para as 24 árvores analisadas.

3. Este padrão de estabilidade demonstrado pelas árvores testadas confere grande confiabilidade às curvas de índice de sítio, particularmente às classes II, III e IV que foram as testadas.

4. Deve-se efetuar classificação de sítio com base na altura dominante, a partir dos 5 a 6 anos de vida do povoamento, uma vez que os mesmos já estão mais estabelecidos e com um padrão de desenvolvimento mais definido em altura.

5. O uso de árvores provenientes de análise de tronco proporciona um peso mais equilibrado a equação no tocante a diferentes idades.

6. Não foi verificado neste trabalho mas é perfeitamente possível que árvores que se encontram próximas aos limites das classes de sítio podem flutuar de um sítio para outro a medida que haja quaisquer mudanças climáticas ou de qualquer fator do meio que influencie seu desenvolvimento.

7. As curvas elaboradas aqui pela maior amplitude de amostragem dos dados, sugerem ter uma maior amplitude e confiabilidade do que as elaboradas por Fishwick em 1977.

6. RESUMO

Esta pesquisa objetivou a comparação entre 7 modelos de regressão usados para o ajuste da relação entre altura dominante e idade e usar o melhor para a construção de curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus elliottii* nos estados sulinos do Paraná e Santa Catarina.

Usou-se para isso, dados de análise de tronco de 26 árvores dominantes, completados por medidas de alturas dominantes e idade de 260 parcelas temporárias espalhadas nesses estados. As idades variaram de 1 a 29 anos e os dados cobriram todas as classes de sítio.

As análises estatísticas e dos resíduos provaram que o modelo biológico de Chapman-Richards foi o melhor entre os testados, para ajustar a relação altura dominante-idade. Sendo assim ele foi usado para a construção das curvas de índice de sítio para a espécie em questão.

Foi também testada e comprovada a existência de estabilidade das curvas, evidenciando assim que há confiabilidade em usar tais curvas de índice de sítio para a classificação de plantações de *Pinus elliottii* nos Estados do Paraná e Santa Catarina e talvez em outros estados brasileiros onde esta espécie é também plantada.

7. LITERATURA CITADA

01. BATISTA, J.L.F. & COUTO, H.T.Z. Escolha de modelos matemáticos para construção de curvas de índice de sítio para florestas implantadas de *Eucalyptus* sp no Estado de São Paulo. IPEF (32):25-32. 1986.
02. BECK, D.E. & TROUSDELL. Site index: Accuracy of prediction. USDA Forest Service Research, paper SE-108. 7 p.
03. BRICKELL, J.E. A method for constructing site index curves from measurements of tree age and height; its application to inland Douglas fir. USDA Forest Service. Intermountain Forest and Range Exp. Station. Research paper INT 47. 23 p. 1968.
04. BURKHART, H.E. & TENNENT, R.B. Site index equations for radiata pine in New Zeland NZJ For Sci 7:408-406. 1977.

05. CAMPOS, J.C.C. Análise de crescimento e produção em plantações desbastadas. *Rev. Árvore*, 4 (2):157-169. 1980.
06. CAMPOS, J.C.C. Equações para calcular índice de local e incremento da altura em plantações puras de *Eucalyptus grandis*. *Rev. Árvore* 9(1): 1-9. 1985.
07. CAMPOS, J.C.C. & RIBEIRO, J.C. Produção dos povoamentos de *Eucalyptus* spp na região do Triângulo Mineiro. Viçosa, SIF, 43 p. Boletim Técnico n.º 1. 1983.
08. CLUTTER, J.L.; FORSTON, J.C.; PIENNAR, L.V.; BRISTER, G.H.; BAILEY, R.L. Timber management: a quantitative approach. John Wiley & Sons, New York. 1983. 333 p.
09. FISHWICK, R.W. Determinação de curvas de índice de sítio para *Pinus elliottii*. PRODEPEF, Brasília, Comunicação Técnica n.º 6. 10 p. 1977.
10. GREY, D.C. Site classification — Necessity or luxury? *South African Forestry Journal*. 134 35-37. 1985.
11. KING, J.E. Site index curves for Douglas Fir in the Pacific Northwest. Weyerhaeuser Forestry paper n.º 8. 49p. 1966.
12. KIRBY, C.L. Site index equations for lodgepole pine and white pine in Alberta. Canadian Forest Service. Northern Forest Research Center. Information Report NOR-142. 1975. 12 p.
13. JONES, J.R. Review and comparison of site evaluation methods. USDA, Forest Service RM Research Paper, Fort Collins, (51):1-27. 1969.
14. MACHADO, S.A. Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus taeda* na região central do Estado do Paraná. *Floresta*. Curitiba, 11(2):4-18. 1980.
15. SCHAFER, G.N. A site growth model for *Pinus elliottii* in the Southern cape. *South African Forestry Journal*. 146:12-17. 1988.
16. SCOLFORO, J.R.S. & MACHADO, S.A. Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus taeda* no Estado do Paraná e Santa Catarina. *Revista Floresta*. Vol. XVIII n.º 1 — 2. Curitiba, 1988.