

MODELAGEM PARA CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIOS EM POVOAMENTOS DE *PINUS TAEDA* L., NA REGIÃO DE CAÇADOR, SC, BRASIL

Saulo Jorge Téó*
Chaiane Rodrigues Schneider **
Reinaldo Hoinacki da Costa ***
Luan Demarco Fiorentin ****
Felipe Marcon *****
Karine Maria Atuatti Chiarello *****
Francieli Baggio dos Santos *****

RESUMO

Os objetivos com o presente trabalho foram o ajuste e a seleção de diferentes modelos estatísticos para construção de curvas anamórficas de índices de sítio, para povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC, Brasil. Os dados para a realização deste estudo provieram de parcelas temporárias e permanentes de área fixa, de 500 e 625 m², distribuídas de maneira aleatória pela área de estudo. Foram testados nove modelos para representar o desenvolvimento em altura dominante, os quais, após ajustados, foram selecionados com base no coeficiente de determinação ajustado (R^2), erro padrão da estimativa absoluto (σ) e relativo (σ_r) e análise gráfica de resíduos. O modelo de Chapman e Richards apresentou melhor desempenho dentre os modelos testados para construção das curvas de índice de sítio. Após a classificação de sítios e o teste de anamorfismo, concluiu-se que as curvas de índice de sítio geradas para os povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC, seguem o padrão anamórfico.

Palavras-chave: Modelos estatísticos. Índice de sítio. Curvas anamórficas.

1 INTRODUÇÃO

As plantações de *Pinus* foram estabelecidas no Brasil, principalmente, durante as décadas de 1970 e 1980, na procura da dinamização da economia nacional. Dentre as diferentes espécies inicialmente implantadas, destacou-se o *Pinus taeda* L. para industrialização na produção de papel e celulose (SHIMIZU, 2008).

De acordo com Kronka, Bertolani e Ponce (2005), a madeira de *Pinus* constitui importante fonte de matéria-prima na fabricação de diferentes produtos, cuja utilização pela indústria moveleira e construção civil vem crescendo a cada ano. Dessa maneira, o surgimento de novos empreendimentos na área florestal vem aumentando com igual intensidade.

Contudo, sempre que se pretende implantar um empreendimento florestal em uma determinada região, é necessário ter um amplo conhecimento das necessidades da espécie a ser plantada, bem como do potencial produtivo do local (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008). A classificação de sítios para povoamentos florestais, com antecipação, pode auxiliar na determinação com antecipação, da produtividade de um determinado local.

* Mestre em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná; doutorando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná; sauloteo@yahoo.com.br

** Graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná; chai.rodriguesschneider@gmail.com

*** Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná; reinaldo@frameport.com.br

**** Mestrando em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná; luanfiorentin@hotmail.com

***** Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná; felipemarconnn@hotmail.com

***** Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná; karinechiarello@uol.com.br

***** Graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná; francieliefrancieli@yahoo.com.br

Segundo Téó, Bressan e Costa (2011), os sítios florestais são considerados como áreas homogêneas quanto às suas características ambientais (climáticas, edáficas, topográficas, biológicas, etc.), as quais apresentam desenvolvimento florestal correspondente ao potencial dessas características.

A maioria dos empreendimentos florestais ocupa vastas áreas de terra, as quais apresentam características muito heterogêneas, resultando em diferentes níveis de produtividade. Manejar essas grandes áreas com floresta sem qualquer diferenciação ou classificação em relação ao seu potencial produtivo pode se tornar um processo com resultados insatisfatórios (TÉO; BRESSAN; COSTA, 2011).

Dessa forma, os objetivos neste trabalho são o ajuste e a seleção de diferentes modelos estatísticos para a construção de curvas anamórficas de índice de sítio, para povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo pertence à empresa Juliana Florestal Ltda., com sede em Caçador, SC. No entanto, os plantios de *Pinus taeda* realizados para este estudo também estão localizados nos municípios de Calmon, Lebon Régis, Macieira, Rio das Antas, Santa Cecília e Timbó Grande.

Segundo Prates, Manzolli e Mira (1989), a região de Caçador apresenta o clima subtropical com verões brandos (Cfb), da classificação de Köppen. A temperatura média anual varia de 14 a 16°C, a precipitação pluviométrica total anual é de 1300 a 2000 mm e a umidade relativa do ar média é de 78,1 a 82,9%. Quanto à vegetação, originalmente, destacam-se a Floresta Ombrófila Mista e os Campos do Planalto. As classes predominantes de solos da região dos povoamentos em estudo são Latossolos e Cambissolos.

Os povoamentos de *Pinus taeda* foram implantados com densidade inicial de 1600 árv./ha, aplicando-se o regime de manejo com quatro desbastes seletivo-sistemáticos nas idades de 8, 13, 16 e 20 anos, procedendo-se o corte raso, preferencialmente, aos 24 anos.

Ao todo, foram medidos 7780 pares de valores de idade e altura dominante, obtidos por meio de parcelas temporárias e permanentes de área fixa, no formato retangular, com áreas de 500 e 625 m², distribuídas de forma aleatória pelos povoamentos florestais. As parcelas foram instaladas para o inventário contínuo da empresa, contemplando as idades de 4 a 32 anos.

O cálculo das alturas dominantes foi realizado de acordo com Assmann (1970), em que a altura dominante foi calculada a partir da média das alturas das 100 árvores mais grossas por hectare. Portanto, a classificação de sítios, neste trabalho, foi realizada por meio do método direto, no qual o crescimento em altura dominante da floresta foi utilizado como indicador da qualidade do sítio.

Para representar o desenvolvimento da altura dominante sobre a idade dos povoamentos de *Pinus taeda*, foi necessário o ajuste de modelos estatísticos, os quais estão representados no Quadro 1.

Quadro 1 – Modelos estatísticos ajustados para classificação de sítios, para os povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC

n	Autor/Denominação	Modelo
Linear	1	Schumacher
	2	Schumacher
	3	Schumacher
	4	Henricksen
	5	Backman
	6	Prodan
Não-linear	7	Bailey e Clutter
	8	Monomolecular
	9	Chapman e Richards

Fonte: os autores.

Nota: Em que: logaritmo natural; altura dominante (m); idade (ano); base do logaritmo natural (2,718281829...); = coeficientes a serem estimados.

Os modelos lineares foram ajustados pelo método dos mínimos quadrados, enquanto os modelos não lineares foram ajustados por regressão não linear, com uso do algoritmo matemático de Gradiente Reduzido Generalizado (GRG), da ferramenta *Solver* (MS Excel®), o qual atuou minimizando a soma dos quadrados do erro a fim de encontrar o ajuste dos modelos.

Após o ajuste, os modelos foram avaliados pelas estatísticas de ajuste e precisão coeficiente de determinação ajustado (R^2), erro padrão da estimativa (SE), erro padrão da estimativa em porcentagem ($SE\%$) e análise gráfica de resíduos em porcentagem.

Os modelos logarítmicos tiveram as estatísticas de ajuste e precisão transformadas para os valores originais da variável de interesse, nesse caso, a altura dominante, com o auxílio do Fator de Correção de Meyer (F).

Após a seleção do modelo de melhor ajuste, foi empregado o método da curva guia visando gerar as curvas e índice de sítio. Como o corte raso dos povoamentos de *Pinus taeda* é realizado, preferencialmente, aos 24 anos, adotou-se essa idade como referência para a classificação dos sítios.

Posteriormente, efetuou-se o teste de anamorfismo, que consiste, basicamente, em verificar a existência de relação linear entre os índices de sítio e as alturas dominantes nas diferentes idades. Contudo, é necessário encontrar o valor do índice de sítio correspondente a cada valor de altura dominante (h_{dom}). Em seguida, a confiabilidade das curvas anamórficas foi testada, verificando-se a existência de relação linear entre os índices de sítio e as alturas dominantes nas diversas idades. Tanto a expressão para cálculo do índice de sítio (IS) correspondente a cada altura dominante quanto o modelo para verificar a relação entre índice de sítio (IS) e altura dominante (h_{dom}) são apresentados a seguir:

$$IS = h_{dom} \left(\frac{(1 - e^{-b_1 I_{ref}})^{b_2}}{(1 - e^{-b_1 I})^{b_2}} \right) \quad \text{Expressão 1}$$

$$IS = b_0 + b_1 h_{dom} \quad \text{Expressão 2}$$

Em que:

IS = índice de sítio (m);

h_{dom} = altura dominante (m);

b_1, b_2 = coeficientes do modelo estatístico selecionado para classificação de sítios;

I = idade para a qual a relação linear entre IS foi ajustada (ano);

I_{ref} = idade de referência para a classificação de sítios, 24 anos.

O modelo linear simples (Expressão 2) foi ajustado visando-se confirmar a hipótese de que há forte relação linear entre as variáveis envolvidas, expressando que o índice de sítio não depende da idade, mas da capacidade produtiva do local. Segundo Scolforo (2006), os resultados esperados são: coeficiente b_0 , estatisticamente igual a zero; coeficiente maior que 1 nas idades menores do que a idade de referência, sendo tanto maior quanto menores forem as idades; coeficiente b_1 menor do que 1 nas idades maiores do que a idade de referência, sendo tanto menor quanto maiores as idades; e coeficiente b_2 igual a 1 na idade de referência.

Após o teste de anamorfismo, também foram avaliados os coeficientes de variação (CV) das alturas dominantes para cada idade, em cada classe de sítio. Segundo Scolforo (2006), esses coeficientes de variação devem apresentar valores semelhantes para as diversas idades de uma mesma classe de sítio.

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão dispostos os coeficientes, bem como as estatísticas de ajuste e precisão para os nove modelos estatísticos ajustados para a classificação de sítios de povoamentos de *Pinus taeda*, na região de Caçador, SC.

Tabela 1 – Ajuste e precisão dos modelos estatísticos para classificação de sítios de povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC

n	Coeficientes			Estatísticas			
1	3,6832	-8,5829		0,9245	2,331	10,909	1,0053
2	3,8888	-14,2907	28,5089	0,9419	2,044	9,566	1,0004
3	3,9993	-18,4586	69,8022	-119,0871	0,9450	1,989	9,308
4	1,0308	0,7267		0,9492	1,912	8,950	1,0004
5	0,5069	1,1570	-0,0835	0,9483	1,929	9,027	1,0003
6	-4,9417	1,9693	0,2262	0,9443	2,002	9,371	
7	337,0610	-354,3259	0,0433	0,9376	2,120	9,919	
8	46,2288	-0,0399		0,9465	1,962	9,183	
9	112,4056	-0,0074	0,7583	0,9492	1,911	8,944	

Fonte: os autores.

Nota: b_0 , b_1 , b_2 e b_3 e coeficientes estimados; coeficiente de determinação ajustado; erro padrão de estimativa (m); erro padrão de estimativa em percentagem; Fator de Correção de Meyer.

Observando a Tabela 1, pode-se perceber que todos os modelos ajustados apresentaram maiores do que 0,92. Os modelos que apresentaram os maiores valores de foram os modelos 9 (Chapman e Richards) e 4 (Henricksen), seguidos dos modelos 5, 8, 3, 6, 2 e 7. Para o modelo 1 (Schumacher), observa-se o menor valor para . (MIGUEL et al., 2011), na classificação de sítios para plantios de *Eucalyptus urophylla* S. T Blake, em Niquelândia, Goiás, apresentaram como maior resultado para coeficiente de determinação o modelo de Bailey e Clutter, com 0,8671.

Para os modelos que apresentaram maior coeficiente de determinação, ou seja, os modelos 9 e 4, pode-se perceber que os valores obtidos são iguais a 0,9492, em ambos os modelos. Para Bila (2010), a qual estudou a classificação de sítios para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf., na região de Prata, Minas Gerais, os modelos de Chapman e Richards, seguidos do modelo de Schumacher, foram os que mais se destacaram, com os maiores valores obtidos para coeficiente de determinação ajustado.

Oliveira et al. (1998), na classificação de sítios para povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., no sul do Brasil, testaram sete modelos, os quais na avaliação das estatísticas de ajuste, o modelo de Chapman e Richards apresentou o maior coeficiente de determinação ajustado de 0,9771, seguido do modelo de Prodan, com 0,9662.

O fato de os modelos 9 e 4 apresentarem valores iguais para coeficiente de determinação ajustado, confirma a importância da análise da distribuição de resíduos e demais estatísticas de ajuste e precisão.

No erro padrão de estimativa em metros, o modelo 9 apresentou o menor valor, com 1,911 m, seguido do modelo 4 com 1,912 m. Os modelos 2, 3, 5, 6, 7, 8 apresentaram valores semelhantes, e, no modelo 1, foi observado o maior valor (2,331 m). Machado et al. (1997), na classificação de sítios para Bracatingais (*Mimosa scabrella* Benth) na região Metropolitana de Curitiba, obtiveram erro padrão de estimativa maior para os modelos de Schumacher e Prodan, com 2,34 e 2,26 m, respectivamente; já o modelo estatístico de menor erro foi o modelo de Chapman e Richards, com 1,67 m.

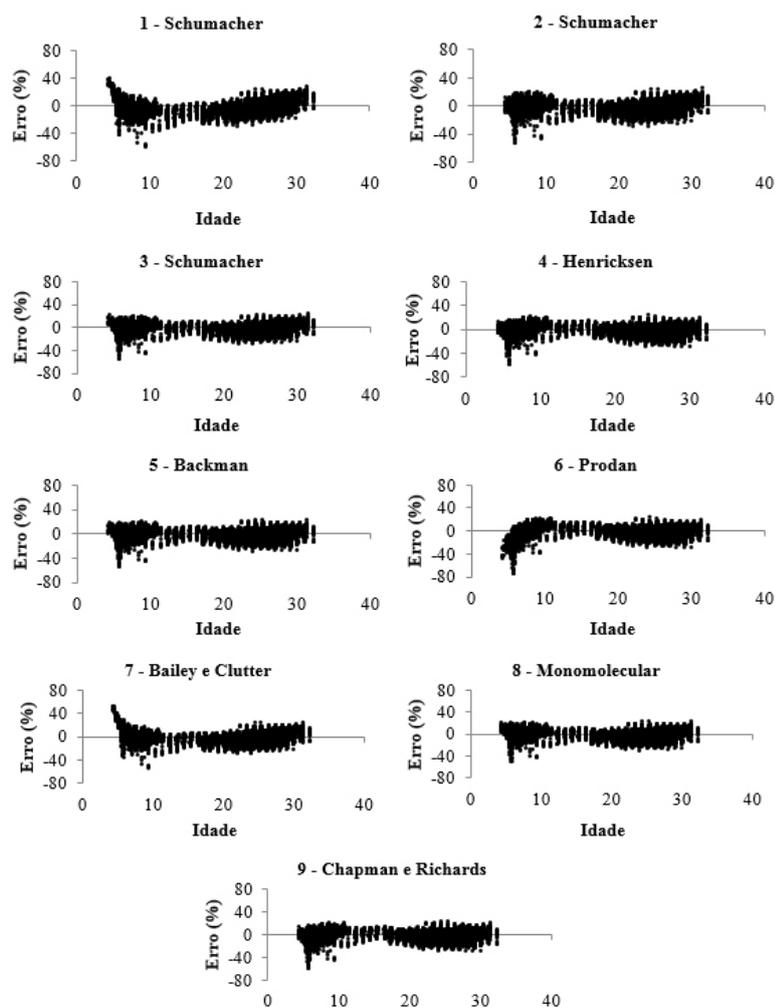
Entre os resultados para erro padrão de estimativa em percentagem, obtiveram-se valores em torno de 8 a 10%; os modelos 2, 3, 5, 6, 7 e 8 apresentaram os valores mais próximos. O modelo 1 apresentou o maior valor para erro padrão de estimativa, com 10,91%; já os modelos 4 e 9 apresentaram os menores valores, de 8,95% e 8,94%, respectivamente.

Observando-se a distribuição de resíduos em percentagem (Figura 1), nota-se que os modelos 2, 3, 4, 5, 8 e 9 apresentam gráficos de resíduos semelhantes, em que existem alguns valores negativos acentuados, os quais indicam superestimativas para a idade de 6 anos. Por outro lado, os modelos 1 e 7 apresentam valores de resíduo positivos mais acentuados para as menores e maiores idades, os quais indicam tendência de subestimativa da , especificamente abaixo dos 11 e acima dos 28 anos. Por fim, para o modelo 6, a distribuição de resíduos apresentou forte tendência de superestimativa dos valores de nas idades menores que 11 anos.

Para Oliveira et al. (1998), na análise de resíduos, em razão da existência de muitas avaliações terem sido efetuadas em idades jovens, todos os modelos apresentaram pouca eficiência ao estimar as alturas dominantes nas idades mais avançadas, principalmente nas idades maiores que 20 anos.

Téo, Bressan e Costa (2011), estudando modelos estatísticos para classificação de sítios em povoamentos de *Pinus taeda*, na região de Caçador, SC, observaram que o modelo que apresentou melhor ajuste foi o Monomolecular e com pior ajuste, o modelo de Schumacher.

Figura 1 – Dispersão de resíduos para os modelos ajustados para classificação de sítios, de povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC



Fonte: os autores.

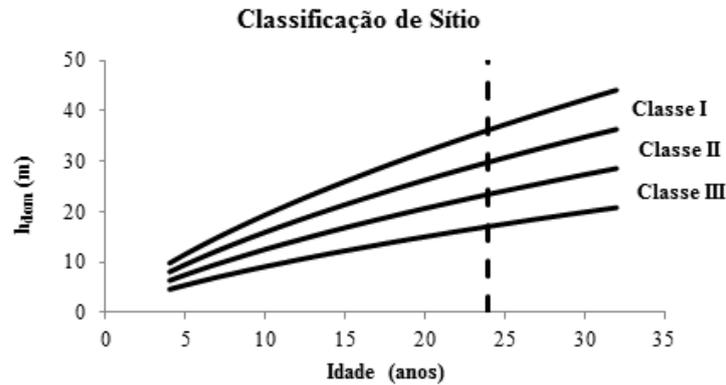
Batista e Couto (1986), na seleção de modelos para construção de curvas de índice de sítio para florestas de eucalipto, no estado de São Paulo, concluíram que, para *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, o modelo de melhor desempenho foi Chapman e Richards e, para *E. saligna* Smith, destacou-se o modelo de Henricksen.

De acordo com Miguel et al. (2011), o modelo de Chapman e Richards apresentou melhor desempenho para classificação de sítios de plantios de *Eucalyptus urophylla*. Os autores relataram que quanto aos gráficos de resíduos, visualmente, não existiram diferenças para os modelos ajustados, e que, em decorrência dessa semelhança, o modelo de melhor ajuste foi selecionado por meio das estatísticas de ajuste e precisão. Da mesma forma, neste estudo para povoamentos de *Pinus taeda* L., considerou-se a seleção do modelo de melhor ajuste por meio das estatísticas de ajuste e precisão, já que uma porção dos modelos apresentou gráficos de dispersão de resíduos muito semelhantes.

Portanto, o modelo de melhor ajuste selecionado para a construção das curvas de índice de sítio para os povoamentos de *Pinus taeda* L., da região de Caçador, foi o modelo de Chapman e Richards.

Com a determinação do modelo de melhor ajuste (Chapman e Richards) e a determinação dos limites superiores e inferiores, foram construídas as curvas de Índice de Sítio (Figura 2).

Gráfico 1 – Classificação de sítios efetuada a partir da equação de Chapman e Richards, para povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC



Fonte: os autores.

Na Tabela 2 estão dispostos os índices de sítio obtidos a partir da equação gerada pelo modelo de Chapman e Richards, com seus respectivos limites inferior e superior, para cada classe de sítio e idade.

Tabela 2 – Limites superiores e inferiores para as classes de sítio dos povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC

Idade	Classe III		Classe II		Classe I	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS
4	4,65	6,38	6,38	8,11	8,11	9,84
5	5,49	7,53	7,53	9,58	9,58	11,63
6	6,28	8,63	8,63	10,97	10,97	13,31
7	7,04	9,67	9,67	12,30	12,30	14,92
8	7,77	10,67	10,67	13,57	13,57	16,47
9	8,47	11,64	11,64	14,80	14,80	17,96
10	9,15	12,57	12,57	15,98	15,98	19,40
11	9,81	13,47	13,47	17,13	17,13	20,79
12	10,45	14,35	14,35	18,25	18,25	22,15
13	11,08	15,21	15,21	19,34	19,34	23,47
14	11,69	16,04	16,04	20,40	20,40	24,76
15	12,28	16,86	16,86	21,44	21,44	26,02
16	12,86	17,66	17,66	22,45	22,45	27,25
17	13,43	18,44	18,44	23,44	23,44	28,45
18	13,98	19,20	19,20	24,42	24,42	29,63
19	14,53	19,95	19,95	25,37	25,37	30,79
20	15,07	20,68	20,68	26,30	26,30	31,92
21	15,59	21,41	21,41	27,22	27,22	33,03
22	16,11	22,11	22,11	28,12	28,12	34,13
23	16,61	22,81	22,81	29,01	29,01	35,20
24	17,11	23,49	23,49	29,88	29,88	36,26
25	17,60	24,17	24,17	30,73	30,73	37,30
26	18,08	24,83	24,83	31,57	31,57	38,32
27	18,56	25,48	25,48	32,40	32,40	39,32
28	19,03	26,12	26,12	33,22	33,22	40,32
29	19,49	26,76	26,76	34,02	34,02	41,29
30	19,94	27,38	27,38	34,82	34,82	42,25
31	20,39	27,99	27,99	35,60	35,60	43,20
32	20,83	28,60	28,60	36,37	36,37	44,13

Fonte: os autores.

Nota: LI= limite inferior; LS= limite superior.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados dos ajustes do modelo linear do teste de anamorfismo, o qual relaciona o índice de sítio com a altura dominante em diferentes idades.

Observando os resultados da Tabela 3, pode-se dizer que as curvas de índice de sítio seguem o padrão anamórfico, pois o coeficiente apresentou valores muito próximos a zero para todas as idades. Além disso, na idade de referência, ou seja, 24 anos, obteve-se igual a 1, nas idades superiores obtiveram-se valores para menores que 1 e nas idades inferiores a 24 anos, o coeficiente apresentou valores maiores que 1. Assim, existe forte relação linear entre as variáveis envolvidas, indicando que o índice de sítio não depende da idade, mas da capacidade produtiva do local.

Tabela 3 – Resultados do teste de anamorfismo das curvas de índice de sítio, para os povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC

Idade	Coefficientes	Idade	Coefficientes
4	3,5527 x10-15	19	1,4211 x10-14
	2,540654		1,119074
5	3,5527 E-15	20	-1,0658 x10-14
	2,248050		1,091407
6	5,3291 x10-14	21	-1,7764 x10-14
	2,035947		1,065904
7	1,4211 x10-14	22	-1,4211 x10-14
	1,873638		1,042308
8	0,00000	23	1,7764 x10-14
	1,744576		1,020402
9	-3,5527 x10-15	24	-7,1054 x10-15
	1,638972		1,000000
10	-1,7764 x10-14	25	-2,1316 x10-14
	1,550624		0,980945
11	-1,7764 x10-14	26	-3,5527 x10-14
	1,475394		0,963101
12	-7,1054 x10-15	27	-8,5265 x10-14
	1,410401		0,946351
13	-2,4869 x10-14	28	-4,2633 x10-14
	1,353572		0,930592
14	-7,1054 x10-15	29	-1,4211 x10-14
	1,303374		0,915735
15	0,00000	30	-2,1316 x10-14
	1,258647		0,901700
16	-3,5527 x10-15	31	2,1316 x10-14
	1,218491		0,888418
17	3,5527 x10-15	32	3,5527 x10-15
	1,182201		0,875828
18	-1,7764 x10-14		
	1,149214		

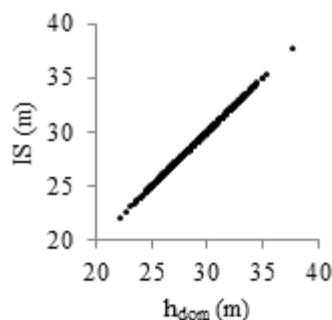
Fonte: os autores.

Selle, Schneider e Finger (1994), para classificação de sítio para *Pinus taeda*, na região de Cambará do Sul, RS, relataram que as curvas geradas seguem o padrão anamórfico e descrevem o crescimento em altura dominante para esses povoamentos florestais.

Segundo Scolforo e Machado (1988b), o teste de anamorfismo para curvas de índice de sítio de plantações de *Pinus taeda*, nos estados do Paraná e Santa Catarina, indicou a existência de uma forte correlação entre o índice de sítios e as alturas dominantes em todas as idades, o que confirma que o índice de sítio está sujeito à capacidade produtiva do local.

Para melhor interpretar o teste o anamorfismo das curvas de índice de sítio geradas, desenvolveu-se uma representação gráfica dos índices de sítio e altura dominante para idade de referência, a qual pode ser observada na Gráfico 2.

Gráfico 2 – Relação índice de sítio e altura dominante na idade de referência (24 anos), para povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC



Fonte: os autores.

Observa-se que a relação linear entre IS e h_{dom} na idade de referência, indica ângulo de 45° em relação ao eixo das abcissas, representado pelo coeficiente igual a 1 (Tabela 3), que reforça a existência de um padrão anamórfico das curvas de índice de sítio geradas para os povoamentos de *Pinus taeda*.

Além do teste de anamorfismo, também foram calculados os coeficientes de variação das alturas das árvores dominantes, para todas as idades do povoamento, em cada classe de sítio, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Coeficientes de variação das alturas dominantes nas diferentes idades, para o povoamento de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC

Idade	Coeficiente de Variação			Idade	Coeficiente de Variação		
	Classe I	Classe II	Classe III		Classe I	Classe II	Classe III
4	4,31	1,81	-	19	1,95	5,05	-
5	4,78	5,52	4,35	20	2,04	5,26	-
6	3,29	6,20	8,33	21	1,99	5,60	-
7	3,45	6,25	3,38	22	3,99	5,53	1,74
8	3,93	5,09	4,26	23	5,13	5,47	0,94
9	3,81	4,90	3,17	24	4,13	0,37	2,43
10	3,47	4,42	-	25	3,85	5,92	1,45
11	3,88	6,20	-	26	3,78	5,99	0,82
12	3,26	4,66	-	27	3,96	5,88	1,92
13	3,01	4,29	-	28	3,80	5,94	2,90
14	3,01	3,02	-	29	-	6,00	2,06
15	3,74	2,83	-	30	3,97	5,91	-
16	3,32	2,77	-	31	4,44	5,54	-
17	3,03	4,18	-	32	1,70	6,86	-
18	1,81	4,19	-				

Fonte: os autores.

Nota-se, na Tabela 4, que as Classes de Sítio I e II apresentaram coeficientes de variação semelhantes em cada classe para as diferentes idades. Porém, isso não ocorre na Classe III, em que se acredita que a menor intensidade amostral tenha influenciado os valores do coeficiente de variação. Porém, é possível afirmar que, as curvas de índice de sítio seguem o padrão anamórfico, uma vez que os coeficientes de variação são semelhantes nas diferentes idades nas Classes de Sítio I e II. Essa semelhança também foi verificada por Scolforo (1992) e Téó, Bressan e Costa (2011).

Scolforo e Machado (1988b) procuraram avaliar sete modelos estatísticos para elaboração de curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus taeda*, nos estados do Paraná e Santa Catarina, os quais selecionaram, em razão da superioridade nas medidas de precisão, o modelo biológico de Chapman e Richards. Os autores, ainda, relataram que não é inválido o uso dos modelos Monomolecular e Prodan, assim como que as curvas elaboradas podem, provavelmente, ser usadas para classificar sítios de *Pinus taeda* nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo.

Scolforo (1992) gerou curvas de índice de sítio para povoamentos de *Pinus caribea* var. *hondurensis*, no município de Agudos, São Paulo, com o modelo de Bailey. As curvas de índice de sítio geradas, embora tenham padrão anamórfico, foram testadas pelo método da diferença algébrica, que, segundo o autor, pode ser um caminho eficiente na elaboração de curvas de índice de sítio polimórficas.

3 CONCLUSÃO

Foi possível concluir que o modelo de melhor desempenho foi o de Chapman e Richards e, portanto, é o modelo mais adequado para a construção das curvas de índice de sítio para os povoamentos de *Pinus taeda* L., na região de Caçador, SC. Além disso, foi possível constatar que as curvas de índice de sítio para esses mesmos povoamentos seguem padrão anamórfico.

Modeling for site classification in pinus taeda l. stands, in the region of Caçador, SC, Brazil

Abstract

The aims with this work were to fit and select different statistical models to construct anamorphic site index curves, for Pinus taeda L. stands, in the region of Caçador, Santa Catarina State, Brazil. The data for the realization of this study came from temporary and permanent sample plots with fixed area, of 500 and 625 m², distributed in a randomly manner throughout the study area. It was tested nine models for represent the dominant height development, which, after the fitting process they were selected by the adjusted determination coefficient (R^2), absolute (and relative) standard error of estimate and relative error graphic analysis. The Chapman and Richards model presented the best performance considering all models tested for construct the site index curves. After the site classification and anamorphic test, it was conclude that the site index curves constructed for the Pinus taeda L. stands, in the region of Caçador, SC, follows anamorphic pattern.

Keywords: Statistical models. Site index. Anamorphic curves.

REFERÊNCIAS

ASSMANN, Ernest. **The principles of forest yield study**: studies in the organic production, structure, incrementa and yield of forest stands. Oxford: Pergamon Press, 1970.

BATISTA, João Luís Ferreira; COUTO, Hilton Thadeu Zarate do. Escolha de modelos matemáticos para a construção de curvas de índice de sítio para florestas implantadas de *Eucalyptus* sp. no estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, n. 32, p. 33-42, abr. 1986.

BILA, Jacob Miguel. **Classificação de sítios com base em fatores edáficos para *Pinus caribea* var. *hondurensis* na região de Prata, Minas Gerais**. 2010. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)—Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

KRONKA, Francisco José Nascimento; BERTOLANI, Francisco; PONCE, Reinaldo Herrero. **A cultura do *Pinus* no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.

MACHADO, Sebastião do Amaral et al. Classificação de sítio para bracatingais na região metropolitana de Curitiba. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 35, p. 21-37, jul./dez. 1997.

MIGUEL, Eder Pereira et al. Classificação de sítio para plantios de *Eucalyptus urophylla* em Niquelândia, Estado de Goiás. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, 2011.

OLIVEIRA, Edilson Batista de et al. Classificação de sítio para povoamentos de *Pinus elliotti* Engelm. no sul do Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 37, p. 5-18, 1998.

PRATES, Arlene Maria Maykot; MANZOLLI, Judite Irene; MIRA, Marly Anna Fortes Bustamante. **Geografia física de Santa Catarina**. Florianópolis: Lunardelli, 1989.

SCHNEIDER, Paulo Renato; SCHNEIDER, Paulo Sérgio Pigatto. **Introdução ao manejo florestal**. 2. ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008.

SCOLFORO, José Roberto Soares. **Biometria florestal**: modelos de crescimento e produção florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

SCOLFORO, José Roberto Soares. Curvas de índice de sítio para *Pinus caribea var. hondurensis*. **IPEF**, n. 45, p. 40-47, 1992.

SCOLFORO, José Roberto Soares; MACHADO, Sebastião do Amaral. Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina. **Floresta**, Curitiba, v. 18, n. 12, p. 159-173, 1988.

SELLE, Gerson Luiz; SCHNEIDER, Paulo Renato; FINGER, César Augusto Guimarães. Classificação de sítio para *Pinus taeda* L., através da altura dominante, para a região de Cambará do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 77-95, 1994.

SHIMIZU, Jarbas Yukio. **Pinus na silvicultura brasileira**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

TÉÓ, Saulo Jorge; BRESSAN, Diego Ricardo; COSTA, Reinaldo Hoinack da. Uso de modelos estatísticos para classificação de sítios em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Caçador, SC. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 179-188, 2011.

TONINI, Helio. **Crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm., em três unidades de mapeamento de solo, nas regiões da serra do sudeste e litoral, no estado do Rio Grande do Sul**. 2000. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)—Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

TONINI, Helio et al. Crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm., na região de Piratini no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 417-423, 2001.

TONINI, Helio et al. Índice de sítio para *Pinus elliottii* Engelm., em três unidades de mapeamento de solo, nas regiões da serra do sudeste e litoral, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 61-73, 2002.