

CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO PARA PLANTIOS DE *Eucalyptus urophylla* EM NIQUELÂNDIA, ESTADO DE GOIÁS

Eder Pereira Miguel¹, José Imaña Encinas²; Alba Valéria Rezende³; Júlio Cesar Sobreira Ferreira⁴; Giovanna Paiva Aguiar⁵.

1. Professor Mestre da Universidade de Brasília – UNB. CEP 70919-970 e Doutorando em Engenharia Florestal pela Universidade de Brasília – UNB.– Brasília – DF. edermiguel@unb.br.
2. Professor Doutor da Universidade de Brasília – UNB. CEP 70919-970 – Brasília – DF. imana@unb.br
3. Professora Doutora da Universidade de Brasília – UNB. CEP 70919-970 – Brasília – DF. albavr@unb.br
4. Professor Mestre do Instituto Federal do Maranhão, Campos Codó. CEP 654000-000 – Codó – MA. juliosobreira@gmail.com
5. Aluna do Curso de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília – UNB. CEP 70919-970 – Brasília – DF. Gigia143@gmail.com

Data de recebimento: 02/05/2011 - Data de aprovação: 31/05/2011

RESUMO

Este estudo foi realizado com o objetivo de estimar o índice de sítio para povoamentos de *Eucalyptus urophylla* localizados no município de Niquelândia, Estado de Goiás, pertencente à empresa mineradora CODEMIN, de propriedade do Grupo Anglo American. Para atender a este estudo foram selecionadas 21 parcelas de 0,06 ha, monitoradas periodicamente dos 3 (três) anos até os 6 anos de idade. Considerou-se a idade de referência igual a 7 (sete) anos. Foram testados seis modelos de índice de sítio. O modelo de Chapman & Richard foi selecionado e posteriormente submetido ao teste de anamorfismo, a partir da verificação da existência de relação linear entre o índice de sítio e as alturas dominantes médias em diferentes idades. A análise do teste de anamorfismo detectou que a base de dados segue um padrão anamórfico, indicando que o índice de sítio não depende da idade, mas sim da capacidade produtiva do local. O método da curva-guia foi a técnica utilizada para a construção das curvas de índice de sítio.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Sítio; Método da Curva-Guia; Povoamentos Florestais; Teste de Anamorfismo.

SITE CLASSIFICATION FOR *Eucalyptus urophylla* PLANTING AT NIQUELÂNDIA STATE OF GOIÁS

ABSTRACT

This study was carried out with the purpose of estimating the site index for *Eucalyptus urophylla* stands located at the county of Niquelândia, in the state of Goiás. The stands are owned by the mining company CODEMIN, property of the Anglo American Group. In order to execute the study, 21 plots of 0.06ha were selected. They were periodically monitored from their 3rd to their 6th year of age. A

reference age of 7 years old was considered. Six models of site index were tested. The Chapman and Richard model was tested and then submitted to the anamorphism test, through the verification of the existence of a linear relationship between the site index and the average dominant heights in different ages. The analysis of the anamorphism test showed that the data base follows an anamorphic pattern, indicating that the site index doesn't depend on the age, but on the productive capacity of the site. The guide-curve method was the adopted technique for building the site index curves.

KEY-WORDS: Site Index; Guide-Curve Method; Forest Stands; Anamorphism Test.

INTRODUÇÃO

A qualidade de sítio é definida como a capacidade que uma área tem para o crescimento de árvores. É a resposta, em desenvolvimento, de uma determinada espécie à totalidade das condições ambientais (edáficas, climáticas e bióticas) existentes em um determinado lugar. O conhecimento da qualidade do sítio é de fundamental importância para eleger os melhores sítios, para o plantio da espécie apropriada no lugar adequado e para mudar as características do sítio (PRODAN *et al.*, 1997).

Conhecer as variações ambientais numa área florestada, principalmente quanto ao clima e ao solo, é de grande importância para as atividades florestais como manejo, melhoramento, inventário e exploração. Nas ciências florestais é comum aplicar o termo "SÍTIO" para designar a influência do ambiente sobre a produção florestal (BATISTA e COUTO, 1986).

Para CAMPOS & LEITE (2006), a qualidade do local ou capacidade produtiva do local pode ser definida como o potencial que um determinado local tem para produção de madeira (ou outro produto), considerando determinada espécie ou clone.

Uma das atividades básicas na formação de povoamentos florestais é a determinação das unidades de produção que podem ser definidas através de vários procedimentos, sendo um dos métodos a classificação de sítios florestais. Esta prática permite avaliar a capacidade produtiva de uma determinada área, correlacionando com a espécie ou espécies que nela se deseja produzir. Desta forma, grande parte das decisões tomadas no manejo florestal baseia na classificação de sítios.

Apesar de ser uma importante ferramenta para o planejamento administrativo e mesmo produtivo das empresas ligadas ao setor florestal, poucas empresas têm suas áreas classificadas quanto ao seu índice de produtividade.

A classificação das propriedades florestais quanto aos possíveis níveis de produtividade é imprescindível, pois da maior ou menor produtividade do sítio dependem vários atributos. Estes atributos podem ser a dimensão dos produtos vindos da floresta nas várias idades; a viabilidade ou não de projetos florestais; as diferentes respostas de certas culturas florestais; a identificação do potencial de produtividade da propriedade florestal, que permitem fornecer consistentes referências para o diagnóstico e prescrição do manejo e conservação do solo.

FIGUEIREDO FILHO et al. (1993) afirmaram que a qualidade do sítio afeta a forma do tronco, onde em sítios de menor capacidade produtiva, as árvores apresentam maior conicidade.

Segundo PRODAN et al. (1997), a qualidade do sítio define a capacidade de uma espécie se desenvolver em um determinado local, levando em consideração as totais condições ambientais do determinado lugar.

Várias são as formas de classificar a produtividade de um local: fatores edáficos, fatores climáticos, fatores fisiográficos, a vegetação rasteira, multifatorial de sítio, registro histórico e elementos dendrométricos (volume, área basal e altura).

No entanto, a classificação a partir da altura dominante tem sido considerada a forma mais prática e usual, especialmente pelo fato desta variável não ser influenciada por desbastes por baixo e não ser afetada pela densidade do povoamento.

Devido à preocupação com o gerenciamento florestal, empresas do setor vêm buscando maior conhecimento do potencial de suas florestas, tanto presente como futuro no tocante a crescimento e produção. Assim a classificação dos sítios florestais vem se tornando atividade fundamental, para o estudo do crescimento futuro.

Entretanto, estudos sobre classificação de sítios e sobre modelagem do crescimento e produção florestal ainda são poucos no Brasil. Apenas algumas empresas possuem suas florestas classificadas e mapeadas, em termos de capacidade de produção e poucas possuem um modelo de crescimento e produção para as suas florestas.

Este trabalho tem como objetivos definir classes de índice de sítio para um povoamento de *Eucalyptus urophylla*, pertencente à Empresa mineradora CODEMIN, de propriedade do Grupo Anglo American, visando contribuir no manejo de suas florestas bem como no planejamento da sua produção madeireira.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

Este estudo foi realizado no município de Niquelândia, estado de Goiás, em um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* S. T Blake, pertencente à empresa mineradora CODEMIN, de propriedade do Grupo Anglo American. A Figura 1 apresenta a localização do município de Niquelândia e da sede da empresa.

O município de Niquelândia encontra-se à 583 m de altitude, entre as coordenadas 14° 28' 26" de latitude sul e 48° 27' 35" de longitude oeste. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo AW, característico dos climas úmidos tropicais, com duas estações bem definidas: seca, no inverno, de maio até agosto, e úmida, no verão com início em outubro até o mês de março, com uma temperatura média anual de 28° C. O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho-Amarelo, não hidromórfico com horizonte B latossólico, textura média e relevo plano ondulado (EMBRAPA, 2006).

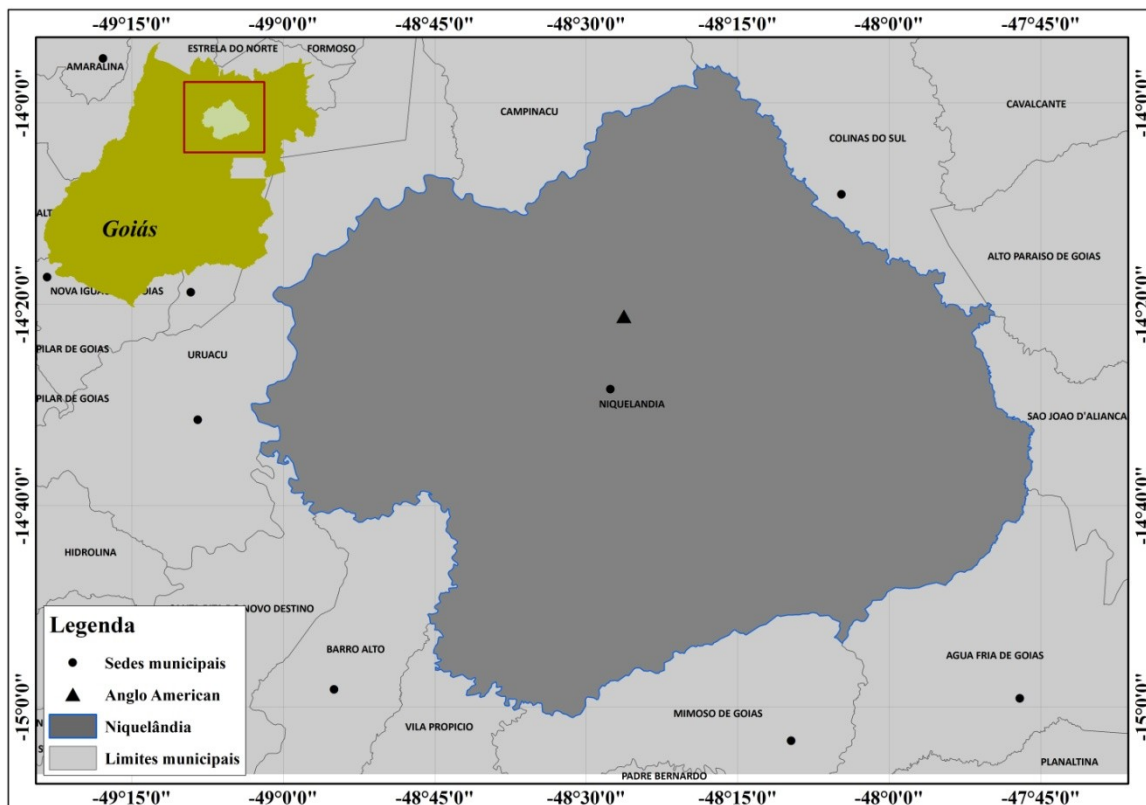


FIGURA 1 – Localização da área de estudo.

A empresa CODEMIN é produtora da liga ferro-níquel e utiliza a madeira de eucalipto, na forma de cavacos, como redutora no processo. Possui florestas próprias de eucalipto das espécies *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urograndis* e *Eucalyptus urophylla*. Sua produção de ferro-níquel gira em torno de 19.820 t/ano e a produção de níquel contido é de 6.000 t/ano.

Para atender este estudo, foi selecionado um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* S. T Blake, plantado em 2004, em diferentes áreas destinadas a plantios.

Com o objetivo de classificar os sítios dos diferentes talhões, foi realizado um inventário na área de estudo, onde foram implantadas 21 parcelas permanentes de 480 m² cada, distribuídas aleatoriamente entre os diferentes talhões (sete). Na ocasião desse inventário, os talhões apresentavam idades variando entre 2,59 e 2,71 anos. A variação na idade se deve ao fato do plantio dos diferentes talhões não ter sido realizado num mesmo período do ano. A segunda medição no povoamento foi realizada nas mesmas parcelas permanentes e nas idades variando de 5,42 e 5,71 anos.

Em cada inventário foram mensuradas em cada parcela as variáveis DAP e altura total de todas as árvores com DAP igual ou superior a 5 cm. Em seguida, obteve-se a altura dominante para cada parcela, considerando a definição de Assmann, que define a altura dominante como sendo a altura média das 100 árvores de maior diâmetro (DAP) em um hectare.

Desta forma, para cada parcela e nos dois monitoramentos realizados, foram obtidos os pares de dados, altura dominante e idade do plantio, os quais foram utilizados para classificar os índices de sítio do povoamento estudado.

Os ajustes dos modelos foram realizados utilizando o programa estatístico Statgraphics Centurion e a seleção da melhor equação ajustada considerou as seguintes medidas de precisão: a) Análise gráfica dos resíduos expressos em percentagem; b) Estabilidade; c) Erro Padrão Residual Absoluto (Syx) e percentual (Syx%); d) Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}). O ajuste dos modelos não lineares foi realizado por meio de análise de regressão não linear.

Ajustados os modelos de índice de sítio e selecionado o melhor modelo, foi realizado o teste de anamorfismo para a equação que propiciou o melhor ajuste de sítios, a fim de avaliar se as curvas apresentavam comportamento polimórfico ou anamórfico, e definir se as alturas dominantes numa mesma idade em distintos sítios apresentam taxa diferente de crescimento.

Assim, a partir dos dados dos dois inventários realizados no povoamento foram ajustados e testados diferentes modelos matemáticos tradicionais, existentes na literatura, que expressam a relação entre altura média das árvores dominantes e idade conforme Quadro 1.

QUADRO 1 - Modelos ajustados pelo método da curva-guia para expressar a capacidade produtiva dos diferentes locais.

Identificação	Modelos	Autoria
Modelo 1	$Ln(Hdom) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{1}{Id}\right)$	Shumacher
Modelo 2	$Ln(hdom) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left[\left(\frac{1}{Id}\right)^{\beta_2}\right]$	Bailey & Clutter
Modelo 3	$Hdom = \beta_0 \cdot [1 - \exp(\beta_1 \cdot Id)^{\beta_2}]$	Chapman & Richards
Modelo 4	$Hdom = \beta_0 \cdot [1 - \exp(\beta_1 \cdot Id)]$	Spillman
Modelo 5	$Ln(Hdom) = \frac{Id^2}{\beta_0 + \beta_1 \cdot Id + \beta_2 \cdot Id^2}$	Prodan
Modelo 6	$Hdom = \beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{1}{Id}\right)$	Curtis

Onde:

\ln = Logaritmo natural

$hdom$ = Altura das árvores dominantes (m)

Id = Idade do povoamento.

$\beta_0; \beta_1; \beta_2$ = Coeficientes a serem obtidos

Segundo SCOLFORO (1997), as curvas anamórficas caracterizam-se por apresentar uma taxa constante de crescimento relativo à altura para qualquer sítio. Nas curvas polimórficas, a taxa de crescimento relativo a altura depende dos fatores do sítio; sendo assim, se faz necessário conhecer o comportamento dos dados com a realização de teste do anamorfismo. Após o teste do anamorfismo decidiu-se pela escolha do método de ajuste das curvas de índice de sítio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ajuste dos modelos de índice de sítio e seleção da melhor equação

O Quadro 2 apresenta o resultado do ajuste dos seis modelos matemáticos testados para a classificação do índice de sítio para o povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T Blake.

QUADRO 2 - Equações resultantes dos modelos ajustados.

Modelos	Equações ajustadas
Modelo 1	$\ln(Hdom) = 3,32642 - \left(1,47204 \cdot \left(\frac{1}{Id} \right) \right)$
Modelo 2	$\ln(Hdom) = 33,2256 - \left(30,2256 \cdot \left(\frac{1}{Id} \right)^{0,0130743} \right)$
Modelo 3	$Hdom = 23,6772 \cdot \left(1 - \exp(- 30,1997 \cdot Id)^{0,0140213} \right)$
Modelo 4	$Hdom = 23,6772 \cdot \left(1 - \exp(- 0,423429 \cdot Id) \right)$
Modelo 5	$\ln(Hdom) = \frac{Id^2}{47,0514 + 2,67664 \cdot Id + 0,00605687 \cdot Id^2}$
Modelo 6	$Hdom = 36,6689 - 27,3639 \cdot \left(\frac{1}{Id} \right)$

Após a obtenção das equações de índice de sítio provenientes dos modelos testados, verificou-se que as seis equações apresentaram boa precisão, com estatísticas muito próximas quanto ao erro padrão da estimativa (Syx) e ao coeficiente de determinação (R²).

Considerando a estabilidade das equações ajustadas verificou-se que o modelo 3 apresenta maior capacidade de manter as parcelas no mesmo sítio, nos dois anos de medição, ou seja, das 21 parcelas permanentes remeidas apenas duas mudaram de classe de sítio. Deve ser salientado que, quanto menor o número da mudança, melhor a estabilidade. As estatísticas resultantes dos modelos ajustados, juntamente com suas estabilidades são mostradas na Tabela 1.

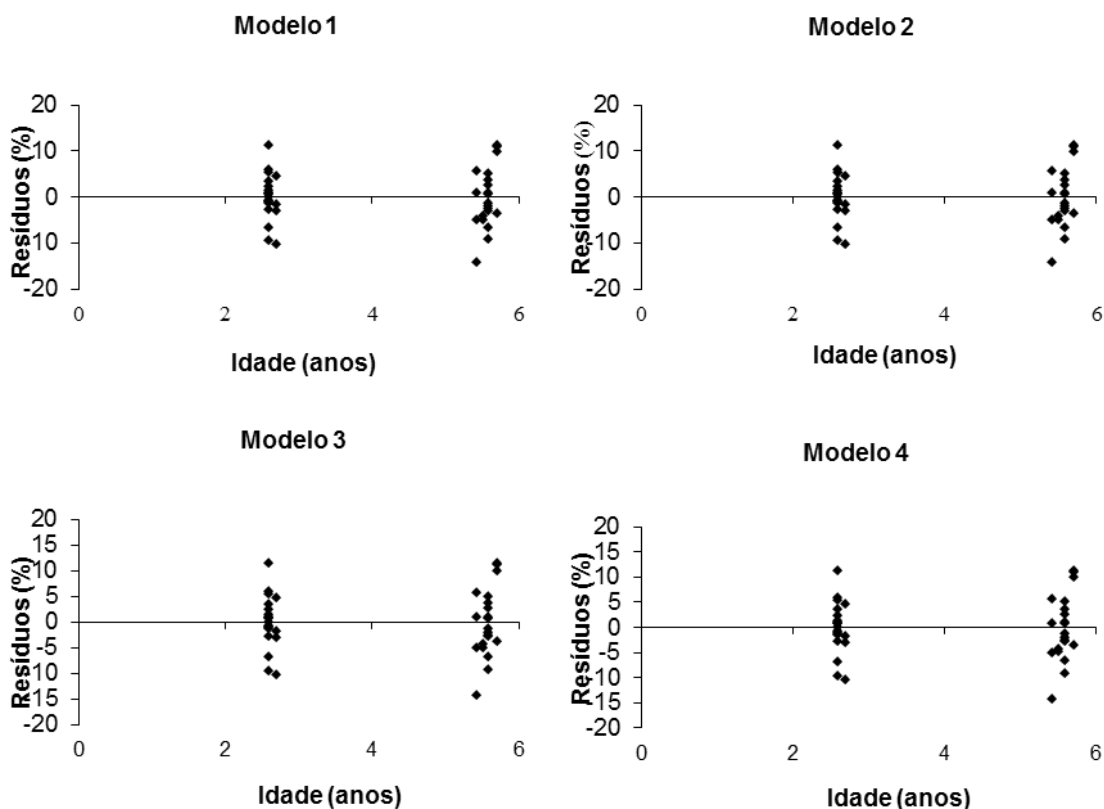
TABELA 1 - Estatísticas de ajuste e precisão dos modelos testados, bem como a estabilidade das 21 parcelas remeidas.

Modelo s	Não mudou	Mudou	Estabilidade das parcela			
			Syx (m)	Syx (%)	R ² (%)	R ² Ajustado(%)
1	15	6	1,18	6,31	86,62	87,48
2	16	5	1,17	6,28	86,71	87,62
3	19	2	1,18	6,31	84,76	85,36
4	16	5	1,19	6,39	85,14	86,05
5	14	7	1,20	6,46	86,48	85,97
6	16	5	1,18	6,31	85,23	84,63

Ressalta-se que os dados do presente trabalho se restringem apenas a duas medições, fazendo com que as curvas de sítio geradas para o povoamento sejam consideradas provisórias. Sendo assim, a equação 3, gerada a partir do modelo 3 (Chapman & Richards) apresentou uma ligeira superioridade nas estabilidades. Como as demais estatísticas se diferem pouco nas diferentes equações ajustadas, o modelo 3 foi escolhido para gerar as curvas de sítio.

Ao analisar os gráficos de dispersão dos resíduos percentuais das seis equações ajustadas, onde é notório observar a semelhança de todos os modelos. Observa-se que não existe nenhuma tendência clara dos resíduos, com exceção do modelo 6, que diferiu dos demais. De uma forma geral, os erros foram inferiores a $\pm 15\%$, com exceção do modelo 6, que atingiu erros próximos a -20% .

Ao analisar a Figura 2, visualmente não existem diferenças significativas entre os gráficos de resíduos das seis equações ajustadas, uma vez que os erros se distribuem homoganeamente. Assim, o critério de escolha da melhor equação baseou-se na medida estabilidade, que corresponde a inferir sobre a capacidade que a equação tem de modelar o crescimento dos pares de altura e idade, nos diferentes anos de medição, permanecendo na mesma classe de sítio.



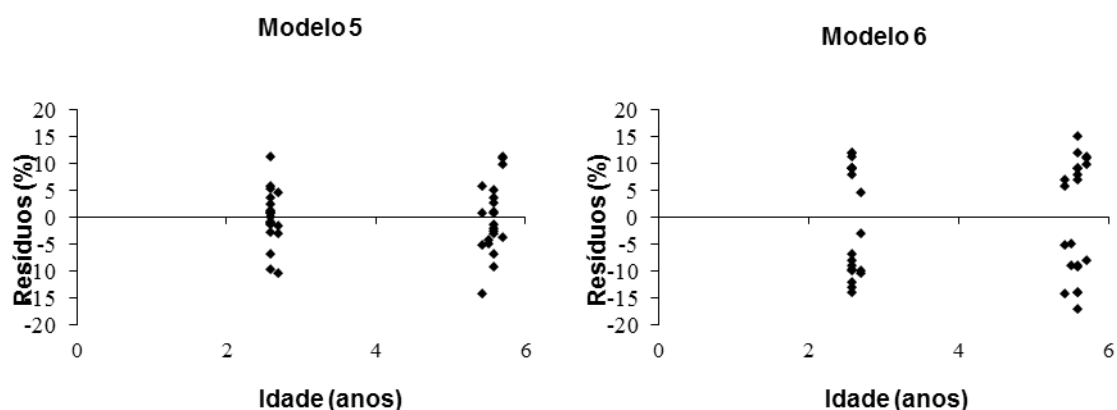


FIGURA 2 – Distribuição de resíduos percentuais em função da idade, para as seis equações ajustadas.

Diversos estudos sobre classificação de índice de sítio apontaram o modelo de Chapman & Richards como o modelo de melhor performance para a construção da família de curvas de índice de sítios podendo-se citar: FIGUEIREDO (2005), com plantios de *Tectona grandis* L.f. na microrregião do Baixo Rio Acre e SCOLFORO & MACHADO (1988), para *Pinus elliotti* nos estados do Paraná e Santa Catarina.

Teste de anamorfismo para o modelo selecionado

Para realizar o teste de anamorfismo foi estimado o índice de sítio de cada parcela. O cálculo do índice de sítio de cada parcela levou em consideração o método da curva guia que considera que a altura dominante é igual ao sítio, quando a idade do povoamento é igual a idade de referência.

A idade de referência é a idade-padrão, escolhida arbitrariamente, na qual se compara a altura dominante dos diferentes sítios. A escolha dessa idade está na dependência da rotação da espécie. Neste estudo, optou-se por uma idade de referência de sete anos, por ser esta, a idade de rotação média para *Eucalyptus* no Brasil, manejados em densidade completa. Percebe-se, no entanto, que o povoamento estudado ainda não atingiu esta idade de rotação.

A partir dos valores de índice de sítio estimados para cada parcela foi ajustada uma equação linear entre os índices de sítio e as alturas dominantes médias nas várias idades consideradas. Portanto, para cada povoamento estudado, uma equação de índice de sítio em função de H_{dom} foi obtida. Após estabelecer a relação linear entre o índice de sítio e a altura dominante ($S = \beta_0 + \beta_1 \cdot H_{dom}$) nas idades em estudo, observou-se a existência de uma alta correlação entre o índice de sítio e as alturas dominantes. Esta relação apresentou coeficiente de correlação (R^2), maior que 0,999. A interseção β_0 foi aproximadamente igual a zero e β_1 maior que 1 para todas as idades, conforme pode ser observado na Tabela 2.

TABELA 2 - Coeficientes da equação de regressão linear entre índice de sítio e altura dominante para diferentes idades.

Idade (anos)	β_0	β_1
2,59	-0,0000000000000071	1,43055
2,7	0,000000000000021	1,39781
5,42	-0,000000000000003	1,06322
5,51	-0,000000000000043	1,05851
5,59	0,0000000000000031	1,054474
5,71	0,0000000000000032	1,048644

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que o índice de sítio não depende da idade, mas sim da capacidade produtiva do local Scolforo (1997), sendo assim as curvas para índice de sítio para o povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* nas áreas estudadas no município de Niquelândia (GO), apresentaram um padrão anamórfico.

Classificação dos Sítios pelo Método da Curva-Guia

Considerando que as curvas de índice de sítio apresentam um padrão anamórfico, o método da curva-guia foi utilizado para gerar as curvas de índice de sítio. O método da curva guia é considerado um método relativamente simples utilizado para gerar equações para curvas de índice de sítio anamórficas.

Para a construção das curvas de índice de sítio foi considerado três classes de índice de sítio. O emprego de um maior ou menor número de classes de sítio depende do detalhamento desejado para a classificação de sítio, sendo comum no meio florestal a utilização entre 2 e 7 classes de sítio (SCOLFORO, 1997).

A amplitude entre a maior e a menor altura dominante registrada na área dividida pelo número de classes de índice de sítio definido determinou o intervalo entre as curvas de índice de sítio conforme Tabela 3.

TABELA 3 - Classes de índice de sítio consideradas para o povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T Blake.

Classes de Sítios	Intervalo na Idade de Referência (metros)	Índices de Sítios
I	24,0 --- 27,0	25,5
II	21,0 --- 24,0	22,5
III	18,0 --- 21,0	19,5

A Figura 3 apresenta as curvas de índice de sítio para o povoamento estudado, geradas a partir do modelo ajustado de Chapman & Richards, com seus respectivos limites inferiores e superiores.

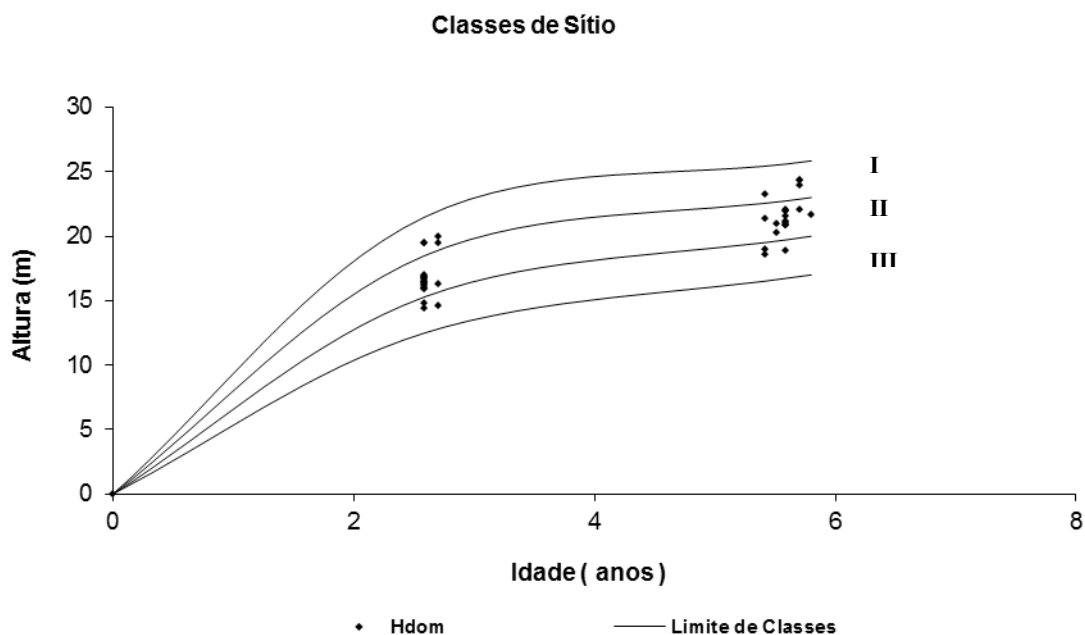


FIGURA 3 - Curvas índice de sítio obtidas para o povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, geradas a partir do modelo de Chapman & Richards.

Deve-se ressaltar que devido o número baixo de medições (duas medições) e a idade de referência ter sido projetada, as curvas de índice de sítio devem ser consideradas provisórias. Outro fato que deve ser considerado é o procedimento adotado para gerar as curvas de índice de sítio, ou seja, o método da curva-guia. Mesmo sendo usado largamente no meio florestal, pela maioria das empresas, devido a facilidade de aplicação e por apresentarem resultados na maioria das vezes confiáveis, pode apresentar alguns erros, pelo fato de considerar uma mesma taxa de crescimento em altura para os diferentes sítios nas diferentes idades. O conceito de uma mesma taxa de crescimento em altura para sítios distintos que compõem uma mesma família de curvas demonstrou em alguns casos não representar de forma precisa o crescimento do povoamento florestal, conforme mencionou SCOLFORO (1997).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos pelo método da curva guia mostraram-se adequados para a base de dados estudada, embora nenhum modelo tenha conseguido estabilidade total.

O teste de anamorfismo para o modelo selecionado demonstrou que a base de dados segue um padrão anamórfico; porém, a ausência de observações em todas as faixas de índice de sítio, e a pouca repetição das medições nas parcelas permanentes (duas repetições), pode ter levado a ausência de uma estabilidade total nos modelos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batista, J. L. F.; Couto, H. T. Z. **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, n.32, p.33-42, 1986.
- Campos, J. C. C.; Leite, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas.** 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 470 p. 2006.
- Embrapa. 2ed. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 306p. 2006.
- Figueiredo, E. O. **Avaliação de povoamentos de teca (*Tectona grandis* L.f.) na microrregião do Baixo Rio Acre.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. 301p. Dissertação de Mestrado.
- Figueiredo Filho, A.; Schreiner, C. A.; Pinheiro, C. N. F.; Mores, M. **Efeitos da resinagem no crescimento de *Pinus elliottii* var. elliottii.** Revista Floresta, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 50-54, 1993.
- Machado, S. A. **Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus taeda* L. na região central do Estado do Paraná.** Revista Floresta. Curitiba. v.11 ,n.2, p 4 -18, 1980.
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. **Mensura Forestal.** San José, C. R: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura (IICA), 586p. 1997.
- Scolforo, J. R. S. **Biometria Florestal: Métodos para classificação de sítios florestais.** Lavras: UFLA/FAEP, 1997. 151p. (Textos Acadêmicos).
- Scolforo, J. R. S.; Machado, S. A. **Curvas de índice de sítio, para plantações de *Pinus elliottii* nos Estados do Paraná e Santa Catarina.** Revista Floresta, Curitiba, v.18, n.112, p.140-158. 1988.
- Schneider, P. R.; Brena, D. A.; Finger, C. A. G. **Manual para a coleta de informações dendrométricas.** Santa Maria: Cepef/Fatec/Ufms, 1988. 28p. (Série Técnica n. 8).
- Souza, A. N.; Oliveira, A. D.; Rezende, J. L. P. **Estudo do momento ótimo de reforma para povoamentos de *Eucalyptus* spp - O caso da redução dos custos.** Ciência Florestal, Santa Maria, v.12, n.1 p.123-133, 2002.