



ÍNDICES DE COMPETIÇÃO INDEPENDENTES DA DISTÂNCIA EM ÁRVORES INDIVIDUAIS DE EUCALIPTO

Raiana Arnaud Nava¹, Milena Gonçalves Oliveira², Natally Celestino Gama¹, Lívia Thaís
Moreira Figueiredo², Carlos Alberto Araújo Júnior³, Deivison Venicio Souza¹, Fabio
Miranda Leão¹

1 Universidade Federal do Pará, Altamira, PA, Brasil. E-mail: raianaarnaud@gmail.com; natallygama28@gmail.com; deivisonvs@ufpa.br; fabioleao@ufpa.br

2 Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil. E-mail: milena.golv@discente.ufg.br; liviafigueiredo@ufg.br

4 Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG, Brasil. E-mail: araujocaj@gmail.com

Autor correspondente: Milena Gonçalves Oliveira. E-mail: milena.golv@discente.ufg.br.

RESUMO

O aumento das áreas de florestas plantadas aliado à necessidade de redução dos custos de inventário tornou indispensável o desenvolvimento de métodos eficazes para quantificar e avaliar a produção dos povoamentos florestais. Foram utilizados dados de 595 parcelas circulares de 500 m² cada, distribuídas em 7 espaçamentos diferentes e controle de identificação dos indivíduos, que possuíam idades variando de 24 a 72 meses. Em cada parcela foram mensurados a circunferência a 1,30 m de altura do solo (C) de todos os indivíduos e a altura total (H) de 9 indivíduos de cada parcela. A altura dominante média (Hd) por parcela, foi definida pela média das alturas das três árvores de maior D por parcela. Os índices calculados apresentaram valores de correlação com o crescimento em D variando de -0,27 a 0,73 e com o crescimento em altura variando de -0,15 a 0,60. Embora os índices IID2 e o IID3 tenham apresentado os mesmos valores de correlação com o crescimento em diâmetro e altura, o IID2 (BAI) foi selecionado como o melhor índice para quantificar a competição presente no povoamento. O índice BAI foi aquele que apresentou melhor desempenho para descrever a competição entre as árvores.

Palavras-chave: Índices Independentes da Distância; Modelo de árvores individuais; Produção.

DISTANCE-INDEPENDENT COMPETITION INDICES IN INDIVIDUAL EUCALYPTUS TREES

ABSTRACT

The increase in planted forest areas combined with the need to reduce inventory costs made it essential to develop effective methods to quantify and evaluate the production of forest stands. We used data from 595 circular plots of 500 m² each, distributed in 7 different spacing and identification control of the individuals, which had ages ranging from 24 to 72 months. In each plot, the circumference at 1.30 m above ground level (C) of all individuals and the total height (H) of 9 individuals from each plot were measured. The average dominant height (Hd) per plot was defined by the average of the heights of the three trees with the highest DBH per plot. The calculated indices showed correlation values with D growth ranging from -0.27 to 0.73 and with height growth ranging from -0.15 to 0.60. Although the indices IID2 and IID3 presented the same correlation values with the growth in diameter and height, the IID2 (BAI) was selected as the best index to quantify the competition present in the stand. The BAI index was the one that presented the best performance to describe the competition between trees.

Key words: Distance-independent Indexes; Individual tree model; Yield.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



INTRODUÇÃO

No Brasil, a área total de árvores plantadas totalizou 9,93 milhões de hectares em 2021. Entre as espécies, 75,8% da área é composta pelo cultivo de eucalipto, com 7,53 milhões de hectares, e 19,4% de pinus, com aproximadamente 1,93 milhão de hectares. Além desses cultivos, existem cerca de 475 mil hectares plantados de outras espécies, entre elas a seringueira, acácia, teca e paricá (IBÁ, 2022).

O aumento das áreas de florestas plantadas aliado à necessidade de redução dos custos de inventário tornou indispensável o desenvolvimento de métodos eficazes para quantificar e avaliar a produção dos povoamentos florestais (Soares *et al.*, 2011). Nesse sentido, a modelagem do crescimento e produção surge como uma ferramenta fundamental para estimar a produtividade e auxiliar no manejo dessas florestas.

A modelagem do crescimento e produção se baseia no ajuste de modelos de regressão lineares ou não lineares, e engloba modelos com diferentes níveis de abordagem, que vão desde modelos em nível de povoamento, modelos de distribuição diamétrica, modelos em nível de árvore individual até modelos baseados em processos. Nos modelos de árvores individuais (MAI) cada indivíduo do povoamento é a unidade básica de modelagem para estimar o crescimento. Os modelos completos são constituídos por uma função de crescimento em diâmetro, função de crescimento em altura e função de sobrevivência (Campos & Leite, 2017).

No MAI cada árvore é analisada de acordo com as condições de competição que está sujeita, análise que é expressa por meio dos índices de competição (Hasenauer, 2000). Os índices de competição são divididos em três categorias: modelos independentes da distância, dependentes da distância, e os semi-independentes da distância (Davis & Johnson, 1987; Stage & Ledermann, 2008). Estes índices são utilizados como variáveis independentes nos submodelos de crescimento e mortalidade, sendo, a cada intervalo de prognose recalculados. Assim, o objetivo deste trabalho foi calcular e avaliar índices de competição independentes da distância para plantios comerciais de eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente trabalho são oriundos de inventários florestais contínuos de plantios clonais não desbastados de híbridos de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake x *Eucalyptus grandis* W. Hill (*Eucalyptus urograndis*) localizados na região do Jari, oeste do Pará. O plantio foi realizado no ano de 2011, e as medições das parcelas permanentes realizadas anualmente no período de 2013 a 2017. Foram utilizados dados de 595 parcelas circulares de 500 m² cada, distribuídas em 7 espaçamentos diferentes e controle de identificação dos indivíduos, que possuíam idades variando de 24 a 72 meses. Em cada parcela foram mensurados a circunferência a 1,30 m de altura do solo (C) de todos os indivíduos e a altura total (H) de 9 indivíduos de cada

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

parcela. A altura dominante média (Hd) por parcela, foi definida pela média das alturas das três árvores de maior D por parcela.

Para estimar a altura total das demais árvores das parcelas foram utilizadas equações referentes ao modelo de Curtis (1967) ajustadas por parcela. Os coeficientes de todas as equações ajustadas foram estatisticamente significativos ($p < 0,05$), e os coeficientes de determinação ajustado (\bar{R}^2 (%)) foram, em média, superiores a 70%. Para cada fuste, em cada ano de medição, foram calculados índices de competição independentes da distância (IID), em que as árvores competidoras à árvore-objeto foram consideradas como sendo as demais árvores integrantes da mesma parcela.

Foram calculados seis índices independentes da distância (Stage, 1973; Glover & Hool, 1979; Chassot *et al.*, 2011) com o auxílio do aplicativo InTree, software desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa Operacional e Modelagem Florestal da Universidade Federal de Minas Gerais, campus Montes Claros (Equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6).

$$IID1 = BAL_i \quad (1); \quad IID2 = BAI = \frac{g_i}{g_q} \quad (2); \quad IID3 = \frac{D_i^2}{\bar{D}^2} \quad (3); \quad IID4 = \sum_{j=1}^n \frac{D_j}{D_i} \quad (4); \quad IID5 = \frac{G_{\text{médio}}}{g_i} \quad (5);$$

$$IID6 = \frac{G_{\text{maior}}}{G/\text{ha}} \quad (6).$$

Em que: BAL_i = somatório das áreas seccionais dos fustes das árvores vizinhas maiores que o fuste da árvore-objeto; g_i = área seccional do fuste da árvore-objeto, medido a 1,30 m de altura (m²), g_q = área seccional correspondente ao diâmetro médio (q) dos fustes das árvores vizinhas (m²); D_i = diâmetro com casca do fuste da árvore-objeto, medido a 1,30 m (cm); \bar{D} = média aritmética dos diâmetros dos fustes da unidade amostral (cm); D_j = diâmetro da árvore competidora, medida a 1,30 m de altura (m²); D_i = diâmetro da árvore-objeto, medido a 1,30 m de altura (m²); G_{médio} = área basal média por parcela, em m²; G_{maior} = área basal das árvores com diâmetro maior que o da árvore-objeto, por hectare, em m²; G/ha = área basal de cada parcela por hectare.

A avaliação dos índices de competição foi realizada por meio da análise da correlação simples entre os índices de competição e o crescimento em diâmetro e altura, coerência de sinal das correlações e a significância das mesmas ao nível de 95% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos índices de competição espera-se que, quanto maior a competição a que uma árvore está submetida, menor é o seu crescimento. A interpretação da correlação varia de acordo a forma de cálculo do índice, desta forma espera-se que os índices IID1, IID4, IID5, IID6, apresentem valores negativos de correlação com o crescimento em diâmetro e altura, pois, quanto menor o valor do índice, maior o crescimento em diâmetro e altura, e que o IID2 e IID3 apresentem valores positivos, uma vez que, quanto menor o índice, menor o crescimento em diâmetro, isso ocorre, pois esses índices são calculados a partir da razão entre uma variável dendrométrica da árvore-objeto em relação à média das mesmas variáveis das árvores competidoras. Os índices calculados apresentaram valores de correlação com o crescimento em diâmetro variando de -0,27 a 0,73 e com o crescimento em altura variando de -0,15 a 0,60 (Tabela 1).

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

Tabela 1. Correlação entre índice de competição independentes (IID) e o crescimento em diâmetro (ΔD) e crescimento em altura (ΔH) para todas as árvores da parcela

Crescimento	Índices de competição					
	IID1	IID2	IID3	IID4	IID5	IID6
ΔDAP	-0,29	0,73	0,73	-0,61	0,73 ^{ns}	-0,27
ΔHt	-0,15	0,60	0,60	-0,45	0,60 ^{ns}	-0,11

^{ns} - correlação não significativa a 95% de probabilidade.

Com base na coerência de sinal e significância, foi possível observar que apenas o IID5 não apresentou coerência no sinal e correlação significativa com o crescimento em altura e diâmetro. Dentre os índices calculados os que apresentaram maiores valores de correlação foram os índices IID2 e IID3, com valores de correlação iguais a 0,73 e 0,60 para o crescimento em diâmetro e altura respectivamente (Tabela 7). Martins *et al.* (2011) também avaliaram o IID2 para um povoamento de híbrido de eucalipto em três classes diferentes de produtividade (alta, média e baixa) na mesma região do povoamento analisado no presente trabalho, e encontraram, para a classe de produtividade alta, valores de correlação entre o índice de competição e o crescimento em DAP e altura iguais a 0,70 e 0,55 respectivamente, ou seja, valores semelhantes ao encontrados neste estudo, para a correlação com o IID3 os valores de correlação com o crescimento em diâmetro e altura foram iguais a 0,68 e 0,44, respectivamente, ou seja, valores menores do que os encontrados no presente trabalho.

Embora os índices IID2 e o IID3 tenham apresentado os mesmos valores de correlação com o crescimento em diâmetro e altura, o IID2 (BAI) foi selecionado como o melhor índice para quantificar a competição presente no povoamento. De acordo com Martins *et al.* (2011) o BAI tem como vantagens a sua simplicidade, facilidade de cálculo e seu realismo biológico, uma vez que combina variáveis de tamanho da árvore e de densidade do povoamento.

CONCLUSÃO

O índice BAI foi o que apresentou melhor desempenho para descrever a competição entre as árvores.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo Jari Celulose pelo fornecimento do banco de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campos, J. C. C.; Leite, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 5.ed. Viçosa: Editora da UFV, 2017. 636 p.
- Chassot, T.; Fleig, F. D.; Finger, C. A. G.; Longhi, S. J. Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, v. 21, p. 303-313, 2011. <https://doi.org/10.5902/198050983234>.
- Curtis, R. O. Height diameter and height diameter age equations for second growth douglas-fir. **Forest Science**, v. 13, n. 4, p.365-375, 1967. <https://doi.org/10.1093/forestscience/13.4.365>.
- Davis, L. S.; Johnson, K. N. **Forest management**. 3.ed. New York: McGraw-Hill Book, 1987. 790p.
- Glover, G. R.; Hool, J. N. A basal area ratio predictor of loblolly pine plantation mortality. **Forest Science**, v. 25, n. 2, p.275-282, 1979. <https://doi.org/10.1093/forestscience/25.2.275>.
- Hasenauer, H. **Sustainable forest management: growth models for Europe**. Berlin: Springer, 2006. 398 p.

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

Industria Brasileira de Árvores - IBA. **Relatório anual 2022**. Brasília: IBÁ, 2023. 87p. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em: 29 Mar. 2023.

Martins, F. B.; Soares, C. P. B.; Leite, H. G.; Souza, A. L.; Castro, R. V. Índices de competição em árvores individuais de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 9, p.1089-1098, 2011. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2011000900017>.

Soares, C. P. B.; Paula Neto, F. P.; Souza, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 272p.

Stage, A. R. **Prognosis model for stand development**. Ogden: USDA; Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1973. 32p. (USDA For. Serv. Res. Pap. INT-137). Disponível em: https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_int/int_rp137.pdf. Acesso em: 29 Mar. 2023.

Stage, A. R.; Lledermann, T. Effects of competitor spacing in a new class of individual tree indices of competition: semi-distane-independent indices computed for Bitterlich versus fixed-area plots. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 38, n. 4, p.890-898, 2008. <https://doi.org/10.1139/X07-192>.