











EFEITO DA CLASSE SUCESSIONAL NA COMPETIÇÃO ENTRE ÁRVORES

Gabriel Agostini Orso¹, João Paulo Sardo Madi¹, Antonio Pedro Fragoso Woycikiewicz¹,
Lucas Araujo Moura¹, Ornelio Nhaduco¹, Allan Libânio Pelissari¹, Afonso Figueiredo
Filho¹, Sebastião do Amaral Machado¹

1 Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. E-mail: gabrielorso16@gmail.com; joaosardomadi@gmail.com; antoniof.w@gmail.com; mouraflorestal@gmail.com; ornelionhaduco@gmail.com; allanpelissari@gmail.com; afgfilho@gmail.com; samachado@ufpr.br
Autor correspondente: Gabriel Agostini Orso. E-mail: gabrielorso16@gmail.com.

RESUMO

A utilização de índices de competição é recorrente em modelos de árvores individuais, especialmente em florestas naturais. Entretanto, os índices não levam em conta características como espécie ou grupo sucessional da árvore alvo ou das árvores vizinhas, tampouco a quantificação dessa relação para cada espécie ou grupo. O objetivo desse trabalho foi adaptar um índice dependente e um independente da distância a fim de incorporar o grupo sucessional e quantificar a influência de cada grupo no crescimento diamétrico em um fragmento de floresta ombrófila mista situado no estado do Paraná. Os índices de competição testados foram o índice BAL e Tomé & Burkhart. A adição do grupo sucessional foi feita via inclusão de um parâmetro para cada combinação de árvore alvo e vizinha. Foram definidos os grupos Pioneira, Secundária e Climácia, além de um grupo para espécies exóticas. A modificação permitiu identificar os grupos mais influentes entre si. As espécies exóticas são as que mais influenciam o crescimento dos demais indivíduos, seguidas por árvores vizinhas no mesmo grupo sucessional. Tal efeito foi mais bem observado no índice dependente de distância, que restringe em aproximadamente 3,5 vezes a vizinhança de cada árvore alvo, quando comparado com o índice independente de distância.

Palavras-chave: BAL; índice de competição; floresta nativa. floresta ombrófila mista

EFFECT OF SUCCESSIONAL CLASS IN COMPETITION AMONG TREES

ABSTRACT

Competition Indices are frequently used in single-tree models, especially in natural forests. However, these indices do not consider characteristics such as species or successional group of the target tree or neighboring trees, nor the quantification of this relationship for each species or group. The objective of this work was to adapt a distance-dependent and an independent index to incorporate the successional group and quantify the influence of each group on diametric growth in a fragment of a mixed rainforest located in the state of Paraná. The competition indices tested were BAL and Tomé & Burkhart. The addition of the successional group was done by including a parameter for each combination of target and neighbor tree. The Pioneer, Secondary and Climax groups were defined, in addition to a group for exotic species. The adapted indices made it possible to identify the most influential groups among themselves. Exotic species are the ones that most influence the growth of other individuals, followed by neighboring trees in the same successional group. This effect was better observed in the distance-dependent index, which restricts the neighborhood of each target tree by approximately 3.5 times, when compared to the distance-independent index.

Key words: BAL; competition index; natural forest; mixed rainforest

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



INTRODUÇÃO

O uso de variáveis denominadas de índices de competição é algo comum à maioria dos trabalhos que tratam de modelos de árvores individuais, as quais buscam explicar ou resumir o nível de interferência local sofrido por um determinado indivíduo perante as árvores vizinhas e relacionar essa informação com seu crescimento (Weiner, 1984). Essas medidas podem se dar em função das relações de tamanho ou ocupação e distância entre cada árvore e suas vizinhas, o que eventualmente se resume a uma disputa por recursos (Weiner *et al.*, 1997; Pommerening & Sánchez-Meador, 2018; Kuehne *et al.*, 2019).

Apesar de existir uma grande variedade de índices de competição desenvolvidos ao longo do tempo, atualmente não há consenso sobre qual índice ou qual grupo de índices é mais apropriado. Além disso, o comportamento de cada índice de competição varia de acordo com a quantidade de vizinhos ou a área selecionada para compô-lo, dificultando ainda mais uma estimativa acurada do incremento diamétrico.

Além disso, índices de competição tradicionalmente não levam em conta características como espécie ou grupo sucessional de árvores vizinhas em sua composição quando calculados em florestas naturais. Esse trabalho teve como objetivo incorporar o grupo sucessional de árvores vizinhas na composição de um índice de competição dependente de distância e outro independente de distância.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo são oriundos de um fragmento florestal pertencente à fitofisionomia Floresta Ombrófila Mista, situado na região sul do Brasil. A área total do fragmento é de 15,24 hectares, sendo que desse montante, 12,96 hectares são ocupados por floresta, de acordo com Machado *et al.* (2008). O clima da região é subtropical úmido, classificado como Cfb segundo a classificação de Köppen-Geiger.

Foram realizados dois inventários nos anos de 2006 e 2009. Ao todo foram encontradas 101 espécies arbóreas nativas, 10 espécies exóticas e uma sem identificação confirmada. Assim como em diversos levantamentos fitossociológicos realizados na Floresta Ombrófila Mista (Cordeiro & Rodrigues, 2007; Sonogo *et al.*, 2007), a espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze é a mais expressiva. *Casearia sylvestris* Sw. é a espécie com o segundo maior valor de cobertura da área em questão. Para fins de operacionalização, toda a área foi dividida em blocos quadrados de 50 m x 50 m, e todas as árvores com diâmetro a 1,30m do solo (D) > 10 cm foram medidas. As variáveis coletadas foram D, espécie (Sp) e coordenadas cartesianas em relação à parcela. O incremento diamétrico foi calculado a partir da diferença entre o D no fim e no início do período.

Foram calculados dois índices de competição. O primeiro foi a área basal de árvores maiores que a árvore alvo (BAL), e é classificado como índice de competição independente da distância

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

(Equações 1 e 2). O segundo índice foi o de Tomé e Burkhart (Tomé & Burkhart, 1989), que leva em consideração a distância entre árvore alvo e vizinhas (Equações 3 e 4). O raio delimitado para inclusão de vizinhas foi de 15 metros (Figura 1).

$$BAL_i = \sum_{j=1}^n g_j \quad \forall g_j \geq g_i \quad (1)$$

$$BAL_i = \sum_{k=1}^p \alpha_{ik} \sum_{j=1}^{n_k} g_{jk} \quad \forall g_{jk} \geq g_i \quad (2)$$

$$TB_i = \sum_{j=1}^n \frac{D_j - D_i}{L_{ij}} \quad (3)$$

$$TB_i = \sum_{k=1}^p \alpha_{ik} \sum_{j=1}^{n_k} \frac{D_{jk} - D_i}{L_{ij}} \quad (4)$$

Em que: D_j e D_i são os diâmetros das árvores vizinha e alvo, respectivamente. L_{ij} é a distância entre as árvores i e j . k é o grupo sucessional, e α_{ik} é o parâmetro de peso do efeito que o grupo k exerce no grupo sucessional da árvore i .

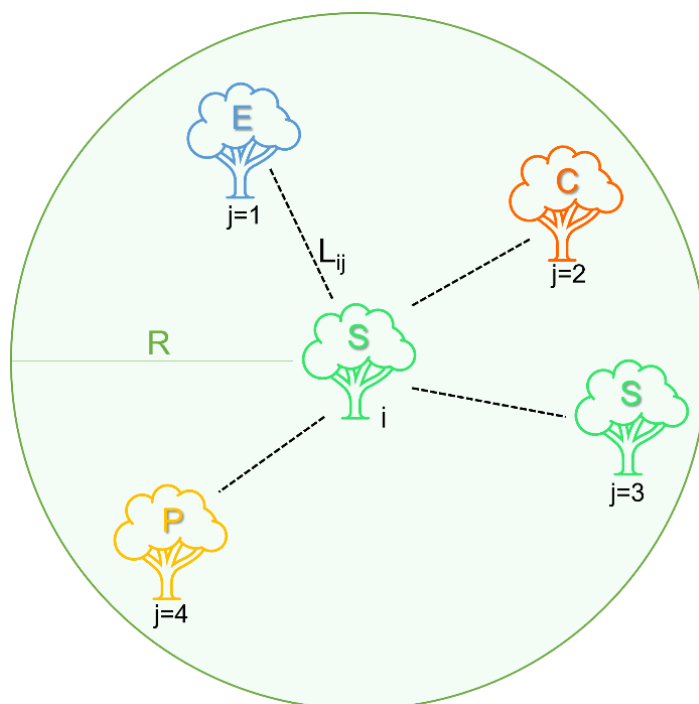


Figura 1. Representação da delimitação da vizinhança e suas respectivas classes sucessionais para composição do índice de competição. i é a árvore alvo, e j são as árvores vizinhas.

Além do cálculo convencional dos índices de competição, também foi testada a decomposição do valor de cada índice de acordo com o grupo sucessional das espécies envolvidas. As classificações foram feitas para cada espécie com base na literatura, que após algumas padronizações, foram mantidas as classes Pioneira (P), Secundária (S) e Climácica (C), além da inclusão da classe Exótica (E). Os índices de competição foram decompostos de forma que a soma dos índices de cada classe sucessional somasse ao valor do índice de competição original.

Foram adicionados parâmetros de peso de contribuição de cada classe sucessional nos índices. Tais parâmetros foram únicos para cada classe sucessional da árvore alvo, e foram obtidos via otimização objetivando maximizar a correlação entre o índice de competição e o

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

incremento diamétrico, com a restrição de que a soma fosse igual a 1. Assim, é possível ter uma estimativa de quanto cada classe afeta ou compete com outra sem alterar o valor final do índice de competição. Foram estimados quatro parâmetros por grupo, totalizando 16 parâmetros por índice de competição. Todos os cálculos foram feitos utilizando a linguagem R. O algoritmo utilizado para a otimização foi o de Nelder-Mead.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações dos índices com o incremento diamétrico sem e com a inclusão do grupo sucessional estão apresentados na Tabela 1. Não houve diferenças consideráveis na correlação com o incremento diamétrico com a inclusão dos grupos sucessionais. Isso aconteceu devido à restrição de que a soma dos parâmetros estimados deve ser igual a 1. Na prática, o valor final do índice de competição se mantém o mesmo com ou sem a decomposição por grupo sucessional.

Tabela 1. Correlação entre os índices de competição e o incremento periódico na formulação original e adaptada para grupos sucessionais.

Índice	Normal	Adaptado
BAL	-0,3372	-0,3569
TB	-0,3136	-0,3482

Os valores estimados dos parâmetros estão apresentados na Tabela 2. Para o índice Tomé e Burkhardt (TB), percebe-se que árvores vizinhas do mesmo grupo sucessional são as que mais influenciam a árvore alvo. Além disso, árvores vizinhas exóticas quando presentes são as que mais impactam o crescimento da árvore alvo.

Tabela 2. Parâmetros estimados para cada combinação de grupos sucessionais.

Árvore Vizinha	Árvore Alvo			
	P	S	C	E
	Índice BAL			
P	0,18	0,39	0,16	-0,01
S	0,16	0,30	0,14	0,16
C	0,06	0,21	0,19	-0,04
E	0,60	0,10	0,51	-0,78
	Índice TB			
P	0,32	0,13	0,17	-0,09
S	0,22	0,47	0,11	0,49
C	-0,01	-0,02	0,25	0,20
E	0,44	0,38	0,47	0,22

Para o índice BAL, os valores estimados dos parâmetros foram mais homogêneos entre os grupos, novamente à exceção do grupo de espécies exóticas. Diferentemente do índice TB, cada parcela utilizada para o cálculo do índice BAL foi de 2500 m², em comparação com a área de 706,86 m² que corresponde ao raio de 15 m do índice TB. Essa área de aproximadamente 3,5 vezes maior permite englobar diversos indivíduos não tão próximos da árvore alvo. Ainda assim, árvores exóticas exercem grande influência na árvore alvo.

O indicativo de que espécies similares causam mais competição também é suportada por outros estudos (Weiskittel *et al.*, 2016; Pretzsch, 2017), embora todos de florestas mistas de baixa riqueza. Pretzsch (2022) encontrou evidências de tanto maior potencial de crescimento

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

quanto diminuição da distância de competição avaliando florestas monoespecíficas e mistas no sul da Alemanha. Conclusão similar foi encontrada por Pommerening & Sánchez-Meador (2018) ao avaliar o efeito da competição inter-específica em florestas mistas.

A inclusão de uma informação que remeta à espécie ou grupo de espécies em modelos de crescimento de árvores individuais é relativamente recente e tem fornecido bons resultados na melhor explicabilidade no crescimento e relação entre espécies na floresta (Weiskittel *et al.*, 2016, Pretzsch, 2017; Pretzsch, 2022).

CONCLUSÃO

A inclusão do grupo sucessional por meio de parâmetros permitiu segregar o efeito da competição que cada grupo sucessional exerce sobre outro. Esse efeito foi mais notável para o índice dependente de distância. As árvores exóticas, quando presentes, são bastante influentes no crescimento diamétrico dos demais indivíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cordeiro, J.; Rodrigues, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 545–554, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000300020>.
- Kuehne, C.; Weiskittel, A. R.; Waskiewicz, J. Comparing performance of contrasting distance-independent and distance-dependent competition metrics in predicting individual tree diameter increment and survival within structurally-heterogeneous, mixed-species forests of Northeastern United States. **Forest Ecology and Management**, v. 433, p. 205–216, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.002>.
- Machado, S. A.; Nascimento, R. G. M.; Augustynczyk, A. L. D.; Silva, L. C. R.; Figura, M. A.; Pereira, E. M.; Téó, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da engenharia florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p.5–16, 2008. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/58>. Acesso em: 12 Jun. 2023.
- Pommerening, A.; Sánchez-Meador, A. J. S. Tamm review: Tree interactions between myth and reality. **Forest Ecology and Management**, v. 424, p. 164–176, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.051>.
- Pretzsch, H. Facilitation and competition reduction in tree species mixtures in Central Europe: Consequences for growth modeling and forest management. **Ecological Modelling**, v. 464, e109812, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109812>.
- Pretzsch, H. Individual tree structure and growth in mixed compared with monospecific stands. In: Pretzsch, H., Forrester, D., Bauhus, J. (Eds.). **Mixed-species Forests**. Heidelberg: Springer, 2017. p.271-336. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54553-9>.
- Sonego, R. C.; Backes, A.; Souza, A. F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta Botanica Brasílica**, v. 21, n. 4, p. 943–955, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000400019>.
- Tomé, M.; Burkhardt, H. E. Distance-dependent competition measures for predicting growth of individual trees. **Forest Science**, v. 35, n. 3, p. 816–831, 1989. <https://doi.org/10.1093/forestscience/35.3.816>.
- Weiner, J. Neighbourhood interference amongst *Pinus Rigida* individuals. **Journal of Ecology**, v. 72, n. 1, p. 183–195, 1984. <https://doi.org/10.2307/2260012>.
- Weiner, J.; Wright, D. B.; Castro, S. Symmetry of below-ground competition between *Kochia scoparia* individuals. **Oikos**, v. 79, n. 1, p. 85–91, 1997. <https://doi.org/10.2307/3546093>.
- Weiskittel, A.; Kuehne, C.; McTague, J. P.; Oppenheimer, M. Development and evaluation of an individual tree growth and yield model for the mixed species forest of the Adirondacks Region of New York, USA. **Forest Ecosystems**, v. 3, e26, 2016. <https://doi.org/10.1186/s40663-016-0086-3>.