



Reestruturação diamétrica de espécies em Floresta Ombrófila Mista com corte seletivo: análise mediante funções probabilísticas

Marcos Felipe Nicoletti¹, Ivan de Sousa Pinheiro¹, Victória Varela Silva¹, Thiago Floriani Stepka¹, Mário Dobner Júnior²

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Avenida Luiz de Camões, 2090, Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages, SC

²Florestal Gateados S.A, Rodovia SC-390, km 204, CEP 88580-000, Campo Belo do Sul, SC

*Autor correspondente:

victoria.vs2511@edu.udesc.br

Termos para indexação:

Manejo florestal

Distribuição de diâmetro

Corte seletivo

Index terms:

Forest management

Diameter distribution

Selective felling

Histórico do artigo:

Recebido em 27/12/2025

Aprovado tecnicamente em 15/05/2026

Aprovação final em 04/08/2026

Publicado em 07/08/2026

Resumo - Este estudo objetivou avaliar qual Função de Densidade Probabilística (FDP) melhor representa a estrutura diamétrica de *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez, *Lithraea brasiliensis* Marchand, *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez e *Matayba elaeagnoides* Radlk., em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista (FOM) com histórico de corte seletivo, em Campo Belo do Sul, Santa Catarina, Brasil. Modelos probabilísticos amplamente utilizados como Beta, Exponencial, Normal, Log-Normal, Weibull 2p e 3p foram ajustados e comparados por critérios estatísticos de aderência, sendo eles: Kolmogorov-Smirnov, Critérios de Informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC), log-verossimilhança, pseudo- R^2 e erro padrão da estimativa. Os resultados indicaram que Weibull 3p apresentou o melhor desempenho para todas as espécies, evidenciando maior acurácia na representação da frequência diamétrica. *M. elaeagnoides* exibiu padrão próximo ao formato de J-invertido, indicando regeneração contínua, enquanto *N. megapotamica* apresentou baixa densidade nas classes jovens, sugerindo limitação no recrutamento. Já *O. pulchella* e *L. brasiliensis* mostraram maior irregularidade estrutural, possivelmente associada ao corte seletivo e à reorganização populacional ao longo do tempo. Concluiu-se que as FDPs, especialmente a Weibull 3p, são ferramentas eficientes para descrever a estrutura diamétrica dessas espécies, contribuindo para ações de manejo, conservação e restauração de áreas da FOM sob histórico de corte seletivo.

Diametric restructuring of species in Mixed Ombrophilous Forest with selective felling: analysis using probabilistic functions

Abstract - This study aimed to evaluate which Probabilistic Density Function (PDF) best represents the diameter structure of *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez, *Lithraea brasiliensis* Marchand, *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez and *Matayba elaeagnoides* Radlk., in fragments of Mixed Ombrophilous Forest (MOF) with a history of selective felling, in Campo Belo do Sul, Santa Catarina State, Brazil. Widely used probabilistic models such as Beta, Exponential, Normal, Log-Normal, Weibull 2p, and 3p were fitted and compared using statistical goodness-of-fit criteria, namely: Kolmogorov-Smirnov, Akaike (AIC) and Bayesian (BIC) Information Criteria, log-likelihood, pseudo- R^2 and standard error of the estimate. The results indicated that the Weibull 3p model exhibited the best performance for all species, showing greater accuracy in representing the diametric frequency distribution. *M. elaeagnoides* exhibited a pattern close to an inverted J-shape, indicating continuous regeneration, while *N. megapotamica* showed low density in the smaller diameter classes, suggesting recruitment limitations. *O. pulchella* and *L. brasiliensis* showed greater structural irregularity, possibly associated with selective felling and population reorganization over time. It was concluded that PDFs, especially the Weibull 3p, are efficient tools for describing the diameter structure of these species, contributing to the management, conservation, and restoration of MOF areas with a history of selective felling.

Introdução

As florestas nativas representam ecossistemas complexos e dinâmicos, cuja compreensão estrutural é fundamental para subsidiar estratégias de restauração, conservação e manejo. Nesse contexto, a modelagem florestal surge como ferramenta chave para interpretar padrões populacionais, estimar produção e apoiar decisões silviculturais baseadas em evidências (Scolforo, 2006). Entre as formações brasileiras, destaca-se a Floresta Ombrófila Mista (FOM), reconhecida por sua elevada diversidade florística e estrutural e por abrigar *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze como espécie emblemática da tipologia (Silva et al., 2023; Varela-Silva et al., 2024).

Entre as variáveis dendrométricas empregadas nesse contexto, o diâmetro à altura do peito é uma métrica amplamente utilizada em estudos dendrométricos por sua forte relação com volume, área basal, biomassa e crescimento (Fernandes et al., 2021; Sbardella et al., 2021). Assim, a análise da distribuição diamétrica torna-se essencial para compreender a dinâmica populacional e orientar práticas de manejo em florestas nativas (Santos et al., 2023). Para isso, Funções de Densidade Probabilística (FDPs) vêm sendo aplicadas com eficiência na representação estrutural e na estimativa do número de indivíduos por classe diamétrica, permitindo inferências sobre regeneração, competição e desenvolvimento (Téo et al., 2011).

Nas últimas décadas, avanços relevantes foram alcançados na modelagem diamétrica, com aplicações recorrentes de funções como Weibull, Beta, Log-Normal e Johnson SB, principalmente voltadas para *A. angustifolia* ou para avaliações gerais da estrutura da FOM (Machado et al., 2009; Orellana et al., 2017; Nicoletti et al., 2024). Esses modelos também vêm sendo empregados com sucesso em outras formações florestais, reforçando sua capacidade de representação estrutural e interpretação dinâmica (Ferreira et al., 2023; Sá et al., 2023; Gorgoso-Varela et al., 2024).

Apesar dos avanços, observa-se que a maior parte dos estudos concentra esforços em espécies de relevância comercial, enquanto outras espécies importantes para a composição e funcionamento da FOM, como *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez, *Lithraea brasiliensis* Marchand, *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez e *Matayba elaeagnoides* Radlk., permanecem pouco exploradas no âmbito da modelagem diamétrica. Essa lacuna limita a compreensão das dinâmicas populacionais e reduz

o embasamento técnico para estratégias de manejo voltadas à tipologia. Diante disso, surge a pergunta: de que forma diferentes funções probabilísticas descrevem a estrutura diamétrica dessas espécies nativas em florestas submetidas ao corte seletivo e como estão essas distribuições após décadas de reestruturação? Responder a essa questão e ampliar o uso de FDP para essas e outras espécies torna-se essencial para aprofundar o conhecimento sobre a dinâmica da FOM, consolidar diagnósticos estruturais e fortalecer as bases técnicas para decisões de manejo.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o ajuste de diferentes modelos de distribuição probabilística na caracterização da estrutura diamétrica de *O. pulchella*, *L. brasiliensis*, *N. megapotamica* e *M. elaeagnoides* em fragmentos de FOM com corte seletivo, de forma a gerar informações sobre a estrutura da floresta após 50 anos da exploração e fornecer subsídios técnicos para a restauração, conservação e possível manejo florestal da tipologia.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Campo Belo do Sul, em Santa Catarina, Brasil. A região enquadra-se no clima Cfb segundo Köppen, caracterizado por condições subtropicais úmidas, com verões amenos, ausência de estação seca definida e ocorrência frequente de geadas (Dubreuil et al., 2018). A vegetação predominante corresponde à Floresta Ombrófila Mista Montana, típica de áreas entre 400 e 1.000 m de altitude, distribuída principalmente nas porções elevadas do planalto sul-brasileiro (IBGE, 2012).

Os fragmentos avaliados apresentam histórico de exploração madeireira seletiva, registrada aproximadamente na década de 1960 de acordo com relatos de proprietários locais. Dessa forma, constituem formações com corte seletivo e com cerca de cinco décadas de regeneração natural (Vibrans et al., 2022b) e reestruturação.

Sistema de amostragem

As espécies selecionadas para a modelagem diamétrica foram definidas com base na análise fitossociológica disponível para os fragmentos estudados. A escolha considerou àquelas com maior Índice de Valor de Importância (IVI), representativas

da estrutura florestal local e relevantes para a dinâmica da regeneração em áreas com corte seletivo, conforme evidenciado por Vaz (2022), Vaz et al. (2022) e Biolchi (2023). Essa seleção permite que os modelos reflitam o comportamento das espécies nativas de maior dominância ecológica, garantindo maior consistência interpretativa e aplicabilidade para fins de manejo.

A amostragem foi realizada seguindo o delineamento adotado pelo Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (IFFSC) (Vibrans et al., 2022a), utilizando unidades do tipo conglomerado em cruz-de-malta, compostas por quatro subunidades retangulares de área fixa. No total, foram instalados 11 conglomerados distribuídos em cinco fragmentos florestais detalhados por Vaz et al. (2022). Cada subunidade apresentou dimensões de 20 m x 50 m, dispostas radialmente a partir de um ponto central, com vértices afastados 30 m entre si. Em todas as parcelas, foram mensuradas as árvores

com diâmetro ≥ 10 cm, identificadas com plaquetas metálicas numeradas para evitar duplicidade em campanhas futuras.

Análise de dados

Para a definição das classes diamétricas, adotou-se uma amplitude arbitrária de 10 cm, estabelecida com base na distribuição dos valores observados. Inicialmente, realizou-se uma análise exploratória do banco de dados, empregando gráficos *boxplot* para identificar a dispersão, assimetria e possíveis valores extremos, de modo a embasar os ajustes subsequentes.

Com base na estrutura diamétrica observada, foram testadas seis funções de densidade probabilística (Tabela 1). Os modelos foram ajustados pelo método da Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood Estimation*), amplamente utilizado para estimar parâmetros de distribuições contínuas devido à sua eficiência em modelos não lineares.

Tabela 1. Funções de Densidade Probabilísticas (FDPs) testadas para descrever a distribuição diamétrica das espécies *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Nectandra megapotamica* e *Matayba elaeagnoides*.

Table 1. Probabilistic Density Functions (PDFs) used to describe the diameter distribution of the species *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Nectandra megapotamica* and *Matayba elaeagnoides*.

Distribuições	Modelos de densidade probabilística
Beta	$= \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\cdot\Gamma(\beta)\cdot(\beta-\alpha)^{\alpha+\beta-1}} \left(\frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} \right)^{\alpha-1} \left(-\frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} \right)^{\beta-1}$
Exponencial	$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$
Log-Normal	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} \cdot \frac{e^{-\left(\frac{1}{2\sigma^2}\right)*(\ln x - \mu)^2}}{x}$
Weibull 2p	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\alpha-1} e\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right]$
Weibull 3p	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} \left(\frac{x-\gamma}{\beta} \right)^{\alpha-1} e\left[-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha\right]$

Onde: $f(x)$: função a ser ajustada; x : variável aleatória estudada (cm); x_{min} : menor valor de x ; x_{max} : maior valor de x ; Γ : função gama; $\alpha, \beta, \lambda, \gamma, \mu, \sigma^2, \sigma$: parâmetros a serem estimados para a variável de interesse; e : exponencial; $\ln$: logaritmo neperiano.

A qualidade dos ajustes foi avaliada por múltiplos critérios estatísticos, conforme também adotado por Nicoletti et al. (2024). A aderência entre os valores observados e aqueles esperados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, enquanto o desempenho comparativo dos modelos foi analisado pelos Critérios de Informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC), nos quais menores valores indicam melhor ajuste. Adicionalmente, consideraram-se a log-verossimilhança (LL), desejando-se maiores valores, o pseudo- R^2 , utilizado como índice de aderência entre valores observados e estimados, e o erro padrão da estimativa relativo (Syx%), em que valores reduzidos indicam maior proximidade entre estimativas e observações.

Resultados

Os valores médios de diâmetro (D) foram de $33,5 \pm 1,68$ cm para *O. pulchella*, $22,9 \pm 0,65$ cm para *L. brasiliensis*, $20,8 \pm 0,67$ cm para *N. megapotamica* e $18,7 \pm 0,71$ cm para *M. elaeagnoides* (Figura 1). Observou-se elevada variabilidade intraespecífica, evidenciada pelos coeficientes de variação (CV): *O. pulchella* com 51,5%, *L. brasiliensis* com 38,2%, *N. megapotamica* com 43,3% e *M. elaeagnoides* com 47,3%. A distribuição de *O. pulchella* esteve presente em todos os conglomerados amostrados, não havendo ausência de indivíduos nas unidades amostrais.

Os ajustes das Funções de Densidade Probabilística (FDPs) são apresentados na Figura 2. Com exceção de *L. brasiliensis* e da primeira classe de *N. megapotamica*, as demais espécies apresentaram uma distribuição semelhante à forma de uma exponencial negativa. No entanto, foram observadas oscilações nas frequências entre classes, resultando em distribuições diamétricas irregulares.

De forma geral, a função Weibull 3p apresentou maior adequação, sendo aderente para *O. pulchella*, *N. megapotamica* e *M. elaeagnoides* pelo teste KS (Tabela 2). Em *L. brasiliensis*, tanto Weibull 3p quanto Beta foram aderentes, porém Weibull 3p apresentou melhor desempenho considerando os critérios avaliados. De forma geral, além da significância nos testes de aderência, a Weibull 3p apresentou os menores valores de erro padrão da estimativa (Syx%), maiores pseudo- R^2 e os menores AIC e BIC para todas as espécies analisadas.

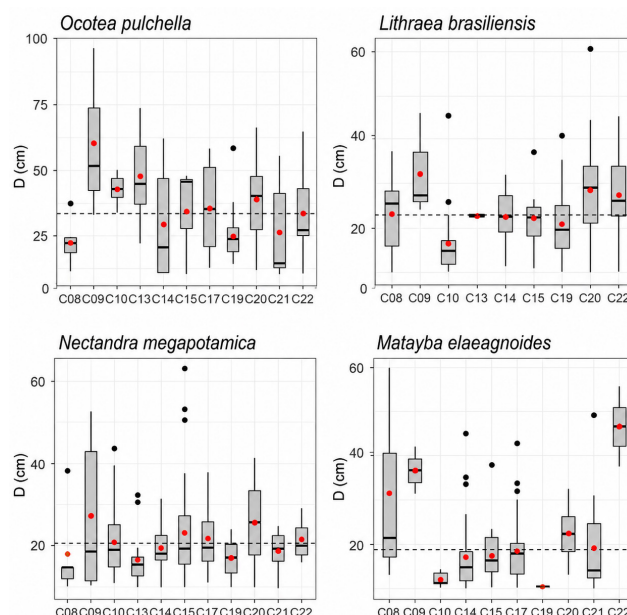


Figura 1. Análise exploratória para diâmetro das espécies *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Nectandra megapotamica* e *Matayba elaeagnoides* em fragmentos com corte seletivo de Floresta Ombrófila Mista.

Figure 1. Exploratory analysis of the diameter of the species *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Nectandra megapotamica*, and *Matayba elaeagnoides* in secondary fragments of the Mixed Ombrophilous Forest.

Onde: D: diâmetro à altura do peito; C: conglomerado; linha pontilhada: média geral; ponto vermelho: média do respectivo conglomerado.

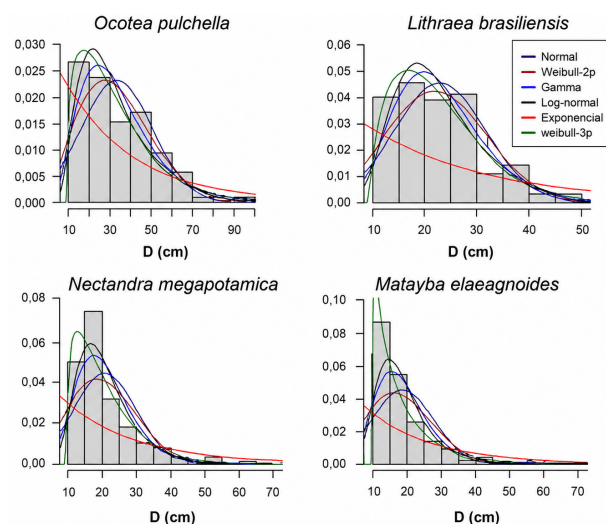


Figura 2. Ajustes das Funções de Densidade Probabilística (FDPs) para as espécies *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Nectandra megapotamica* e *Matayba elaeagnoides* em fragmentos com corte seletivo de Floresta Ombrófila Mista.

Figure 2. Fitting of Probabilistic Density Functions (PDFs) for the species *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Nectandra megapotamica*, and *Matayba elaeagnoides* in secondary fragments of the Mixed Ombrophilous Forest.

Onde: D: diâmetro à altura do peito.

Tabela 2. Resultados dos critérios para os ajustes das Funções de Densidade Probabilística (FDPs) das espécies *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Nectandra megapotamica* e *Matayba elaeagnoides* em fragmentos com corte seletivo de Floresta Ombrófila Mista.

Table 2. Goodness-of-fit criteria for the Probabilistic Density Functions (PDFs) of the species *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Nectandra megapotamica*, and *Matayba elaeagnoides* in secondary fragments of the Mixed Ombrophilous Forest.

<i>Ocotea pulchella</i>					
FDP	KS	Syx (%)	Pseudo-R ²	AIC	BIC
Normal	0,1099 ^{NA}	8,6	0,815	899,0	904,3
Weibull 2p	0,1004 ^{NA}	3,3	0,856	883,6	888,9
Beta	0,0697 ^{NA}	2,1	0,863	880,3	885,6
Log Normal	0,0806 ^{NA}	2,5	0,856	881,7	887,0
Exponencial	0,2602 ^{NA}	5,5	0,895	949,4	952,1
Weibull 3p	0,0287 ^A	2,1	0,963	752,3	785,1
<i>Lithraea brasiliensis</i>					
FDP	KS	Syx (%)	Pseudo-R ²	AIC	BIC
Normal	0,0693 ^{NA}	3,5	0,799	1.287,9	1.294,3
Weibull 2p	0,0706 ^{NA}	3,4	0,856	1.280,0	1.286,3
Beta	0,0483 ^A	2,9	0,852	1.261,4	1.267,8
Log Normal	0,0574 ^{NA}	2,6	0,893	1.259,1	2.044,5
Exponencial	0,3533 ^{NA}	6,3	0,785	1.481,6	1.484,8
Weibull 3p	0,0287 ^A	2,1	0,942	1.002,1	1.230,3
<i>Nectandra megapotamica</i>					
FDP	KS	Syx (%)	Pseudo-R ²	AIC	BIC
Normal	0,1764 ^{NA}	4,5	0,854	1.276,2	1.282,6
Weibull 2p	0,1487 ^{NA}	3,2	0,874	1.256,6	1.263,0
Beta	0,1277 ^{NA}	3,1	0,872	1.219,2	1.225,6
Log Normal	0,0995 ^{NA}	2,8	0,887	1.203,2	1.209,6
Exponencial	0,3814 ^{NA}	7,3	0,780	1.422,6	1.425,8
Weibull 3p	0,0286 ^A	2,1	0,934	1.211,0	1.001,2
<i>Matayba elaeagnoides</i>					
FDP	KS	Syx (%)	Pseudo-R ²	AIC	BIC
Normal	0,1619 ^{NA}	4,2	0,870	1.118,7	1.124,8
Weibull 2p	0,1721 ^{NA}	3,4	0,916	1.092,1	1.098,2
Beta	0,1051 ^{NA}	3,2	0,879	1.054,8	1.060,9
Log Normal	0,0834 ^{NA}	2,9	0,854	1.034,5	1.040,6
Exponencial	0,4142 ^{NA}	5,3	0,795	1.219,8	1.222,9
Weibull 3p	0,0287 ^A	2,4	0,972	1.020,2	985,4

Onde: ^A: aderente a 0,05 de significância; ^{NA}: não aderente a 0,05 de significância; KS: teste de Kolmogorov-Smirnov; Syx%: erro padrão da estimativa em percentagem; Pseudo-R²: pseudo coeficiente de determinação; AIC: Critério de Informação de Akaike; BIC: Critério de Informação Bayesiano.

Os valores estimados dos parâmetros ajustados para as quatro espécies estão apresentados na Tabela 3. Para a função Weibull 3p, que obteve o melhor desempenho em todos os ajustes, observou-se entre as espécies: redução progressiva do parâmetro de locação (α), com maiores valores para *O. pulchella* e, menores, para *M. elaeagnoides*; certo aumento

para o parâmetro de escala (β) e parâmetro de forma (c) variando entre 0,907 e 1,518, indicando comportamento decrescente acentuado para *M. elaeagnoides* ($c > 1$) e distribuição assimétrica positiva para as demais espécies ($1 < c < 3,6$), conforme descrito por Orellana et al. (2017).

Tabela 3. Parâmetros estimados para as espécies *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Nectandra megapotamica* e *Matayba elaeagnoides*, a partir das Funções de Densidade Probabilísticas para fragmentos com corte seletivo de Floresta Ombrófila Mista.

Table 3. Estimated parameters of the Probabilistic Density Functions (PDFs) for the species *Ocotea pulchella*, *Lithraea brasiliensis*, *Nectandra megapotamica*, and *Matayba elaeagnoides* in secondary fragments of the Mixed Ombrophilous Forest.

FDP	Coeficientes	<i>Ocotea pulchella</i>	<i>Lithraea brasiliensis</i>	<i>Nectandra megapotamica</i>	<i>Matayba elaeagnoides</i>
Normal	μ	33,5048	21,2009	22,9404	18,6993
	sd	17,1684	11,6331	8,7364	8,8187
Weibull 2p	β	2,2036	3,1746	3,1606	3,1606
	c	37,8172	25,6041	23,1108	23,1108
Beta	α	3,8085	6,8950	5,3704	4,4962
	β	0,1137	0,3006	0,2580	0,2404
Log Normal	$\log \mu$	3,3732	3,0626	2,9593	2,8436
	$\log \beta$	0,5420	0,3769	0,3786	0,3913
Exponencial	λ	0,0298	0,0436	0,0480	0,0535
Weibull 3p	α	25,4668	14,7658	11,5739	8,3703
	c	1,2784	1,5188	1,2168	0,9067
	β	9,7613	9,5872	9,9540	10,0000

Coeficientes: parâmetros estimados para a variável de interesse.

Discussão

Os resultados demonstram que as espécies apresentaram padrões estruturais distintos. Para *O. pulchella* e *L. brasiliensis*, a irregularidade diamétrica pode estar associada à amplitude ecológica dessas espécies e ao efeito do corte seletivo no passado, que tende a reduzir classes superiores e gerar lacunas nas intermediárias. Em algumas classes, a menor aderência dos modelos para essas espécies pode refletir populações em reorganização estrutural, o que é coerente em florestas com corte seletivo em recuperação. A ampla ocorrência de *O. pulchella* em diferentes áreas da Floresta Ombrófila Mista (FOM) (Higuchi et al., 2012; Pires et al., 2012), decorrente de sua adaptabilidade a variados estágios sucessionais, sustenta o seu comportamento mais variável encontrado neste estudo. No caso de *L. brasiliensis*, sua associação aos ambientes mais abertos e sujeitos a distúrbios (Possebom et al., 2017), pode explicar a maior flutuação nas classes iniciais, reduzindo o ajuste dos modelos nessas faixas.

Para *N. megapotamica* e *M. elaeagnoides*, o ajuste representou bem a distribuição total, embora apenas a Weibull 3p tenha descrito adequadamente as menores classes. Em *N. megapotamica*, a baixa representatividade nas classes iniciais resultou em

menor ajuste nas faixas inferiores. Essa escassez de indivíduos jovens pode indicar limitação no estabelecimento por competição ou demanda maior por luz (Gomes et al., 2008; Souza et al., 2018), gerando assimetria positiva na curva e reduzindo o ajuste nas classes menores. Esse comportamento é comum em espécies de estágios iniciais a intermediários (Gomes et al., 2008), sugerindo avanço sucessional com substituição por espécies tolerantes ao sombreamento. Em contraste, *M. elaeagnoides* concentrou maior frequência nas classes inferiores, padrão associado ao favorecimento sob sombreamento moderado (Callegaro et al., 2015), resultando numa distribuição mais estável e próxima ao J-invertido (Nicoletti et al., 2024), com indicativo de regeneração contínua e boa capacidade de persistência em florestas com corte seletivo.

O padrão diamétrico geral dos fragmentos, com maior presença de indivíduos entre 10-29 cm e, escassez nas classes superiores, é coerente com cenários de floresta nativa (Orellana et al., 2014). Como o histórico local indica corte mínimo de diâmetro ≥ 40 cm, a presença atual de indivíduos acima desse limite pode refletir o crescimento pós-exploração e/ou à aproximação da capacidade de suporte para estágios adultos (Stepka et al., 2025), indicando trajetória de recomposição estrutural.

A elevada eficiência da Weibull 3p confirma sua versatilidade em representar tanto caudas alongadas quanto distribuições assimétricas (Orellana et al., 2014; Lima et al., 2015), com parâmetros da função se adequando de acordo com as distribuições apresentadas: valores mais elevados de α para aquelas com a presença de maiores diâmetros e, menores valores, quando houve maior concentração de árvores nas classes iniciais; β apresentando pouca variação, indicando amplitude semelhante entre as distribuições e, o parâmetro c , diferenciando os padrões estruturais. A aderência observada para *L. brasiliensis* com Weibull 3p e Beta, ainda que divergente do reportado por Machado et al. (2009), sugere que o desempenho das funções pode depender da estrutura populacional, do estado sucessional local e, até mesmo, de acordo com o grupo ecológico de cada espécie (Pascal, 2003), reforçando que a seleção de modelos não deve ser generalista, mas orientada pelo comportamento diamétrico e ecologia das espécies.

Estudos prévios evidenciam a eficácia das FDPs para descrever frequências e assimetrias diamétricas em diferentes florestas (Orellana et al., 2017; Sá et al., 2023; Gorgoso-Varela et al., 2024; Nicoletti et al., 2024). Por essa razão, essas podem auxiliar a verificar se a estrutura atual se aproxima do esperado para populações estáveis ou se ainda se encontra em processo de recuperação. Nesse sentido, as variações observadas nas classes diamétricas podem refletir os distúrbios antrópicos do passado e os danos à regeneração, afetando o recrutamento e a dinâmica populacional, indicando que parte dos fragmentos ainda pode estar em recuperação pós-distúrbio. Assim, este estudo reforça o potencial das FDPs para descrever a estrutura de espécies nativas da FOM e destaca a necessidade de ampliar sua aplicação em diferentes regiões e estágios sucessionais, com implicações diretas para manejo, restauração e conservação.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A adoção do critério diâmetro ≥ 10 cm, embora comum em levantamentos estruturais, exclui o componente regenerante, restringindo as conclusões ao estrato arbóreo estabelecido e não permitindo inferências diretas sobre recrutamento inicial. Recomenda-se que pesquisas futuras incluam áreas adicionais e ampliem o número de espécies avaliadas, a fim de aprimorar a generalização dos modelos e aprofundar o entendimento da dinâmica estrutural em diferentes condições florestais.

Conclusão

O modelo de Weibull 3p demonstra superioridade estatística na modelagem da distribuição diamétrica das quatro espécies avaliadas, apresentando alta capacidade de ajuste e versatilidade para representar diferentes padrões estruturais na Floresta Ombrófila Mista. As espécies exibem comportamentos distintos, com *Matayba elaeagnoides* apresentando padrão próximo ao J-invertido, *Nectandra megapotamica* com baixa representatividade em classes jovens e, *Ocotea pulchella* e *Lithraea brasiliensis*, com distribuição mais irregular. Apesar de inseridas em uma floresta provavelmente submetida à exploração intensa no passado, as espécies estudadas evidenciam processo de reestruturação, com a recomposição de classes diamétricas anteriormente suprimidas. Os resultados, portanto, ampliam o conhecimento estrutural de espécies nativas pouco modeladas e indicam potencial das Funções de Densidade Probabilística como ferramenta de suporte ao manejo e conservação.

Conflito de interesses

Os autores não têm conflitos de interesses a declarar.

Contribuição de autoria

Marcos Felipe Nicoletti: conceitualização, investigação, metodologia, supervisão, escrita - primeira redação. **Ivan de Sousa Pinheiro:** análise formal, investigação, metodologia, escrita - primeira redação. **Victória Varela Silva:** escrita - revisão & edição. **Thiago Floriani Stepka:** escrita - revisão & edição. **Mário Dobner Júnior:** conceitualização, investigação, metodologia, supervisão, escrita - primeira redação.

Referências

- Biolchi, G. **Estrutura e classificação de florestas de *Araucaria angustifolia*, de crescimento antigo e secundárias, em Santa Catarina.** 2023. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- Callegaro, R. M. et al. Variações estruturais entre grupos florísticos de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana em Nova Prata-RS. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 337-349, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509818452>.

- Dubreuil, V. et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins**, n. 37, 2018. <https://doi.org/10.4000/confins.15738>.
- Fernandes, P. R. S. et al. Equações hipsométricas para *Pinus* spp. na estação experimental de ciências florestais de Itatinga, São Paulo. **Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 96-106, 2021.
- Ferreira, F. R. L. et al. Modeling diameter distribution of tree species in a Semideciduous Forest fragment. **Revista Árvore**, v. 47, p. e4701, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9088202300000001>.
- Gomes, J. F. et al. Classificação e crescimento de unidades de vegetação em Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 93-107, 2008. <https://doi.org/10.5902/19805098514>.
- Gorgoso-Varela, J. J. et al. A comparison of probability density functions fitted by moments and maximum likelihood estimation for diameter distribution estimation. **Forests**, v. 15, n. 3, p. 425, 2024. <https://doi.org/10.3390/f15030425>.
- Higuchi, F. G. et al. Influência do tamanho da parcela na precisão da função de distribuição diamétrica de Weibull na floresta primária da Amazônia Central. **Floresta**, v. 42, n. 3, p. 599-606, 2012. <https://doi.org/10.5380/rf.v42i3.19640>.
- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 276 p.
- Lima, R. et al. Modeling tree diameter distributions in natural forests: an evaluation of 10 statistical models. **Forest Science**, v. 61, n. 2, p. 320-327, 2015. <https://doi.org/10.5849/forsci.14-070>.
- Machado, S. A. et al. Distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 2, p. 103-110, 2009. <https://doi.org/10.5380/rsa.v10i2.13575>.
- Nicoletti, M. F. et al. Modelagem da estrutura diamétrica da Floresta Ombrófila Mista e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, n. 4, p. e12201, 2024. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2024v17n4e12201>.
- Orellana, E. et al. Métodos de ajuste e procedimentos de seleção de funções probabilísticas para modelar a distribuição diamétrica em floresta nativa de araucária. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509828668>.
- Orellana, E. et al. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 297-308, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000200010>.
- Pascal, J.-P. Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides. **Revue Forestière Française**, v. 55, p. 118-130, 2003. <https://doi.org/10.4267/2042/5765>.
- Pires, L. A. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de *Ocotea pulchella* (Lauraceae) em uma floresta de restinga da Ilha do Cardoso, SP. **Rodriguésia**, v. 63, n. 4, p. 763-774, 2012. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000400002>.
- Possebom, G. et al. Inventário florestal de uma pequena central hidrelétrica em Pinhal Grande, Rio Grande do Sul. **Revista Espacios**, v. 38, n. 32, p. 28-40, 2017.
- Sá, Q. et al. Developing Weibull-based diameter distributions for the major coniferous species in Heilongjiang Province, China. **Journal Forest Research**, v. 34, p. 1803-1815, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11676-023-01610-9>.
- Santos, D. W. S. et al. Modelagem da distribuição diamétrica e hipsométrica de espécies comerciais nativas da Amazônia brasileira. **Scientia Forestalis**, v. 51, p. e3947, 2023. <https://doi.org/10.18671/scifor.v51.15>.
- Sbardella, M. et al. Instrumento digital para medição de diâmetro florestal usando microcontrolador de baixo custo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, p. e7010172419, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24197>.
- Scolforo, J. R. S. **Biometria florestal**: modelos de crescimento e produção florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 623 p.
- Silva, V. V. et al. Fragments of Mixed Ombrophilous Forest in different successional stages: dendrometric characterization and determination of biomass and carbon. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n. 4, p. 695-704, 2023. <https://doi.org/10.5965/223811712242023695>.
- Souza, C. C. et al. Potencial regenerativo de uma floresta ecotonal na região do Alto Uruguai em Santa Catarina. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 345-356, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509831605>.
- Stepka, T. F. et al. How are diameter growth, forest structure and carrying capacity related in tree populations? **Ecological Modelling**, v. 506, 111141, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2025.111141>.
- Téo, S. J. et al. Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de *Pinus taeda* na região de Caçador, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 183-192, 2011. <https://doi.org/10.4336/2011.pfb.31.67.183>.
- Varela-Silva, V. et al. Volumetry and trunk shape of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in Mixed Ombrophilous Forest fragments at different anthropization levels. **Floresta**, v. 54, n. 1, e95965, 2024. <https://doi.org/10.5380/rf.v54i1.95965>.
- Vaz, D. R. **Caracterização dendrométrica e estudos dendrocronológicos de remanescentes primários e antropizados de Floresta de Araucária em Santa Catarina**. 2022. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

Vaz, D. R. et al. Old-growth and secondary Araucaria Forest characterization. **Trees, Forests and People**, v. 9, p. 100306, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100306>.

Vibrans, A. C. et al. Contribuições para a harmonização de estimativas de atributos florestais por área de inventários florestais de larga escala. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 42, e202102199, p. 1-7, 2022a. <https://doi.org/10.4336/2022.pfb.42e202102199>.

Vibrans, A. C. et al. Unprecedented large-area turnover estimates for the subtropical Brazilian Atlantic Forest based on systematically gathered data. **Forest Ecology and Management**, v. 505, 119902, 2022b. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119902>.