**FUNÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE NA DESCRIÇÃO DO DIÂMETRO DE *Pouteria ramiflora* (MART.) RADLK**

*Aristides Pereira Leite; Jaciara Rodrigues; Lourdes Souza Oliveira; Afonso dos Santos; Alan Fonseca da Silva; Marco Anjo Figueira*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), São João Evangelista-MG*

*2 Universidade Federal do Minas Gerais (UFMG), Montes Claros-MG*

aristides12@gmail.com (Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0000-0001)

jaciarar@gmail.com (Orcid: https://orcid.org/0000-0001-0000-0002)

lourdesso@gmail.com (Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0000-0003>)

afonsos@gmail.com (Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0000-0004>)

alandfs@gmail.com (Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0000-0034>)

marcoaf@gmail.com (Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0000-0005>)

**Resumo**: Objetivou-se avaliar o desempenho de diferentes funções para modelar a distribuição diamétrica de *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk (Sapotaceae) em um fragmento de cerrado típico, localizado no distrito de Desembargador Otoni, município de Diamantina-MG. A coleta dos dados foi realizada em oito parcelas aleatórias de 600 m2. Os dados foram agrupados em classes biométricas com intervalos regulares de 2 cm de diâmetro. Avaliaram-se o desempenho preditivo das funções Weibull, Logística e Cauchy. Todos os ajustes realizados apresentaram aderência pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A amostragem contemplou 87 fustes. O menor e maior DAP encontrados foram de 5,16 cm e 17,16 cm, respectivamente. A função Cauchy apresentou os menores desvios, além do maior coeficiente de correlação. Conclui-se que esta função é adequada para a estimativa da distribuição de diâmetros de fustes no fragmento estudado.

**Palavras-chave**: Distribuição diamétrica. Modelagem. População.

**INTRODUÇÃO**

*Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk. (Sapotaceae), conhecida popularmente como curriola, é uma espécie lenhosa com ampla distribuição geográfica no Brasil, desde o cerrado a florestas semideciduais (TUTTIS et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2014). A sua madeira tem sido utilizada na construção civil e os frutos, em doces e bebidas, além do potencial medicinal no tratamento de infecções por vermes, disenteria e inflamações (TUTTIS et al., 2018).

O estudo da estrutura e dinâmica de espécies lenhosas desempenha um papel crucial na gestão sustentável dos recursos naturais. O diâmetro é um atributo biométrico convencionalmente mensurado em inventários florestais, utilizado como variável independente em diversos modelos de crescimento e produção volumétrica, definindo padrões de uso da árvore e vitalidade da floresta.

A análise da distribuição diamétrica por sua vez, consiste no agrupamento de fustes em classes pré-definidas de tamanho, empregada para caracterizar a estrutura paramétrica e subsidiar decisões de manejo e conservação de ecossistemas naturais. A modelagem de tal distribuição é realizada por meio de funções densidade de probabilidade (f.d.p), tradicionalmente ajustadas pelo método da máxima verossimilhança. Diversas funções estão descritas na literatura florestal, como a Weibull, Normal, Gama, Logística, Cauchy e Hiperbólica (CAMPOS; LEITE, 2017).

É comum representar amplos conjuntos de dados por meio de medidas de posição e dispersão, negligenciando informações relacionadas à respectiva distribuição (LAFETÁ et al*.*, 2018). Mediante exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de diferentes funções para modelar a distribuição diamétrica de *P. ramiflora* em um fragmento de cerrado típico.

**MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido em um fragmento de cerrado típico no distrito de Desembargador Otoni, município de Diamantina, Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais, nas coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) 672.520m E e 8.049.450 N (Datum Sirgas 2000, Zona 23S). O clima da região é do tipo Cwb (mesotérmico) pela classificação do sistema internacional de Köppen. As normais climatológicas anuais de 1981 a 2010 da região se encontram nos seguintes intervalos de acordo com o INMET (2023): precipitação acumulada de 1050 a 1250mm e temperatura média de 22 a 24ºC.

A área de estudo possui 26,90 ha e relevo plano. A coleta dos dados foi realizada em oito parcelas aleatórias retangulares de 30 × 20 m (600 m2), equivalente a uma intensidade amostral de 1,78%. Todos os fustes dos indivíduos arbóreos de *P. ramiflora*, com circunferência a 1,30 m de altura do solo (CAP, cm) igual ou superior a 15 cm foram mensurados. A CAP foi obtida com auxílio de fita métrica.

O diâmetro à 1,30 m de altura do solo (DAP, cm) foi calculado pela relação entre CAP e o valor de π (3,141592654...). Os dados foram agrupados em classes biométricas com intervalos regulares de 2 cm de diâmetro. As funções testadas para a modelagem da distribuição de diâmetros foram: Weibull de 2 parâmetros (Weibull 2P); Logística de dois parâmetros (Logística 2P) e Cauchy. Todas as funções foram ajustadas pelo método da máxima verossimilhança. As f.d.p estão listadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Funções de densidade de probabilidade testadas para ajuste da distribuição de diâmetros de *Pouteria ramiflora* em um fragmento de cerrado típico.

|  |  |
| --- | --- |
| **Nome** | **Função densidade de probabilidade** |
| Weibull 2P | $$f\left(x\right)=\left(\frac{γ}{β}\right)\left(\frac{x}{β}\right)^{γ-1}e^{-\left(\frac{x}{β}\right)^{γ}}$$ |
| Função Logística 2P | $$f\left(x\right)=\frac{e^{\left(\frac{x-α}{β}\right)}}{β\left[1+e^{\left(\frac{x-α}{β}\right)}\right]^{2}}$$ |
| Cauchy | $$f\left(x\right)=\frac{1}{πβ\left[1+\left(\frac{x-α}{β}\right)^{2}\right]}$$ |
| *x* = centro de classe biométrica, *x* ≥ 0; $α$ = parâmetro de locação, $α$ > 0; $β$ = parâmetro de escala, $β$ > 0; $γ$ = parâmetro de forma, $γ$ > 0; $e$ = constante neperiana; e $π$ = 3,14159265359... |

A qualidade dos ajustes foi avaliada de acordo com os valores da Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM) e coeficiente de correlação de Pearson ($r\_{Y\hat{Y}}$). Baixos valores de RQEM e altos valores de $r\_{Y\hat{Y}}$ implicam em maior qualidade preditiva.

A aderência das funções aos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (GIBBONS; SUBHABRATA, 1992). Trata-se de um teste que compara a frequência acumulativa estimada com a frequência observada. O ponto de maior divergência entre as distribuições é o valor da estatística de teste (dn). Complementarmente, realizou-se a análise gráfica entre valores observados e estimados pelas equações obtidas.

Para diagnóstico de efeito estatístico, foi adotado o nível de significância de 5% em todas as análises. Estas foram efetuadas com auxílio do software R versão 4.1.3 (R CORE TEAM, 2022).

**RESULTADOS**

A amostragem contemplou 87 fustes. O menor e maior DAP encontrados foram de 5,16 cm e 17,16 cm, respectivamente. Observou-se que a primeira classe diamétrica com amplitude de 2 cm apresentou 39 fustes e totalizou 44,83 % da população amostrada. Ocorreram 20 fustes na segunda classe, o que correspondeu a 22,99 % da amostra. O total de 75,86 % dos fustes exibiu DAP inferior a 10,0 cm.

Os ajustes das funções apresentaram poucos desvios, com baixos valores de RQEM (Tabela 2). Todos os ajustes realizados apresentaram aderência pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (p > 0,05). Entretanto, a função Cauchy apresentou o melhor desempenho preditivo, com menor valor de RQEM, além do maior coeficiente de correlação (p ≤ 0,05).

**Tabela 2.** Coeficientes e qualidade de ajuste das funções densidade de probabilidade testadas para a estimativa da frequência relativa de *P. ramiflora* em um fragmento de cerrado típico.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Função** | **Coeficientes** | **RQEM** | $$r\_{Y\hat{Y}}$$ | **KS (*p*)** |
| Weibull | $β$ = 9,299177 | $γ$ = 3,068180 | 0,1388 | 0,7524ns | 0,54 |
| Logística | $α$ = 7,942138 | $β$ = 1,532528 | 0,1345 | 0,7472ns | 0,54 |
| Cauchy | $α$ = 6,948983 | $β$ = 1,444958 | 0,1288 | 0,9091\* | 0,54 |
| α = parâmetro de locação; β = parâmetro de escala; γ = parâmetro de forma; RQEM = raiz quadrada do erro médio; $r\_{Y\hat{Y}}$ = coeficiente de correlação de Pearson e; KS = teste de Kolmogorov-Smirnov. \*, ns significativo e não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.Fonte: os autores. |

A distribuição de diâmetro de *P. ramiflora* do fragmento de cerrado estudado exibiu tendência exponencial negativa descontínua (ou errática, com ausência de indivíduos em uma classe de diâmetro), gerando um gráfico cuja curva se assemelhou à forma “J” invertido (Figura 1).

**Figura 1**. Frequência relativa observada e estimada pelas funções densidade de probabilidade testadas para a estimativa da frequência relativa de *P. ramiflora* em um fragmento de cerrado típico.



**DISCUSSÃO**

O fornecimento de estimativas precisas de distribuições biométricas requer boa aderência da função à estrutura dos dados (LAFETÁ et al., 2018). A aderência das f.d.p. demonstrou potencial para descrever a estrutura diamétrica dos fustes de *P. Ramiflora* no fragmento de cerrado típico es estudo (Tabela 2). Notou-se perda de precisão da estimativa da frequência de fustes em classes biométricas menores, principalmente, pela função Weibull. Esta função subestimou a quantidade de fustes nas classes menores (de 5 a 7 cm). O parâmetro de forma da função Weibull evidenciou a assimetria positiva da distribuição. Enfatiza-se que a diminuição de valores do parâmetro de forma torna a assimetria progressivamente mais positiva (BAYLEY; DELL, 1973).

A análise gráfica permitiu ter uma maior clareza no julgamento das distribuições de diâmetro estimadas pelas f.d.p. Quando analisada a Figura 1, percebe-se claramente que a função Cauchy foi a que melhor representou a série de dados em classes menores, enquanto que a função logística teve melhor desempenho na representação da frequência relativa de fustes em classes biométricas intermediárias.

O decréscimo da quantidade de fustes com o aumento das classes de diâmetro está condizente com o previsto para florestas inequiâneas (CAMPOS; LEITE, 2017). A estrutura regenerante do fragmento foi representada pela maior frequência de fustes em classes menores de diâmetro, importante para a adoção de práticas sustentáveis baseadas em análise do tempo de passagem para o manejo de produtos florestais madeireiros e/ou não madeireiros. Contudo, eventuais colheitas seletivas de materiais lenhosos e frutos devem ser vistas com bastante cautela e realizada de forma racional, seguindo a legislação ambiental vigente. A orientação técnica/profissional adequada é fundamental para conciliar a conservação de fragmentos com a geração de renda para pequenos produtores rurais.

**CONCLUSÃO**

A função Cauchy é adequada para a estimativa da distribuição de diâmetros de *P. ramiflora* no fragmento de cerrado típico em estudo.

**AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) pelo apoio logístico para a realização do presente projeto.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BAYLEY, R. L.; DELL, T. R. Quantifying diameters with the Weibull function. **Forest Science**, v. 19, p. 97-104, 1973.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. 5. ed. Viçosa, MG: UFV, 2017. 636p.

GIBBONS, J.D.; SUBHABRATA, C. **Nonparametric statistical inference**. 3. ed. New York: Marcel Dekker, 1992. 544p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. (2021). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em 01 ago. 2023.

LAFETÁ, B. O.; RODRIGUES, R.; PENIDO, T. M A.; LAGE, P. Modeling of hypsometric distribution of *Handroanthus heptaphyllus* seedlings in different containers. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 37, p. 1915-1923, 2018.

OLIVEIRA, A. K. M.; PEREIRA, K. C. L.; MULLER, J. A. I.; MATIAS, R. Análise fitoquímica e potencial alelopático das cascas de *Pouteria ramiflora* na germinação de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 41-47, 2014.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2022.

TUTTIS, K.; COSTA, D. L. M. G.; NUNES, H. L.; SPECIAN, A. F. L.; SERPELONI, J. M.; SANTOS, L. C.; VARANDA, E. A.; VILEGAS, W.; MARTÍNEZ-LOPEZ, W.; CÓLUS, I. M. S. *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk. extract: Flavonoids quantification and chemopreventive effect on HepG2 cells. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, v. 81, n. 16, p. 792-804, 2018.