



FUNÇÕES DE DENSIDADE PROBABILÍSTICA NA DESCRIÇÃO DIAMÉTRICA DE FUSTES DO BIOMA AMAZÔNIA EM CANDEIAS DO JAMARI, RONDÔNIA

Magno Geraldo Lessa Alves ⁽¹⁾, Ana Clara Gomes de Queirós ⁽¹⁾, Ricardo Souza Nunes ⁽¹⁾,
Lucas Barros Souza ⁽²⁾, Ivan da Costa Ilheu Fontan ⁽³⁾, Bruno Oliveira Lafeté ⁽⁴⁾

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de diferentes funções de densidade probabilística para modelar a distribuição diamétrica de fustes em área de domínio amazônico no município de Candeias do Jamari-RO. A amostragem consistiu na distribuição sistemática de 9 conglomerados com quatro subunidades retangulares (20×100 m) e perpendiculares em relação ao seu ponto central, em forma de cruz de Malta; a distância entre as subunidades e o ponto central foi de 50m. Os dados de diâmetro foram agrupados em classes com intervalos regulares de 5 cm. Avaliaram-se as funções Weibull, Logística e Cauchy. As funções ajustadas apresentaram poucos desvios. Entretanto, a função Cauchy apresentou o melhor desempenho preditivo, com menores valores da raiz quadrada do erro médio e do critério de informação da Akaike, além do maior coeficiente de correlação. Conclui-se que a função Cauchy se mostrou adequada para a estimativa da distribuição de diâmetros de fustes no domínio amazônico em estudo.

Palavras-chave: Distribuição diamétrica. Estrutura. Modelagem. Precisão.

1 INTRODUÇÃO

O domínio Amazônico abrange aproximadamente um terço das florestas tropicais do planeta e abriga uma das maiores diversidades biológicas do mundo. Estima-se que mais de 350 espécies sejam exploradas e comercializadas no setor madeireiro da região (CRUZ et al., 2021). A compreensão da estrutura lenhosa dessas formações florestais é essencial para o delineamento de estratégias voltadas à conservação e ao manejo florestal sustentável.

A distribuição diamétrica lenhosa, obtida pelo agrupamento de fustes em classes de diâmetro, constitui um parâmetro fundamental para a análise dos padrões de crescimento e para o planejamento da produção de múltiplos produtos florestais. Essa caracterização é comumente descrita por meio de funções de densidade probabilística, as quais permitem

⁽¹⁾ Engenharia Florestal, São João Evangelista, Instituto Federal de Minas Gerais.

⁽²⁾ Técnico administrativo, São João Evangelista, Instituto Federal de Minas Gerais.

⁽³⁾ Professor de Engenharia Florestal, São João Evangelista, Instituto Federal de Minas Gerais.

⁽⁴⁾ Professor orientador, Engenheiro Florestal, São João Evangelista, Instituto Federal de Minas Gerais.



estimar a probabilidade de ocorrência de fustes em diferentes intervalos de diâmetro (CAMPOS; LEITE, 2017; LAFETÁ et al., 2018).

Considerando a variabilidade das condições ambientais e estruturais entre os sítios florestais, é imprescindível selecionar e ajustar adequadamente a função de densidade que melhor represente o comportamento da variável estudada. A literatura florestal destaca diversas funções com potencial de aplicação, entre as quais se sobressaem a Weibull, Logística, Cauchy, Gama, Beta e Normal.

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de diferentes funções de densidade probabilística na modelagem da distribuição diamétrica de fustes em área de domínio amazônico localizada no município de Candeias do Jamari, Rondônia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados biométricos foram provenientes do Inventário Florestal Nacional realizado em região de planície no município de Candeias do Jamari-RO, disponibilizados gratuitamente pelo Sistema Nacional de Informações Florestais. A região se encontra em área do bioma Amazônia e possui clima do tipo Am pela classificação do sistema internacional de Köppen. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 2.216 mm e 26,1 °C, respectivamente (CLIMATE-DATA.ORG, 2025).

O inventário foi coordenado pelo Serviço Florestal Brasileiro e consistiu na distribuição sistemática de 9 conglomerados com quatro subunidades retangulares (20 × 100 m) e perpendiculares em relação ao seu ponto central, em forma de cruz de Malta; a distância entre as subunidades e o ponto central foi de 50m. Detalhes sobre a metodologia de amostragem podem ser encontrados em SFB (2025). Todos os fustes dos indivíduos lenhosos com diâmetro a 1,30 m de altura do solo (DAP, cm) igual ou superior a 10,0 cm foram mensurados usando fita diamétrica. Os dados foram agrupados em classes biométricas com intervalos regulares de 5 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 e se encontram discriminadas na Tabela 1.



Tabela 1 - Funções de densidade de probabilidade testadas para a modelagem da distribuição de diâmetros do fuste em área do bioma Amazônia no município de Candeias do Jamari, Rondônia

Nome	Função densidade de probabilidade
Weibull 2P	$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\gamma}$
Logística 2P	$f(x) = \frac{e^{\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}}{\beta \left[1 + e^{\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)}\right]^2}$
Cauchy	$f(x) = \frac{1}{\pi\beta \left[1 + \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^2\right]}$

x = centro de classe biométrica, $x \geq 0$; α = parâmetro de locação, $\alpha > 0$; β = parâmetro de escala, $\beta > 0$; γ = parâmetro de forma, $\gamma > 0$; e = constante neperiana; e $\pi = 3,14159265359...$ Fonte: Os autores (2025).

A qualidade dos ajustes foi avaliada de acordo com os valores da Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM), coeficiente de correlação de Pearson ($r_{Y\hat{Y}}$) e critério de informação de Akaike (Akaike Information Criterion, AIC). Baixos valores de RQEM e AIC, além de altos valores de $r_{Y\hat{Y}}$, implicam em melhor qualidade preditiva. Complementarmente, realizou-se a análise gráfica entre valores observados e estimados pelas equações obtidas.

As análises estatísticas foram efetuadas com auxílio do software R, ao nível de significância de 5,0%.

3 RESULTADOS

A amostragem contemplou 1.716 fustes. O menor e maior DAP encontrados foram de 10,0 e 171,0 cm, respectivamente. Observou-se que a primeira classe diamétrica com amplitude de 5 cm apresentou 694 fustes e totalizou 40,44% da população amostrada. Ocorreram 391 fustes na segunda classe, o que correspondeu a 22,79% da amostra.

Os ajustes das funções apresentaram poucos desvios, com baixos valores de RQEM (Tabela 2). Entretanto, a função Cauchy apresentou o melhor desempenho preditivo, com menor valor de RQEM e AIC, além do maior coeficiente de correlação ($p \leq 0,05$).



Tabela 2 - Coeficientes e qualidade de ajuste das funções densidade de probabilidade testadas para a estimativa da frequência relativa de fustes em domínio amazônico no município de Candeias do Jamari, Rondônia

Funções	Coeficientes		RQEM	$r_{Y\hat{Y}}$	AIC
Weibull 2P	$\gamma=1,6470$	$\beta=25,5650$	156,3448	0,8282*	13455
Logística 2P	$\alpha=19,6569$	$\beta=6,9426$	155,5423	0,7719*	13752
Cauchy	$\alpha=15,4174$	$\beta=4,2455$	147,0176	0,9260*	13161

RQEM = raiz quadrada do erro médio; $r_{Y\hat{Y}}$ = coeficiente de correlação de Pearson e; AIC = critério de informação de Akaike. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste *t*. Fonte: Os autores (2025).

A distribuição diamétrica dos fustes amostrados no domínio amazônico apresentou tendência exponencial negativa, com comportamento errático em razão da ausência de fustes em dez classes de diâmetro superiores a 95 cm (correspondentes aos centros de classe: 97,5; 107,5; 112,5; 127,5; 132,5; 137,5; 147,5; 157,5; 162,5 e 167,5 cm). O gráfico resultante exibiu uma curva em forma de “J” invertido (Figura 1).

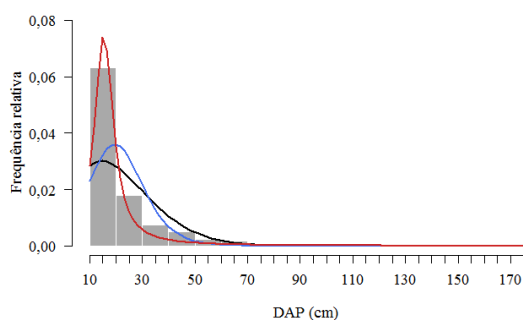


Figura 1 - Frequência relativa diamétrica observada e estimada pelas funções densidade de probabilidade testadas para uma área de domínio amazônico no município de Candeias do Jamari, Rondônia. Preto = Weibull 2P; Azul = Logística 2P; e Vermelho = Cauchy. Fonte: Os autores (2025).

4 DISCUSSÃO

A acurácia na estimativa da distribuição de diâmetros em formações lenhosas está diretamente relacionada à qualidade da parametrização das funções de densidade probabilística utilizadas (LAFETÁ et al., 2018). As funções testadas mostraram potencial para descrever a estrutura dos dados (Tabela 2), embora Weibull 2P e Logística tenham subestimado o número de fustes nas classes menores (de 10 a 20 cm).

A análise de inspeção gráfica proporcionou clareza na avaliação das distribuições de diâmetro estimadas pelas funções testadas. O comportamento errático identificado na distribuição diamétrica inventariada pode estar associado à baixa representatividade amostral



de indivíduos de grandes dimensões, característica comum em florestas naturais maduras, onde o número de árvores de maior diâmetro tende a ser reduzido em relação às classes inferiores. A Figura 1 mostrou que a função Cauchy representou melhor a distribuição de frequência de fustes em diferentes classe de diâmetro, enquanto a função logística apresentou um desempenho superior nas classes biométricas intermediárias.

A tendência de redução no número de fustes com o aumento das classes de diâmetro, configurando o padrão em “J” invertido, está de acordo com o esperado para florestas naturais (CAMPOS; LEITE, 2017). A maior concentração de indivíduos nas classes de menor diâmetro evidencia o caráter regenerativo da vegetação, aspecto fundamental para o planejamento de práticas de manejo sustentável baseadas na análise do tempo de passagem entre classes diamétricas. No entanto, a realização de colheitas de material lenhoso deve ser conduzida com cautela, de forma tecnicamente fundamentada e em conformidade com a legislação ambiental vigente.

5 CONCLUSÃO

A função Cauchy se mostrou adequada para a estimativa da distribuição de diâmetros de fustes em domínio amazônico no município de Candeias do Jamari, Rondônia.

REFERÊNCIAS

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

CLIMATE-DATA.ORG. Clima: **Candeias do Jamari**. 2025. Disponível em: <<https://en.climate-data.org/south-america/brazil/rondonia/candeias-do-jamari-42766>> Acesso em 1 set. 2025.

CRUZ, L. L.; NAKAJIMA, N. Y.; SILVA, R. M.; HOSOKAWA, R. T.; JARDIM, F. C. S.; CORTE, A. P. D. Distribuição diamétrica de três espécies de Lecythidaceae após exploração de impacto reduzido na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 171-190, 2021.

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.