



## MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Terminalia grandis*

(Ducke) Gere & Boatwr. AMAZÔNIA, AMAPÁ, BRASIL

Rafaela Diniz Amador<sup>1</sup>, Ariano Castro de Brito<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Amapá, Macapá, AP, Brasil. E-mail: amadordiniz@gmail.com; acbrito.eng@gmail.com  
Autora correspondente: Rafaela Diniz Amador. E-mail: amadordiniz@gmail.com.

### RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o desempenho e selecionar Funções Densidade de Probabilidade (FDP) que descrevam a distribuição diamétrica da espécie *Terminalia grandis* (Ducke) Gere & Boatwr. em uma área de Floresta de Planícies Inundáveis. O estudo foi desenvolvido no município de Mazagão, Amapá, onde foi realizado um inventário florestal do tipo censo identificando e mensurando os indivíduos de *Terminalia grandis* que apresentavam o nível de inclusão igual ou superior a 35,0 cm (diâmetro a 1,30m do solo  $\geq 35$  cm). Foram testadas as funções Normal, Log-normal, Gama e Weibull- 2P. O critério de informação de Akaike – AIC foi empregado como critério de seleção, além do teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade. Os resultados indicaram uma distribuição diamétrica irregular, com poucos indivíduos nas primeiras classes, identificando uma dificuldade de regeneração da espécie. E ainda, a função Log-normal apresentou o melhor ajuste. Conclui-se que estudos que visam a distribuição diamétrica podem ser utilizados como mecanismo para exploração volumétrica de madeira e projeção da produção futura, através de planos de manejo.

**Palavras-chave:** Função densidade de probabilidade; gama; log-normal; manejo florestal; normal; Weibull-2P

## MODELING OF THE DIAMETRIC DISTRIBUTION OF *Terminalia grandis*

(Ducke) Gere & Boatwr. AMAZÔNIA, AMAPÁ, BRASIL.

### ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the performance and select Probability Density Functions (PDF) that describe the diametric distribution of the species *Terminalia grandis* (Ducke) Gere & Boatwr. in an area of Floodplain Forest. The study was carried out in the municipality of Mazagão, Amapá, where a census-type forest inventory was carried out, identifying, and measuring the individuals of *Terminalia grandis* that had an inclusion level equal to or greater than 35.0 cm (diameter at 1.30 m from the ground  $\geq 35$  cm). Normal, Log-normal, Gamma and Weibull-2P functions were tested. The Akaike Information Criterion – AIC was used as a selection criterion, in addition to the Kolmogorov-Smirnov test at 5% probability. The results indicated an irregular diametric distribution, with few individuals in the first classes, identifying a difficulty in the regeneration of the species. Furthermore, the Log-normal functions presented the best fit. It is concluded that studies aimed at the diametric distribution can be used as a mechanism for volumetric wood exploration and projection of future production, through management plans.

**Key words:** Probability density function; gamma; log-normal; forest management; normal; Weibull-2P

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



### INTRODUÇÃO

A Floresta de Planícies Inundáveis constitui considerável ambiente florestado do Amapá, considerando-se estrutura, diversidade e representatividade espacial. Em sua área de abrangência, sua maior concentração ocorre principalmente em margens de rios de água barrenta, onde, de certo modo, passa a ser regulada pelos regimes de marés (Amapá, 2002).

Além de toda a complexidade de sua composição, com um grande número de espécies com as mais diferentes características silviculturais, ecológicas e tecnológicas, poucas são as informações de como as plantas crescem (Scolforo *et al.*, 1998; Pulz *et al.*, 1999).

Entre as espécies que compõe esta tipologia florestal destaca-se a *Terminalia grandis* (Ducke) Gere & Boatwr. conhecida popularmente como tanimbuca, pertencente à família Combretaceae, possuindo interesse comercial madeireiro e podendo atingir até 45 metros de altura.

É de fundamental importância que sejam desenvolvidos estudos voltados para o conhecimento da distribuição diamétrica de espécies analisadas individualmente, com o objetivo de avaliar a regeneração natural ou, mesmo, definir critérios de exploração, tendo em foco o manejo sustentável (Orellana *et al.*, 2014).

Assim, as Funções Densidade de Probabilidade (FDP) é uma das formas de demonstrar a estrutura de uma comunidade florestal, para tanto a distribuição diamétrica é uma das mais utilizadas, devido à sua eficácia e simplicidade (Jesus *et al.*, 2017). Dentre as funções mais utilizadas estão: Gama, Beta, Weibull, Normal e Log-normal, (Scolforo, 2006). No entanto, é importante o ajuste de diferentes equações para que se escolha a que mais se adeque aos dados, visto que cada espécie apresenta suas peculiaridades.

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo ajustar e selecionar Funções Densidade de Probabilidade que descrevam a distribuição diamétrica da espécie *Terminalia grandis* (Ducke) em uma área de Floresta de Planícies Inundáveis no estado do Amapá, Brasil.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de estudo

Foi realizado em uma propriedade localizada à margem direita do Rio Vila Nova, próximo a foz do Igarapé do lago, município de Mazagão, Amapá. Coordenadas: Lat. 00°01'05,27" N; Long. 51°28'51,23" O. De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é do tipo equatorial Super-úmido, com oscilação de temperatura que pode chegar a 38°C na máxima e cerca de 23°C na mínima. Sendo o solo do tipo Gleissolo, pelo fato da região ser inundada parte do tempo e com vegetação característica de Florestas de Planícies Inundáveis.

#### Amostragem

Na área em estudo foi realizado um inventário florestal do tipo censo. O levantamento consistiu em identificar os indivíduos de *Terminalia grandis* e mensurar todos os diâmetro e altura

## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

dos indivíduos arbóreos vivos que apresentavam o nível de inclusão igual ou superior a 35,0 cm (diâmetro a 1,30m do solo (D)  $\geq 35$  cm).

### Ajuste e avaliação das funções de densidade de probabilidade

Os diâmetros foram agrupados em intervalos fixos de 10 cm cada, cuja amplitude foi de 35 cm (diâmetro mínimo de inclusão) até o valor máximo observado para cada espécie, totalizando oito classes de diâmetro.

Os dados de D foram analisados por meio da estatística descritiva, utilizando as medidas de posição: média, mediana e moda, e as medidas de dispersão: variância, desvio padrão, erro padrão, diâmetros mínimo e máximo e coeficiente de variação. Foram comparadas as FDP's Normal, Log-normal, Gama e Weibull-2P (Tabela 1), sendo o D a variável independente.

**Tabela 1.** Funções densidade de probabilidade testadas para estrutura diamétrica de *Terminalia grandis* em uma área de Floresta de Várzea, Amapá, Brasil

Função	Fórmula
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{1}{2}\right)\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}} + \varepsilon$
Log-normal	$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\left(\frac{1}{2\sigma^2}\right)(\ln(x) - \mu)^2} + \varepsilon$
Gama	$f(x) = \frac{(x-x_{min})^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)(x-x_{min})}}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} + \varepsilon$
Weibull-2P	$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \cdot \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma-1} e\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\gamma\right] + \varepsilon$

Em que:  $x$ : variável diâmetro em cm;  $f(x)$ : função densidade de probabilidade da variável  $x$ ;  $\mu$ : média dos valores de  $x$ ;  $\sigma$ : desvio padrão de  $x$ ;  $\sigma^2$ : variância da variável  $x$ ;  $\pi$ : é a constante "pi" (3,14159);  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\gamma$ : parâmetros a serem estimados;  $\Gamma$ : função Gama.

A escolha das FDP's que melhor representaram a distribuição de diâmetros da espécie em estudo foi feita com base no critério de informação de Akaike – AIC, em que, quanto menor o valor de AIC, melhor será o ajuste do modelo. E para a validação foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo *software* R Core Team (2022).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, estão apresentados os coeficientes estimados para as funções densidade de probabilidade. Esses valores foram utilizados nas suas respectivas funções para obtenção das probabilidades de encontrar árvores em determinada classe diamétrica.

Dentre as quatro funções utilizadas, apenas a Log-normal apresentou aderência ao ajuste dos dados, conforme evidenciado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS). Ao verificar o critério de informação de Akaike – AIC a função também apresentou o menor valor. As demais funções não apresentaram aderência conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) na Tabela 2.

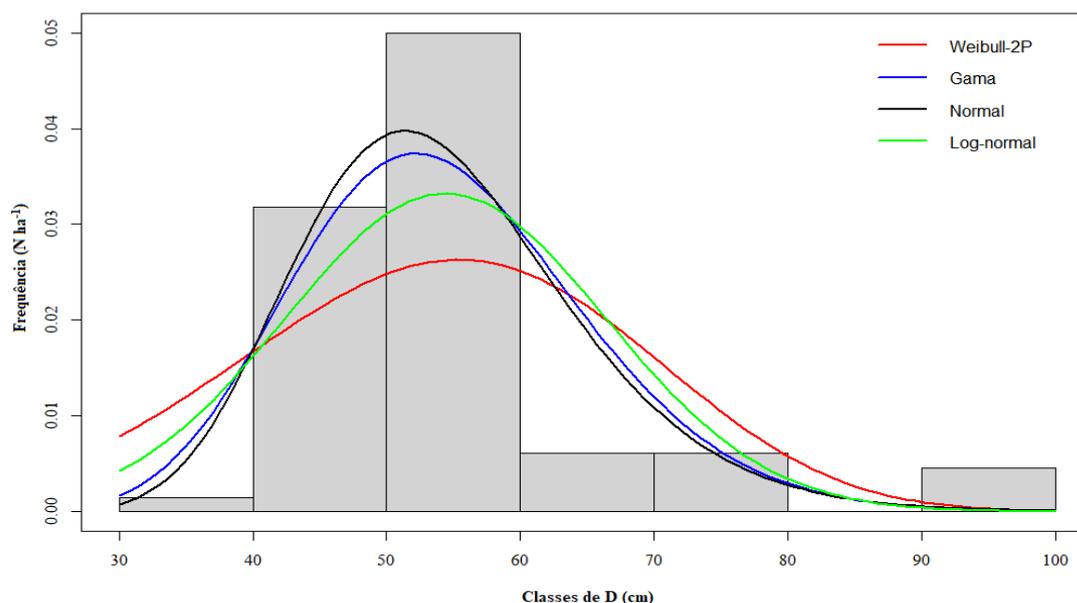
## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

**Tabela 2.** Estimativas dos parâmetros testadas para a classificação das funções de densidade pelo critério de informação de Akaike (AIC) para *Terminalia grandis*, Amapá, Brasil

Parâmetros	Estimativas	Função	AIC	KS	Ranking
$\sigma^2$	146,4410	Normal	519,4093	0,2381 <sup>ns</sup>	3°
$\sigma$	12,0091				
$\sigma^2$	0,1917	Log-normal	498,1366	0,19668*	1°
$\alpha$	25,1119	Gama	504,3221	0,253555 <sup>ns</sup>	2°
$\beta$	0,4616				
$\gamma$	4,1040	Weibull-2P	532,3051	0,211417 <sup>ns</sup>	4°
$\beta$	59,3237				

$D_{\text{tab}} = 0,200639$ ; <sup>ns</sup>não significativo; \*Significativo a 5% de probabilidade.

Pode-se verificar que as classes diamétricas demonstradas na Figura 1, não acompanharam a curva da distribuição ideal ou esperado para espécies de florestas nativas, isto é, o “J” invertido ou exponencial negativo, podendo-se inferir que nas classes diamétricas iniciais e acima de 60 cm devem ter existido ações antrópicas ou naturais que diminuíram o número de indivíduos, apresentando déficit nessas classes, demonstrando que a vegetação arbórea observada não se encontra balanceada, uma vez que os valores obtidos ficaram diferentes e irregulares entre si.



**Figura 1.** Distribuição diamétrica e Funções Densidade de Probabilidade para *Terminalia grandis* na região Amazônica.

Resultado diferente foi registrado por Almeida & Jardim (2011) estudando uma comunidade arbórea de várzea em Ananindeua – PA, onde a maior concentração dos indivíduos esteve nas classes iniciais com até 40 cm de D.

Assim também Santos & Jardim (2006), Jardim *et al.* (2007) e Carim *et al.* (2008) estudando florestas de várzea, registraram o maior número de indivíduos nas primeiras classes diamétricas, o que é considerado característico nas florestas tropicais. Para os autores, o maior número de indivíduos na primeira classe significa a maior intensidade de regeneração do componente arbóreo e o bom estado de conservação da floresta

### CONCLUSÃO

A função log-normal apresentou melhor aderência quanto ao ajuste para a espécie em estudo, podendo ser indicada para descrever a distribuição diamétrica e contribuir na tomada de decisões sobre o manejo sustentável e conservação da espécie.

A densidade populacional está em estado incompleto de tendência à autorregeneração, principalmente nas primeiras classes diamétricas, onde não existe o balanço natural entre a mortalidade e o recrutamento dos indivíduos pertinentes em cada uma dessas classes. Portanto, é necessário se fazer um manejo objetivando a reprodução ao longo do tempo para manter a sobrevivência da espécie, pois apresenta déficit na sua classe inicial de diâmetro, havendo pouca presença de indivíduos regenerantes, enfatizando que o inventário teve como objetivo o manejo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. F.; Jardim, M. A. G. Florística e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de várzea na Ilha de Sororoca, Ananindeua, Pará, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 90, p. 191-198, 2011. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr90/cap07.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2023.
- Amapá. Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá. **Macrodiagnóstico do estado do Amapá**: primeira aproximação do zoneamento ecológico econômico. Macapá: IEPA-ZEE, 2002. 140 p. Disponível em: <http://www.iepa.ap.gov.br/arquivopdf/macrodiagnostico.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2023.
- Carim, M. J. V.; Jardim, M. A. G.; Medeiros, T. D. S. Composição florística e estrutura de floresta de várzea no município de Mazagão, Estado do Pará, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p.191-201, 2008. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr79/cap03.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2023.
- Jardim, M. A. G.; Santos G. C.; Medeiros, T. D. S.; Francez, D. C. Diversidade e estrutura de palmeiras em floresta de várzea do estuário amazônico. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 2, n. 4, p.67-84, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228355689>. Acesso em: 15 Jun. 2023.
- Jesus, C. M.; Miguel, E. P.; Rezende, A. V.; Gaspar, R. O.; Gatto, A.; Valadão, M. B. X.; Carrijo, J. V. N. Funções de densidade de probabilidade para estimativa das distribuições de variáveis dendrométricas em um povoamento clonal de eucalipto. **Revista Espacios**, v. 38, n. 16, p.30-42, 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n16/a17v38n16p30.pdf>. Acesso em: 12 Jun. 2023.
- Orellana, E.; Figueiredo Filho, A.; Netto, S. P.; Dias, A. N. 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>.
- Pulz, F. A.; Scolforo, J. R.; Oliveira, A. D.; Mello, J. M.; Oliveira Filho, A. T. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiana com a matriz de transição. **Cerne**, v. 5, n. 1, p.1-14, 1999. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/12027>. Acesso em: 24 Jun. 2023.
- R Core Team. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 01 Jun. 2023.
- Santos, G. C.; Jardim, M. A. G. Florística e estrutura do estrato arbóreo de uma floresta de várzea no município de Santa Bárbara do Pará, Estado do Pará, Brasil. **Acta Amazônica**, v.36, n.4, p.437-446, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672006000400006>.
- Scolforo, J. R. S.; Pulz, F. A.; Mello, J. M. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural. In: Scolforo, J. R. S. (Ed.). **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p.189-206.
- Scolforo, J. R. S. **Biometria florestal**: modelos de crescimento e produção florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 393p.