



MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE UM FRAGMENTO MANEJADO NA REGIÃO DO ARCO DO DESMATAMENTO NO SUDESTE DO PARÁ

Juliana Fonseca Cardoso¹, Cleuma Christir da Silva Almeida¹, Sabrina Benmuyal Vieira²,
Ricardo Siqueira da Silva¹, Bruno Oliveira Lafeta³, Ademir Roberto Ruschel⁴, Gilciano
Saraiva Nogueira¹, Marcio Leles Romarco de Oliveira¹

1 Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil. E-mail: juliana.cardoso@ufvjm.edu.br; cleuma.christir@ufvjm.edu.br; ricardo.siqueira@ufvjm.edu.br; gilciano.nogueira@ufvjm.edu.br; marcioromarco@ufvjm.edu.br

2 Grupo Arboris, Dom Eliseu, PA, Brasil. E-mail: sabrina.benmuyal@grupoarboris.com.br

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, São João Evangelista, MG, Brasil. E-mail: bruno.lafeta@ifmg.edu.br

4 Embrapa Amazônia Oriental, Brasil. E-mail: ademir.ruschel@embrapa.br

Autora correspondente: Juliana Fonseca Cardoso. E-mail: juliana.cardoso@ufvjm.edu.br.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da função Weibull 3P, para descrever a distribuição diamétrica de um fragmento manejado na região do arco do desmatamento no Sudeste do Pará, para os anos de 2009 e 2020. A área de estudo está localizada no município de Dom Eliseu – PA, onde foram instaladas e medidas 30 parcelas permanentes (50m x 50m) em 2009 e remeidas em 2020, para o ajuste foram usados dados de toda a comunidade arbórea com $D \geq 5$ cm. Os dados apresentaram distribuição em J invertido, a função Weibull 3P descreveu satisfatoriamente toda a comunidade e teve boa aderência ao teste Komolgorov-Smirnov a 1%, para os dois anos monitorados. Os valores do ajuste da função Weibull 3P para a distribuição diamétrica apresentaram-se similares para os dois anos monitorados.

Palavras-chave: Função de densidade de probabilidade; manejo florestal; Weibull 3P

MODELING OF THE DIAMETRIC DISTRIBUTION OF A MANAGED FRAGMENT IN THE ARC OF DEFORESTATION REGION IN THE SOUTHEAST OF PARÁ, BRAZIL

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the performance of the Weibull 3P function to describe the diametric distribution of a managed fragment in the region of the arc of deforestation in Southeast Pará, for the years 2009 and 2020. The study area is located in the municipality of Dom Eliseu – PA, where 30 permanent plots (50m x 50m) were installed and measured in 2009 and remeasured in 2020, data from the entire tree community with $D \geq 5$ cm were used for the adjustment. The data showed an inverted J distribution, the Weibull 3P function satisfactorily described the entire community and had good adherence to the Komolgorov-Smirnov test at 1%, for the two years monitored. The adjustment values of the Weibull 3P function for the diametric distribution were similar for the two monitored years.

Key words: Probability density function; forest management; Weibull 3P

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



INTRODUÇÃO

Apesar de ser um dos maiores detentores de floresta nativa (12%) do território mundial (FAO, 2020), o Brasil ainda possui informações incipientes quanto há informações relacionadas a floresta (Cruz *et al.*, 2021).

O diâmetro representa uma variável capaz de gerar respostas da dinâmica do povoamento florestal (Santos *et al.*, 2016). Se tratando de floresta multiânea, o entendimento da distribuição dos diâmetros auxilia no planejamento e nas estratégias do manejo florestal sustentável, devido a variação na idade das árvores e no ritmo de crescimento das espécies, levando a distribuições diferentes entre tipos florestais, estágios sucessionais e entre as espécies (Cysneiros *et al.*, 2017).

Modelos matemáticos são capazes de descrever a distribuição diamétrica de fragmentos florestais. A eficiência do modelo de Weibull para florestas tropicais ou subtropicais está na presença de estimativa de coeficientes, que correlacionam mais precisamente os atributos da população florestal e flexibilidade, apresentando superioridade quando comparadas com as demais funções (Nascimento *et al.*, 2012).

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho da função Weibull 3P para descrever a distribuição diamétrica um fragmento manejado na região do arco do desmatamento no Sudeste do Pará, para os anos de 2009 e 2020.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Fazenda Shet, propriedade do Grupo Arboris, localizada no km 20 da estrada municipal que liga o Itinga-Pará ao km 44 da BR-222, no município de Dom Eliseu, estado do Pará. A área total da fazenda é de 535,6 ha, sob as coordenadas 4°30'48"S Latitude e 47°39'36"W Longitude. A classificação climática, segundo Köppen-Geiger, é do tipo Aw, reportando um clima tropical chuvoso, com expressivo período de estiagem (IDESP, 2012) e temperatura média anual em torno de 25°C (FAPESPA, 2021). A vegetação da área corresponde a uma vegetação natural degradada, oriunda da atividade ilegal entre as décadas de 70 e 90 (Siviera *et al.*, 2020).

Em 2009, foram instaladas e medidas 30 parcelas permanentes quadradas de 50m × 50m (2.500 m²). Essas parcelas foram remedidas em 2020 e, nas duas ocasiões, todas as árvores com diâmetro à 1,30 m do solo (D) igual ou superior a 5 cm foram medidas e identificadas.

O nível de inclusão dos indivíduos foram os que apresentaram $D \geq 5,0$ cm e para o estudo das distribuições diamétricas da densidade das árvores, foram estabelecidas classes de diâmetros com a amplitude de 10,0 cm. A distribuição diamétrica estimada foi obtida usando o ajuste da função densidade de probabilidade (FDP) de Weibull de três parâmetros (3P), como descrita por Weibull (1951).

Avaliou-se a aderência dos ajustes realizados por meio do teste Komolgorov-Smirnov a 1% de significância (Gibbons & Subhabrata, 1992). Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos *softwares* Excel® e R (versão 4.1.3) (R Development Core Team, 2011), por meio do pacote *fitdistrplus* (Delignette-Muller & Dutang, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com amplitude de 10 cm, foi possível agrupar os diâmetros em onze classes. A distribuição diamétrica dos indivíduos levantados apresentaram um comportamento de “J” invertido para os dois anos analisados. A análise gráfica da frequência estimada em relação ao histograma da frequência observada (Figura 1) permitiu avaliar as possíveis tendenciosidades nos ajustes das funções probabilísticas.

Estudos de distribuição diamétrica para comunidade florestal nativa usando a FDPs Weibull 3P obtiveram desempenho satisfatórios, com boa aderência e subestimativa dos dados observados e estimados (Dalla Lana *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2016; Ciarnoschi *et al.*, 2019; Santos & Stepka, 2021; Cruz *et al.*, 2021).

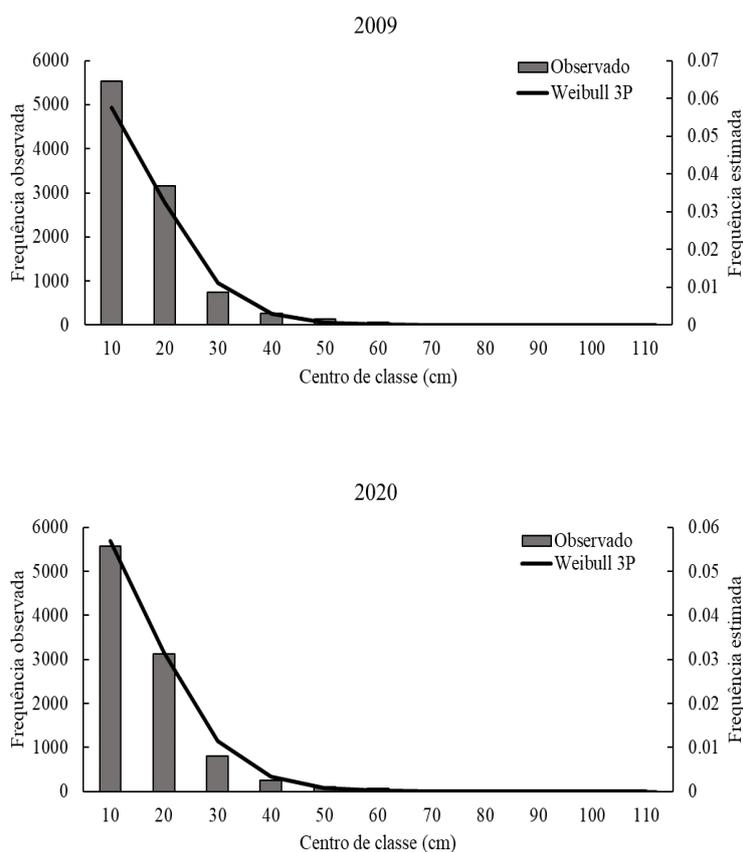


Figura 1. Distribuição diamétrica dos indivíduos inventariados, observada e estimada pela função de Weibull 3P em cada ano estudado, na área experimental da Fazenda Shet no município de Dom Eliseu-PA, considerando árvores com $D \geq 5$ cm

A distribuição diamétrica da floresta apresentou curvas com uma configuração exponencial negativa (J-invertido), isto é, caracterizadas por árvores de pequeno porte nas menores classes

de diâmetro. Estudos científicos padronizam esta configuração para a distribuição diamétrica de florestas tropicais (Santos *et al.*, 2013; Orellana *et al.*, 2014; Téo *et al.*, 2015).

Esse padrão de distribuição dos indivíduos exibe um potencial de recuperação da área, graças ao volume de indivíduos regenerante em estoque jovem (Machado *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2016).

Os resultados da aderência dos estimadores foram dispostos a partir da função Weibull 3P para a área, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov a 99% de probabilidade (Tabela 1). Os coeficientes ajustados foram não significativos ao nível de 1% de significância, expressando que a distribuição estimada não difere estatisticamente da distribuição observada.

De maneira geral, os parâmetros obtidos a partir da função Weibull 3P se mostraram similares para os dois períodos monitorados. O parâmetro escala “ β ” determinou a amplitude da distribuição, definindo a ocorrência da forma leptocúrtica, que resultou em uma distribuição com a curva mais achatada do que a curva normal (Nascimento *et al.*, 2012; Lafeté *et al.*, 2018; Limeira *et al.*, 2020; Castro, 2021).

Tabela 1. Estimativa dos coeficientes da função densidade de probabilidade de Weibull 3P para os anos analisados e seus respectivos valores do teste K-S a 99% de probabilidade estudadas na área experimental da Fazenda Shet, considerando árvores com $D \geq 5$ cm

Ano	Coeficientes			Kolmogorov-Smirnov (KS)
	a	b	c	D-cal
2009	5	12,77	1,36	0,211 ^{ns}
2020	5	12,87	1,32	0,211 ^{ns}

^{ns} = diferença não significativa; * = não aderência; a, b e c = coeficientes de escala e forma da função Weibull 3P, respectivamente

No que se trata do parâmetro de forma “ γ ”, foram encontrados valores próximos a 1 para os dois momentos analisados. Sobre essa constatação, estudos de projeção da distribuição diamétrica no estado do Pará, encontraram valores semelhantes aos obtidos nesse estudo, indicando um modelo de distribuição dos indivíduos com forma de J-invertido, distribuição esta típica de florestas tropicais naturais (Bailey & Dell, 1973; Batista, 1989; Santos & Stepka, 2021).

Para ambos os anos, Weibull 3P demonstrou ser eficiente para representar a distribuição dos diâmetros da área monitorada. Estudos para a Amazônia retratam a função Weibull 3P como função com bom desempenho a aderência e representatividade dos dados, este fato pode estar associado à sua característica de flexibilidade e correlação entre seus coeficientes e as variáveis populacionais da floresta (Nascimento, *et al.*, 2012; Dalla Lana *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2016; Ciarnoschi *et al.*, 2019).

CONCLUSÃO

Os valores do ajuste da função de distribuição diamétrica de Weibull para a comunidade se mostrou similar para os anos monitorados, apresentando proximidade para a estimação da probabilidade da frequência por classe diamétrica, tanto para 2009, quanto para 2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Batista, J. L. F. **A função Weibull como modelo para a distribuição de diâmetros de espécies arbóreas tropicais**. 1989. 136f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1989. <https://doi.org/10.11606/D.11.2018.tde-20181127-154919>.
- Bailey, R.; Dell, T. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, v. 19, n. 2, p. 97-104, 1973.
- Castro, A. R. S. **Dinâmica da distribuição diamétrica de três espécies arbóreas em uma área manejada na Flona do Tapajós**. 2021. 38f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1193>. Acesso em: 05 Jul. 2023.
- Ciarnoschi, L. D.; Orso, G. A.; Cerqueira, C. L.; Pelissar, A. L.; Péllico Netto, S.; Oliveira, M. V. N. Modelagem da distribuição diamétrica de três espécies da região amazônica. **Advances in Forestry Science**, v.6, n.3, p.731-736, 2019. <https://doi.org/10.34062/afs.v6i3.7655>.
- 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. <https://doi.org/10.5902/1980509836011>.
- Cysneiros, V. C.; Amorim, T. A.; Mendonça Junior, J.; Gai, T. D.; Moraes, J. C. R.; Braz, M. D.; Machado, S. A. Distribuição Diamétrica de espécies da Floresta ombrófila densa no sul do Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 89, p.1-10, 2017. <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.89.1070>.
- Dalla Lana, M.; Brandão, C. F. L. S.; Péllico Netto, S.; Marangon, L. C.; Retslaff, F. A. S. Distribuição diamétrica de *Escheweileri ovata* em um fragmento de floresta ombrófila densa - Igarassu, PE. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 59 - 68, 2013. <https://doi.org/10.5380/rf.v43i1.25252>.
- Delignette-Muller, M. L.; Dutang, C. fitdistrplus: An R package for fitting distributions. **Journal of Statistical Software**, v. 64, n. 4, p. 1–34, 2015. <https://doi.org/10.18637/jss.v064.i04>.
- Food and Agriculture Organization - FAO. **Global Forest Resources Assessment 2020 - Main Conclusions**. Roma: FAO, 2020. 16p.
- Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas - FAPESPA. **Estatísticas Municipais Paraenses: Dom Eliseu**. Diretoria de Estatística e de Tecnologia e Gestão da Informação – Belém, p. 68, n. 2, 2021.
- Gibbons, J. D.; Subhadrata, C. **Nonparametric statistical inference**. 3.ed. New York: Marcel Dekker, 1992. 544 p. (Statistics: Textbook and Monograph, 31).
- Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará - IDESP. **Estatística Municipal, Dom Eliseu – Clima**. Pará: IDESP, 2012.
- 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. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13286>.
- Limeira, M. M. C.; Ramos, Y. A.; Sousa, M. V. R.; Coelho, M. C. B.; Varavallo, M. A.; Ataíde, Y. S. B.; Santos, A. F.; Erpen, M. L. Estrutura e composição florística em área de Floresta Ombrófila Densa sob manejo florestal. **Advances in Forestry Science**, v. 8, n. 2, p. 1389-1401, 2021. <https://doi.org/10.34062/afs.v8i2.10975>.
- Machado, S. D. A.; Augustynczyk, A. L. D.; Nascimento, R. G. M.; Figura, M. A.; Silva, L. C. R.; Miguel, E. P.; Téó, S. J. 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>.
- Nascimento, R. G.; Machado, S. A.; Figueiredo Filho, A.; Higuchi, N. Modelo de projeção por classe diamétrica para florestas nativas: enfoque na função probabilística de Weibull. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 70, p. 209-219, 2012. <https://doi.org/10.4336/2012.pfb.32.70.93>.
- Orellana, E.; Figueiredo Filho, A.; Péllico Netto, S.; 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>.

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

R Development Core Team. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso: 28 Jul. 2022.

Santos, D. W. S.; Stepka, T. F. Modelagem da distribuição diamétrica de cinco espécies comerciais nativas da Amazônia, no Estado do Pará. In: Oliveira, R. J. (Ed.). **Silvicultura e manejo florestal: Técnicas de utilização e conservação da natureza**. São Paulo: Editora Científica Digital, 2021. v. 1, p. 260-268. <https://doi.org/10.37885/201202653>.

Santos, E. S.; Aparício, P. S.; Silva, T. L.; Freitas, J. L. Distribuição Diamétrica para *Virola surinamensis* (Rol.) na Floresta Estadual do Amapá-FLOTA/AP. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 13, n. 1 p. 34-47, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281286351>. 12 Jul. 2023.

Santos, R. O.; Abreu, J. C.; Lima, R. B.; Aparício, P. S.; Sotta, E. D.; Lima, R. C. Distribuição diamétrica de uma comunidade arbórea na Floresta Estadual do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 2, p. 24-31, 2016. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n2p24-31>.

Siviera, M. A.; Ruschel, A. R.; Yared, J. A. D.; Aguiar, O. J. R.; Pereira, P. C. G.; Vieira, S. B.; Sales, A. Harvesting criteria application as a technical and financial alternative for management of degraded tropical forests: a case study from Brazilian Amazon. **Diversity**, v. 12, n. 373, p.1-14, 2020. <https://doi.org/10.3390/d12100373>.

Téo, S. J.; Felipe Marcon, F.; Schneider, C. R.; Santos, F. B.; Chiarello, K. M. A.; Fiorentin, L. D. Modelagem da distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lebon Régis, SC. **Floresta**, v. 45, n. 2, p. 337 - 348, 2015. <https://doi.org/10.5380/ufv.v45i2.34733>.

Weibull, W. A statistical distribution function of wide applicability. **Journal of Applied Mechanics**, v. 18, n. 3, p.293-297, 1951. <https://doi.org/10.1115/1.4010337>.