











ESTRUTURA HORIZONTAL E DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES DE OCORRÊNCIA EM UM PLANO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NO SUDOESTE DO PIAUÍ

Ana Claudia Bezerra Zanella¹, Ana Paula Bezerra Zanella¹, Adriano da Costa
Rocha¹, Jose Lucas Vieira Pinheiro¹, Teles Barreira dos Reis Vilarindo¹, Carlos
Augusto Zangrando Toneli¹, Andressa Ribeiro¹, Antonio Carlos Ferraz Filho¹

1 Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, PI, Brasil. E-mail: anaaclauidiaaa@outlook.com; anapaula_a.p@outlook.com; ceep30anos@gmail.com; jl2000e14@gmail.com; o-teles.barreira@hotmail.com; gutoton@gmail.com; andressa.florestal@ufpi.edu.br; acferrazfilho@ufpi.edu.br

Autora correspondente: Ana Claudia Bezerra Zanella. E-mail: anaaclauidiaaa@outlook.com.

RESUMO

A distribuição dos diâmetros é uma das análises mais empregadas para retratar o comportamento estrutural de um povoamento. Assim, o objetivo principal deste estudo foi avaliar diferentes funções de densidade de probabilidade para estimar a distribuição diamétrica das principais espécies lenhosas presentes num fragmento florestal de Cerrado-Caatinga no sul do Piauí. Foram testadas quatro funções de densidade de probabilidade (fdp): Normal, Log-normal, Gamma e Weibull 2P. A seleção da melhor estratégia para estimar a distribuição diamétrica por espécie foi com base no menor valor D. Adotou-se o valor D como a maior diferença (%) em módulo que uma classe diamétrica de 1 cm apresentou entre os valores observados e os estimados pela fdp. O melhor ajuste foi encontrado com a função Log-normal, seguido da Gamma. As funções Normal e Weibull não apresentaram estimativas adequadas.

Palavras-chave: diâmetro; função de densidade de probabilidade; manejo florestal sustentável.

HORIZONTAL STRUCTURE AND DIAMETRIC DISTRIBUTION OF THE SPECIES OF MAIN OCCURRENCE IN A SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT PLAN IN THE SOUTHWEST OF PIAUÍ

ABSTRACT

The distribution of diameters is one of the most used analytics to portray the structural behavior of a stand. Thus, the main objective of this study was to evaluate different probability density functions to estimate the diametric distribution of the main woody species present in a forest fragment of Cerrado-Caatinga in the south of Piauí. Four probability density functions (pdf) were tested: Normal, Log-normal, Gamma and Weibull 2P. The selection of the best strategy to estimate the diametric distribution per species was based on the lowest D value. The D value was adopted as the greatest difference (%) in module that a 1 cm diametric class presented between the observed values and those estimated by the pdf. The best fit was found with the Log-normal function, followed by Gamma. The Normal and Weibull functions did not present adequate estimates.

Key words: diameter; probability density function; sustainable forest management.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



INTRODUÇÃO

Dentre as variáveis mensuráveis em povoamentos florestais, o diâmetro é uma das mais importantes, pois constitui uma medida básica e necessária para o cálculo da área transversal, área basal, volume, crescimento e quocientes de forma. Possui ainda outra função, a de diferenciar árvores finas de árvores grossas (Santos *et al.*, 2013). Nesse sentido, a distribuição diamétrica assume importância significativa no levantamento da estrutura horizontal de uma floresta, por permitir caracterizar uma tipologia florestal e, também, por ser um indicador do estoque em crescimento das espécies, além de fornecer subsídios para tomada de decisões e para o planejamento de um manejo florestal sustentável (Machado *et al.*, 2009). Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes funções de densidade de probabilidade para estimar a distribuição diamétrica das principais espécies lenhosas presentes num fragmento florestal situado na Fazenda Aracajú, localizada no município de Cristino Castro, Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizados dados coletados em campanhas de Inventário Florestal Quali-Quantitativo, realizado entre 2017 a 2020 na Fazenda Aracajú, localizada no município de Cristino Castro-PI, região do Semiárido Piauiense. Os dados foram provenientes de 6 unidades amostrais com dimensões de 30 x 30 m, totalizando uma área amostral de 5.400 m². Para a análise inicial dos dados foi calculado os atributos da estrutura horizontal (densidade, dominância, frequência e índice de valor de importância), com o intuito de identificar as principais espécies ocorrentes na área de estudo. Os parâmetros fitossociológicos foram analisados através das fórmulas descritas por Scolforo (1998).

Após a identificação das espécies realizou-se a distribuição diamétrica destas, fixando a amplitude por classe em 5 cm e o número de árvores por classe extrapolado por hectare, independente da espécie. Para melhor representar a real distribuição diamétrica das espécies em estudo, neste trabalho foi considerado o fuste das árvores como unidade básica de medição, e não o diâmetro equivalente (ou diâmetro fundido) como é comumente adotado em estudos fitossociológicos. Foram testadas quatro funções de densidade de probabilidade (Equações 1, 2, 3 e 4) descritas por Scolforo (2006), para estimar a distribuição diamétrica do povoamento florestal.

$$\text{- Distribuição normal: } f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{(-1/2) \cdot [(x-\mu)/\sigma]^2}, x \geq 0 \quad (1)$$

Em que: $f(x)$ = função da densidade; σ^2 = variância; σ = desvio padrão; μ = média.

$$\text{- Distribuição Log-normal: } f(x) = \frac{e^{-(1/2) \left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^2}}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma^2}, x \geq 0 \quad (2)$$

Em que: x = valor central da classe; $\ln(d)$ = média logaritimizada; $\sigma^2 \ln$ = variância logarítmica.

$$\text{- Distribuição Gamma: } f(d) = \frac{(d-d_{\min})^{\alpha-1} \cdot e^{-(d-d_{\min})/\beta}}{\beta^\alpha \cdot \Gamma(\alpha)}, \quad d \geq 0 \text{ e } d \geq d_{\min} \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{(\bar{d}-d_{\min})^2}{\sigma^2} \quad \beta = \frac{\sigma^2}{(\bar{d}-d_{\min})}$$

VI ENCONTRO BRASILEIRO DE MENSURAÇÃO FLORESTAL

Em que: d_{\min} = diâmetro mínimo; d = valor central da classe; \bar{d} = média; σ^2 = variância (populacional).

$$- \text{Função Weibull 2P: } f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} \exp \left[- \left(\frac{x}{b}\right)^c \right], \quad x \geq 0, b > 0 \text{ e } c > 0 \quad (4)$$

Em que: a = parâmetro de locação; b = parâmetro de escala; c = parâmetro de forma; x = diâmetro.

A seleção da melhor estratégia para estimar a distribuição diamétrica por espécie foi com base no menor valor D. Adotou-se o valor D como a maior diferença (%) em módulo que uma classe diamétrica de 1 cm apresentou entre os valores observados e os estimados pela fdp: $D = \max |F'(x) - F(x)|$. Em que: F' = distribuição cumulativa observada e F = distribuição cumulativa estimada. Assim, um valor $D = 0,1$ significa que o erro foi de 10%, que foi adotado como a nota de corte que designa um valor de erro aceitável. A função que apresentou o menor valor D foi selecionada como a fdp de melhor aderência, ou seja, que melhor estima a distribuição diamétrica para determinada espécie.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área de estudo foram amostrados 1770 fustes pertencentes a 972 indivíduos (média de 1,8 fustes por indivíduo), deste total foram identificadas botanicamente 26 espécies pertencentes a 14 famílias (Tabela 1). A densidade absoluta encontrada foi de 3278 fuste.ha⁻¹.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros fitossociológicos da área de estudo, em que: N = Número de fustes da espécie; DA = Densidade Absoluta (fuste ha⁻¹); DR = Densidade Relativa (%); DoA = Dominância Absoluta (m² ha⁻¹); DoR = Dominância Relativa (%); FA = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa (%); VI = Valor de Importância (%); N.P = Nome Popular

Família	Nome Científico	N	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VI
ANACARDIACEAE	<i>Lithraea brasiliensis</i>	6	11,11	0,34	0,06	0,31	33,33	1,77	0,81
ANNONACEAE	<i>Annona leptopetala</i>	1	1,85	0,06	0,00	0,01	16,67	0,88	0,32
	<i>Annona</i> sp.	6	11,11	0,34	0,02	0,09	33,33	1,77	0,73
	<i>Ephedranthus pisocarpus</i>	151	279,63	8,53	0,47	2,57	100	5,31	5,47
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	21	38,89	1,19	0,17	0,96	83,33	4,42	2,19
CALOPHYLLACEAE	<i>Calophyllum brasiliensis</i>	7	12,96	0,4	0,02	0,11	16,67	0,88	0,46
	<i>Caraipa densifolia</i>	3	5,56	0,17	0,17	0,92	33,33	1,77	0,95
COMBRETACEAE	<i>Combretum glaucocarpum</i>	377	698,15	21,3	2,87	15,82	100	5,31	14,14
EUPHORBIACEAE	<i>Manihot glaziovii</i>	1	1,85	0,06	0,00	0,01	16,67	0,88	0,32
FABACEAE	<i>Bauhinia bombaciflora</i>	7	12,96	0,4	0,01	0,06	50	2,65	1,04
	<i>Cenostigma macrophyllum</i>	395	731,48	22,32	6,42	35,39	100	5,31	21,01
	<i>Copaifera langsdorffii</i>	13	24,07	0,73	0,05	0,26	66,67	3,54	1,51
	<i>Dalbergia cearensis</i>	7	12,96	0,4	0,03	0,16	66,67	3,54	1,36
	<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i>	99	183,33	5,59	0,74	4,08	100	5,31	4,99
	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	9	16,67	0,51	0,06	0,31	66,67	3,54	1,45
	<i>Mimosa verrucosa</i>	17	31,48	0,96	0,06	0,36	33,33	1,77	1,03
	<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	227	420,37	12,82	4,84	26,67	100	5,31	14,93
	<i>Swartzia flaemingii</i> var. <i>psilonema</i>	5	9,26	0,28	0,04	0,2	16,67	0,88	0,46
	<i>Byrsonima verbascifolia</i>	4	7,41	0,23	0,02	0,09	50	2,65	0,99
	<i>Luehea divaricata</i>	9	16,67	0,51	0,06	0,33	50	2,65	1,16
	MYRTACEAE	<i>Campomanesia</i> sp.	39	72,22	2,2	0,17	0,95	100	5,31
<i>Myrcia tomentosa</i>		100	185,19	5,65	0,61	3,37	100	5,31	4,78
OLACACEAE	<i>Ximenia intermedia</i>	2	3,7	0,11	0,01	0,06	16,67	0,88	0,35
RUBIACEAE	<i>Uncaria tomentosa</i>	52	96,3	2,94	0,16	0,87	100	5,31	3,04
SALICACEAE	<i>Laetia apetala</i>	1	1,85	0,06	0,00	0,01	16,67	0,88	0,32
STYRACACEAE	<i>Styrax</i> sp.	4	7,41	0,23	0,02	0,12	50	2,65	1,00
	Barandinho (N.P)	78	144,44	4,41	0,22	1,2	50	2,65	2,75
	Birro vermelho (N.P)	28	51,85	1,58	0,32	1,74	83,33	4,42	2,58
	Birro cangalheiro (N.P)	14	25,93	0,79	0,25	1,4	66,67	3,54	1,91
	Rejeito de cutia (N.P)	30	55,56	1,69	0,10	0,55	50	2,65	1,63
	Violeta (N.P)	2	3,7	0,11	0,01	0,05	16,67	0,88	0,35
	Espécie desconhecida	55	101,85	3,11	0,18	0,97	100	5,31	3,13
Total Geral		1770	3278	100	18,15	100	1883,33	100	100

VI ENCONTRO BRASILEIRO DE MENSURAÇÃO FLORESTAL

As espécies que apresentaram maior valor de importância foram: *Cenostigma macrophyllum* (21,0%), *Pityrocarpa moniliformis* (14,9%) e *Combretum glaucocarpum* (14,1%). Juntas, essas três espécies foram as que apresentaram a maior importância ecológica relativa na área estudada.

Na Tabela 2 pode ser observado o desempenho das fdp's para as principais espécies estudadas, além da área total. O menor valor D encontrado para cada espécie foi destacado em negrito, bem como para a área total, indicando a melhor função de densidade de probabilidade.

Tabela 2. Valores da maior diferença (%) em módulo que uma classe diamétrica de 1 cm apresenta (Valor D) das funções densidade de probabilidade para as principais espécies, por parcela e para a área total

Espécie/parcela	Normal		Log-normal		Gamma		Weibull	
	Valor D	CLD	Valor D	CLD	Valor D	CLD	Valor D	CLD
<i>Cenostigma macrophyllum</i>	0,121	8,5	0,035	5,5	0,047	14,5	0,082	2,5
<i>Combretum glaucocarpum</i>	0,182	5,5	0,061	5,5	0,098	2,5	0,142	2,5
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	0,077	12,5	0,042	9,5	0,041	9,5	0,074	12,5
<i>Ephedranthus pisocarpus</i>	0,109	2,5	0,080	2,5	0,091	2,5	0,149	2,5
<i>Myrcia tomentosa</i>	0,309	5,5	0,144	4,5	0,257	6,5	0,239	2,5
<i>Hymenaea courbaril</i>	0,220	5,5	0,091	2,5	0,066	8,5	0,188	2,5
Barandinho	0,133	3,5	0,099	3,5	0,080	6,5	0,129	2,5
<i>Uncaria tomentosa</i>	0,113	2,5	0,060	2,5	0,120	3,5	0,165	2,5
<i>Campomanesia sp.</i>	0,253	4,5	0,127	4,5	0,149	4,5	0,190	4,5
Rejeito de cutia	0,137	2,5	0,091	3,5	0,064	6,5	0,178	2,5
Birro vermelho	0,320	5,5	0,160	4,5	0,194	3,5	0,209	5,5
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	0,180	3,5	0,139	3,5	0,133	3,5	0,153	2,5
Área total	0,209	5,5	0,083	4,5	0,138	2,5	0,149	2,5

Os menores valores de D indicam que o melhor ajuste foi encontrado com a função Log-normal para as espécies *Cenostigma macrophyllum*, *Combretum glaucocarpum*. Para a espécie *Pityrocarpa moniliformis* a função Gamma apresentou maior aderência. As funções densidade de probabilidade Normal e Weibull não apresentaram um bom ajuste, pois apresentaram valores de D bem mais elevados do que as funções Log-normal e Gamma. Com relação a área total, a distribuição Log-normal obteve o melhor ajuste, e os demais ajustes não apresentaram aderência aos dados observados (valor de D acima de 10%).

Os dados referentes à distribuição dos diâmetros de todos os indivíduos amostrados podem ser observados na Figura 1. Percebe-se que a distribuição diamétrica apresentou um comportamento tendendo a exponencial negativo ou “J invertido”, mostrando uma maior concentração de indivíduos nas classes inferiores de diâmetro e um decréscimo nas classes de maiores diâmetros, padrão este característico de florestas nativas.

VI ENCONTRO BRASILEIRO DE MENSURAÇÃO FLORESTAL

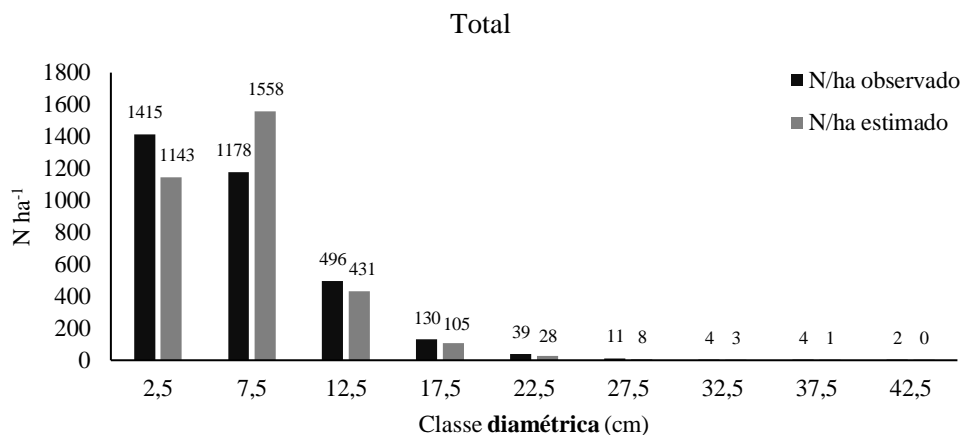


Figura 1. Distribuição diamétrica dos indivíduos amostrados em uma área de transição Cerrado-Caatinga sob manejo sustentável no município de Cristino Castro, Piauí

Na Figura 2 está representado o número de árvores por hectare, por classe diamétrica, em relação à frequência observada e estimada, com intervalo de classe de 5 cm das três espécies arbóreas mais representativas da área de estudo. Verifica-se que existe uma variação em relação as classes de diâmetro das espécies, com a maioria dos indivíduos concentrados nas duas primeiras classes de diâmetro, cujo valor central é de 2,5 e 7,5 cm.

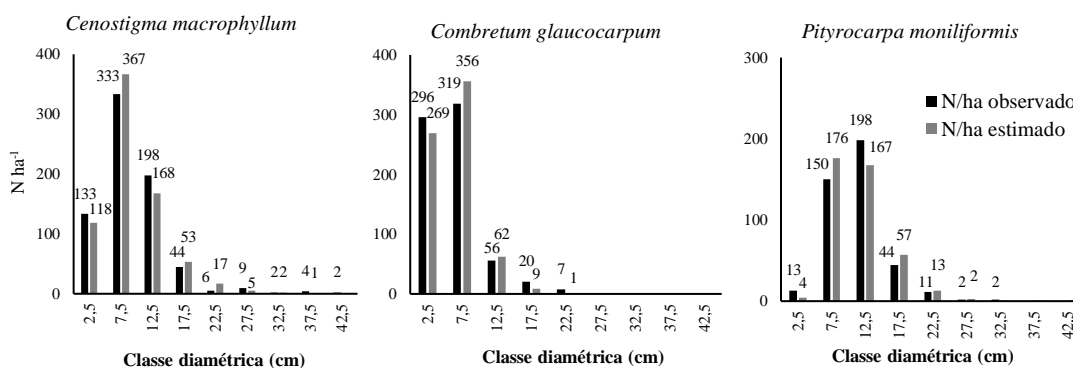


Figura 2. Distribuição diamétrica das principais espécies estudadas, expressadas em número de indivíduos por hectare em uma área de transição Cerrado-Caatinga, município de Cristino Castro - PI

Com o intuito de realizar um estudo florístico, fitossociológico e de modelagem da distribuição diamétrica de um fragmento florestal de Caatinga no Estado da Paraíba, Medeiros *et al.* (2018) ajustaram as funções de densidade probabilidade Normal, Log-normal, Gamma e Weibull com 2 e 3. Neste estudo, a função Weibull com três parâmetros apresentou aderência para todas as espécies, gerando estimativas consistentes e podendo ser indicada para descrever a distribuição diamétrica e auxiliar na tomada de decisões sobre o manejo e conservação das espécies.

CONCLUSÃO

As espécies que apresentaram a maior importância ecológica relativa na área estudada foram *Cenostigma macrophyllum* Tul. (21,0%), *Pityrocarpa moniliformis* Benth. (14,9%) e *Combretum glaucocarpum* Mart. (14,1%).

VI ENCONTRO BRASILEIRO DE MENSURAÇÃO FLORESTAL

A distribuição diamétrica da comunidade vegetal estudada apresentou forma exponencial negativa (J invertido), indicando um número decrescente de árvores à medida que se aumenta o diâmetro. O melhor ajuste foi encontrado com a função Log-normal, seguido da Gamma. As funções Normal e Weibull não apresentaram estimativas adequadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Machado, S. A.; Augustynczyk, A. L. D.; Nascimento, R. G. M.; Téo, S. J.; Miguel, E. P.; Figura, M. A.; Silva, L. C. R. da. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p.2428-2434, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000800024>.
- Medeiros, F. S.; Souza, M. P.; Cerqueira, C. L.; Alves, A. R.; Souza, M. S.; Borges, C. H. A. Florística, fitossociologia e modelagem da distribuição diâométrica em um fragmento de Caatinga em São Mamede-PB. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 2, p.85-95, 2018. <https://doi.org/10.30969/acsa.v14i2.900>.
- Santos, E. S.; Lima, R. B.; Aparício, P. S.; Abreu, J. C.; Sotta, E. D. Distribuição diamétrica para *virola surinamensis* (Rol.) Warb 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>
- Scolforo, J. R. S. **Biometria florestal**. Lavras: UFLA; FAEPE, 2006. p.195-271.
- Scolforo, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA; FAEPE, 1998. p.233-237.