

## Modelagem da distribuição diamétrica de três espécies da região amazônica

Lucas Dalmolin Ciamoschi<sup>1</sup> Gabriel Agostini Orso<sup>1</sup> Clebson Lima Cerqueira<sup>1</sup> Allan Libanio Pelissari<sup>1</sup> Sylvio Péllico Netto<sup>1</sup> Marcus Vinicio Neves De Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 632 - Jardim Botânico, Curitiba - PR, 80210-170

<sup>2</sup> Embrapa Acre, Rodovia BR-364, Km 14, Rio Branco - AC, 69900-970

\* Author for correspondence: ciamoschifloresta@gmail.com

Received: December 2018 / Accepted: September 2019 / Published: September 2019

### Resumo

O manejo florestal deve estar apoiado no entendimento da dinâmica da floresta, a fim de garantir a melhor tomada de decisão. A estrutura diamétrica é uma ferramenta adequada, que fornece informações sobre uma determinada espécie ou para a floresta em geral. Assim, neste trabalho, foi avaliada a estrutura diamétrica de três espécies amazônicas: *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Castanheira), *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg. (Seringueira) e *Swietenia macrophylla* King (Mogno) na Floresta Estadual do Antimary, estado do Acre, Brasil. Também foram ajustadas funções de densidade de probabilidade mais comumente utilizadas para representar as distribuições diamétricas de espécies florestais. A espécie *B. excelsa* apresentou estrutura bimodal com uma grande amplitude diamétrica. *H. brasiliensis* apresentou distribuição unimodal assimétrica positiva. A baixa ocorrência de *S. macrophylla* na área de estudo não garante que a distribuição observada seja representativa. A estrutura diamétrica das três espécies é similar às reportadas em outros estudos. Na avaliação das funções de densidade probabilística, os modelos Normal e Weibull foram aderentes para as três espécies.

**Palavras-chave:** Amazônia, Distribuição de diâmetros, Função de densidade de probabilidade, Manejo florestal.

### Abstract

Forest management should be based on understanding the forest dynamics in order to ensure better decision making. The diameter structure is an adequate tool, which provides information about a particular species or the forest in general. Thus, diameter structure of three Amazonian species were evaluated: *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Castanheira), *Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A.Juss.) Müll.Arg. (Seringueira) and *Swietenia macrophylla* King (Mahogany) at Antimary State Forest, Acre State, Brazil. We also fitted probability density functions commonly used to represent the diameter distributions of forest species. *B. excelsa* presented bimodal structure with a great diameter amplitude. *H. brasiliensis* presented a unimodal distribution positively skewed. The low occurrence of *S. macrophylla* in the study area does not guarantee that the observed distribution is representative. The diameter structures of three species are similar to those reported in other studies. In the evaluation of probabilistic density functions, Normal and Weibull models were adherent to the three species.

**Keywords:** Amazon, Diameter distribution, Probability density function, Forest management, Size distribution.

### Introdução

O manejo florestal sustentável consiste na exploração racional dos recursos naturais, visando a manutenção dos benefícios econômicos, sociais e ambientais que os ecossistemas dispõem, sendo o manejo florestal sustentável um dos pontos centrais da Lei nº 11.284/2006, que trata da gestão de florestas públicas. O entendimento da dinâmica da

floresta nesse contexto é fundamental e deve considerar informações da floresta que darão suporte a exploração dos seus recursos, além de garantir a melhor tomada de decisão sobre o regime de manejo de uma determinada espécie, bem como da floresta em geral.

Essas decisões se dão, por exemplo, por meio das medidas de proteção ao corte de espécies florestais, como para *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Castanheira) e *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg. (Seringueira) pelo Decreto nº 5.975/2006, e pela restrição na exploração de outras espécies, caso do Mogno (*Swietenia macrophylla* King) que possui instrução normativa própria sobre sua exploração (Instrução Normativa nº007, de 22 de agosto de 2003).

A Castanheira e a Seringueira possuem um grande potencial não madeireiro por meio da exploração de castanha e extração de látex, respectivamente, em unidades de conservação da região Amazônica (Camargo et al. 1994; Nogueira et al. 2015). Além do potencial não-madeireiro, elas estão fortemente relacionadas com a economia e cultura local, uma vez que as comunidades dependentes da extração desses produtos frequentemente detêm um entendimento das práticas culturais necessárias para o regime de exploração sustentado (Peres e Baider 1997; Bertwell et al. 2018; Ramos et al. 2018; Wadt et al. 2018). O Mogno, por sua vez, possui baixa densidade de ocorrência, inferior a uma árvore comercial por hectare (RADAMBRASIL 1974; Grogan et al. 2008), cuja extração limitada visa, entre outros aspectos, garantir a exploração sustentada da espécie.

Neste sentido, para o manejo adequado das espécies, diferentes ferramentas são adotadas, dentre elas a distribuição diamétrica é uma das mais eficientes, pois provê subsídios para compreender processos que envolvem comunidades arbóreas, como por exemplo o efeito de distúrbios anteriores na dinâmica de sucessão, identificar padrões ecológicos de ingresso e mortalidade de determinadas espécies, de modo a favorecer o manejo e a continuidade desses recursos, bem como efetuar projeções para diferentes regimes de manejo (Thiersch 1997; Ebling e Péllico Netto 2015; Teo et al. 2015; Oliveira et al. 2018).

No estudo das distribuições diamétricas em florestas, é frequente o uso de funções de densidade de probabilidade para prever o comportamento da frequência de indivíduos por classes de diâmetro (Silva et al. 2003). Nesse tema, Machado et al. (1997) reiteram que diversos são os modelos apropriados para descrever a distribuição das frequências nas classes, em que os mais conhecidos envolvem a utilização de funções densidade probabilísticas.

Dada a importância do conhecimento da distribuição diamétrica no planejamento do manejo florestal, foi objetivo desse estudo analisar a distribuição de diâmetros da Castanheira, Seringueira e Mogno, além de avaliar a função de densidade de probabilidade que melhor descreve o comportamento das espécies, visando subsidiar o manejo florestal.

**Material E Métodos**

**Área de estudo**

Os dados para realização do estudo foram obtidos na Floresta Estadual do Antimary, em uma Unidade de Produção Anual (UPA) dentro do plano de manejo da referida Unidade de Conservação. Está localizada nos municípios de Bujari ao Norte - AC e Sena Madureira a Leste - AC, a área total da UPA abrange 2.685 ha, sendo 1.900 ha de área efetiva de manejo.

A vegetação predominante no local é a Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme (IBGE 2012). O clima é do tipo equatorial, quente e úmido. Com temperaturas médias anuais entre 24,5°C e 32°C (máxima), permanecendo uniforme em todo o estado do Acre. Ocorrem duas estações distintas: uma seca e outra chuvosa. A umidade relativa do ar atinge 90% e os índices pluviométricos variam de 1.600 à 2.750 mm por ano (Governo do Estado do Acre 2010).

**Espécies avaliadas e amostragem**

Foram avaliadas três espécies nativas da região Amazônica: *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Castanheira), *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg. (Seringueira) e *Swietenia macrophylla* King (Mogno), em que os dados foram obtidos por meio de censo da UPA. Todos os indivíduos com diâmetro a 1,3 m do solo ( $d \geq 30$  cm) foram medidos, identificados e marcados com plaquetas de alumínio numeradas sequencialmente. Para árvores que apresentaram sapopemas, o diâmetro de referência foi tomado a 30 cm após o fim da sua influência. Ao todo, foram mensurados 795 indivíduos de Castanheira, 363 indivíduos de Seringueira e 53 indivíduos de Mogno.

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

Os diâmetros foram agrupados em intervalos fixos de 15 cm cada, cuja amplitude foi de 30 cm (diâmetro mínimo de inclusão) até o valor máximo observado para cada espécie, totalizando 15, 12 e 7 classes de diâmetro, respectivamente, para Castanheira, Seringueira e Mogno. Em seguida, para a estimativa da distribuição diamétrica, foram ajustadas as funções de densidade probabilidade Normal, Log-Normal, SB de Johnson, Beta, Gama, Weibull 3P e Weber (Tabela 1). A função de Weber foi desenvolvida especificamente para a área florestal, sendo capaz de se ajustar à distribuições multimodais (Weber 2011).

Tabela 1 - Funções de densidade de probabilidade ajustadas para três espécies Amazônicas.

Nome	Função de Densidade de Probabilidade	
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$	E q. 1
Log-Normal	$f(x) = \frac{1}{x(\sqrt{2\pi}\sigma^2)} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^2}$	E q. 2
SB de Johnson	$f(x) = \frac{\delta}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{\lambda}{(x - \varepsilon)(\lambda - \varepsilon + x)} \cdot e^{\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \delta \ln\left(\frac{x}{\lambda}\right)\right]^2\right.}$	E q. 3

Beta	$f(x) = \left(\frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)}\right) \cdot \left(\frac{1}{(x_{max}-x_{min})^{a+b-1}} \cdot (x-x_{min})^{a-1} \cdot (x_{max}-x)^{b-1}\right)$	E q. 4
Gama	$f(x) = \frac{1}{\Gamma(a)b^a} \cdot (x-x_{min})^{a-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{b}\right)(x-x_{min})}$	E q. 5
Weibull 3P	$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$	E q. 6
Weber	$f(x) = \frac{x \cdot (a \cdot x^2 - a \cdot m_1^2)^2 + x \cdot (b_i \cdot x^2 - b)}{c + d \cdot (a \cdot x^2 - a \cdot m_1^2)^2 \cdot (b_i \cdot x^2 - b)}$	E q. 7

$\sigma$  = desvio padrão da variável  $x$ ;  $\mu$  = média da variável  $x$ ;  $\pi = 3,141519$ ;  $e$  = constante de Euler;  $\delta, \lambda, \varepsilon, \gamma, a, b, c, d$  = coeficientes das funções;  $m_n$  = centro de classe da enésima moda;  $b_i$  = coeficiente referente ao número de modas existentes.

As funções foram ajustadas por meio do *software Table Curve 2D*, com auxílio do *software MS Excel 2016*, em que seus ajustes foram avaliados por meio do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (Eq. 8), com nível de significância de 5%, e análise gráfica da curva estimada sobre os histogramas das distribuições observadas de cada espécie.

$$D_{calc} = \frac{\max |f(x_i) - S(x_i)|}{n} \tag{Eq. 8}$$

Em que:  $D_{calc}$  = valor calculado do teste de Kolmogorov-Smirnov;  $f(x_i)$  = valor acumulado estimado na classe  $i$ ;  $S(x_i)$  = valor acumulado observado na classe  $i$ ;  $n$  = número total de observações.

**Resultados E Discussão**

Em relação as estatísticas descritivas, observa-se que as espécies diferem entre si, tanto na amplitude diamétrica quanto na ocorrência de indivíduos (Tabela 2). A Seringueira, por exemplo, possui aproximadamente sete vezes mais indivíduos que o Mogno, mas ocupa cinco classes a menos que o mogno. Por outro lado, a Castanheira se destaca por apresentar valores consideravelmente superiores as demais espécies, além de maior amplitude diamétrica e número de indivíduos.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas do diâmetro a 1,3 m do solo de três espécies Amazônicas.

Estatística	Castanheira ( <i>B. excelsa</i> )	Seringueira ( <i>H. brasiliensis</i> )	Mogno ( <i>S. macrophylla</i> )
Mínimo (cm)	30,0	30,0	30,0
Média (cm)	106,1	58,1	92,7
Máximo (cm)	254,65	120,95	203,72
Amplitude (cm)	222,8	89,1	171,9
Desvio padrão (cm)	31,8	15,2	37,5
Classes (n°)	15	7	12
Indivíduos (n°)	795	363	53

Na Figura 1 estão apresentados os histogramas de frequência das três espécies estudadas. Verifica-se uma configuração unimodal para a Seringueira e multimodal para a Castanheira. O Mogno apresenta uma aparente estrutura bimodal, porém, apesar da grande extensão da área avaliada (2.685 ha), sua baixa ocorrência dificulta o estabelecimento de uma distribuição diamétrica bem definida.

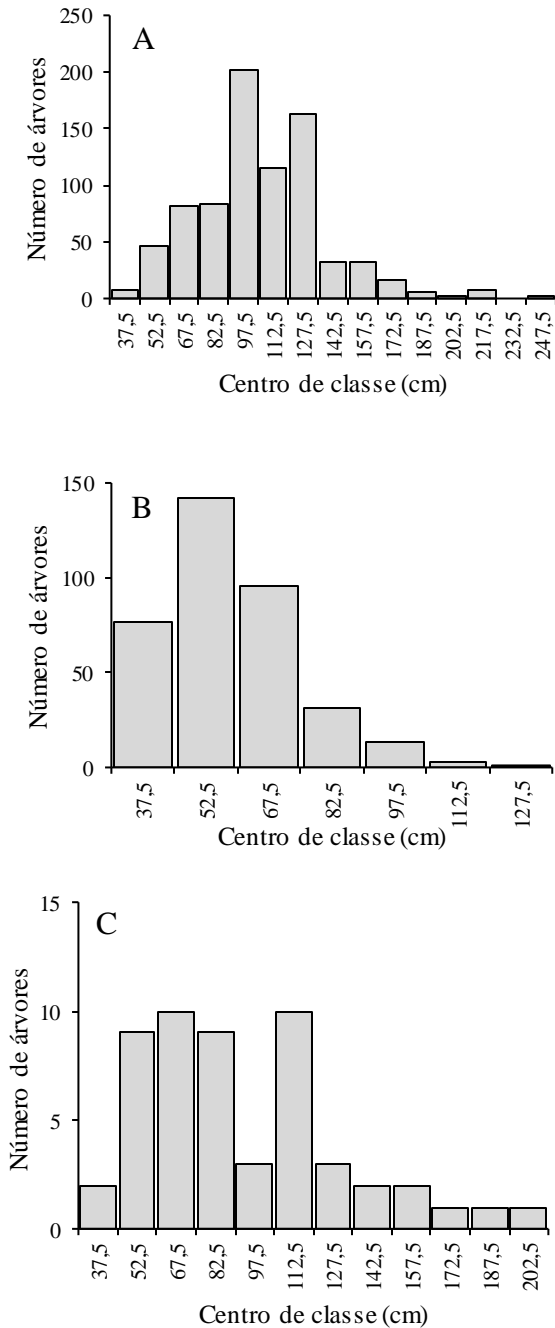


Figura 1- Histogramas da distribuição dos diâmetros para as três espécies Amazônicas: A) *B. excelsa*, B) *H. brasiliensis* e C) *S. macrophylla*.

A distribuição da Castanheira apresentou comportamento similar às descritas na literatura (Zuidema e Boot 2002), com maior frequência de indivíduos nas classes intermediárias, além de uma estrutura com duas modas semelhantes à encontrada por Scole e Gribel (2011). Em um estudo comparativo de duas populações de Castanheira no estado do Pará, Scoles e Gribel (2011) sugerem uma relação positiva entre atividade humana e a regeneração da Castanheira, o que tornaria a distribuição diamétrica da espécie vinculada ao histórico de ocupação do local. Os mesmos autores concluem que a maior intensidade de exploração de castanhas pode promover o aumento de frequências nas menores classes. Esse argumento vai ao encontro da condição encontrada na Floresta Estadual do Antimary, uma vez que a exploração de Castanhas é intensa. Além desses últimos autores, o tema também é amplamente explorado em Shepard Jr. e Ramirez (2011) e Thomas et al. (2014).

A distribuição dos diâmetros da Castanheira possui o comportamento mais típico entre as espécies Amazônicas que se desenvolvem em espaços com plena luz e que ocupam uma grande amplitude de classes de diâmetro (Heinsdijk e Bastos, 1963). Essa necessidade também condiz com a hipótese de vínculo com a atividade humana, dado o caráter exploratório da ocupação, gerando clareiras e favorecendo a regeneração da espécie. Essa dependência de distúrbios na floresta para favorecer a regeneração de uma determinada espécie pode causar flutuações das frequências, conferindo uma distribuição diamétrica com mais de uma moda (Enright et al. 1999; Claessens et al. 2006; Weber 2011; Ebling e Péllico Netto 2015).

Para a Seringueira, há uma assimetria positiva na distribuição dos diâmetros, com queda na frequência da primeira classe. Um resultado semelhante foi encontrado por Queiroz (2004), que atribui essa diminuição da frequência nas classes inferiores às ações antrópicas relacionadas com a atividade extrativista. Em seringais, o caminho percorrido dentro da floresta e a limpeza do sub-bosque realizada para facilitar a exploração são prováveis causas para a diminuição da frequência nas menores classes diamétricas (Araújo 2010; Gama et al. 2017).

O Mogno, por sua vez, apresenta poucos indivíduos distribuídos ao longo de várias classes diamétricas, justificando assim sua classificação como espécie rara. A baixa ocorrência da espécie dificulta a estipulação de um padrão de distribuição, visto que pode causar variações nas classes diamétricas em diferentes áreas. A baixa ocorrência de Mogno também foi observada por Brown et al. (2003), os quais afirmam que, em decorrência disso, a utilização de poucos indivíduos para a avaliação da estrutura diamétrica pode fornecer resultados não confiáveis para interpretação do comportamento da espécie. Estudos realizados por Grogan et al. (2008) e Heinsdijk e Bastos (1963) também evidenciam a dispersão dos indivíduos de Mogno em uma grande amplitude de classes diamétricas, similar ao observado neste estudo.

A Tabela 3 apresenta as funções de densidade probabilística ajustadas, seus parâmetros estimados, assim como os valores da estatística *D* do teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) ao nível de 5% de significância.



Tabela 3 - Coeficientes das funções de densidade probabilística ajustadas para as três espécies Amazônicas.

Função	D	D <sub>crítico 5%</sub>	$\mu/\delta/a$	$\sigma/\lambda/b$	$\varepsilon/c$	$\gamma/d$
<i>B. excelsa</i>						
Normal	0,031 <sup>ns</sup>	0,048	104,32*	28,99*		
Log-Normal	0,579*	0,048	4,65*	0,16*		
Sb de Johnson	0,260*	0,048	3,95*	2017,24*	-1769,73*	-3,67*
Beta	0,047 <sup>ns</sup>	0,048	4,62*	9,09*		
Gama	0,060*	0,048	13,07*	8,33*		
Weibull 3P	0,046 <sup>ns</sup>	0,048	-26,33*	139,23*	5,14*	
Weber	0,126*	0,048	-4,28*	-5,50*	6,38×10 <sup>8</sup> *	4,69×10 <sup>-9</sup> *
<i>H. brasiliensis</i>						
Normal	0,051 <sup>ns</sup>	0,071	54,48*	15,57*		
Log-Normal	0,013 <sup>ns</sup>	0,071	4,02*	0,28*		
Sb de Johnson	0,110*	0,071	4,35*	661,40*	-533,90*	-3,21*
Beta	0,161*	0,071	1,15*	2,15*		
Gama	0,014 <sup>ns</sup>	0,071	13,02*	4,38*		
Weibull 3P	0,038 <sup>ns</sup>	0,071	29,42*	32,32*	1,98*	
Weber	0,007 <sup>ns</sup>	0,071	14,48*	1,64*	0,01*	91,17*
<i>S. macrophylla</i>						
Normal	0,086 <sup>ns</sup>	0,187	79,73*	36,58*		
Log-Normal	0,489*	0,187	4,31*	0,30*		
SB de Johnson	0,099 <sup>ns</sup>	0,187	3,35*	1227,75*	-1025,30*	-2,47*
Beta	0,097 <sup>ns</sup>	0,187	1,90*	3,84*		
Gama	0,072 <sup>ns</sup>	0,187	5,74*	15,44*		
Weibull 3P	0,047 <sup>ns</sup>	0,187	37,25*	61,56*	1,40*	
Weber	0,075 <sup>ns</sup>	0,187	13,07*	6,14*	0,13*	22,03*

Em que:  $\mu, \sigma, \delta, \lambda, \varepsilon, \gamma, a, b, c, d$  = coeficientes ajustados para as funções;  $D$  = valor calculado do teste de Kolmogorov-Smirnov; <sup>ns</sup> = não significativo; \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Os coeficientes ajustados para cada função de densidade de probabilidade testada foram significativos ao nível de 5% de significância. Entre as funções avaliadas para Castanheira (*B. excelsa*), os modelos Normal, Beta e Weibull foram aderentes, resultando em não-significância pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ( $D$ ). Para a Seringueira (*H. brasiliensis*), a SB de Johnson e Beta não se aderiram à distribuição observada, enquanto para o Mogno (*S. macrophylla*), apenas Log-Normal não foi aderente.

Para complementar a decisão de escolha da melhor função, foram traçadas as curvas de frequências estimadas sobre o histograma das frequências observadas (Figura 2). Essa análise gráfica permitiu avaliar possíveis tendenciosidades nos ajustes das funções probabilísticas.

A função desenvolvida por Weber (2011) permite o ajuste de distribuições diamétricas com mais de uma moda. Contudo, apesar da sua grande flexibilidade (Figura 2A), ela não apresentou aderência para a Castanheira. Esse comportamento também foi relatado por Ebling e Péllico Netto (2015) na modelagem da distribuição de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Além dessas observações, a Castanheira foi a espécie que apresentou menor número de funções aderentes, provavelmente devido às oscilações de frequência ocorrentes de uma classe à outra.

Por outro lado, a Seringueira apresentou comportamentos semelhantes entre as funções (Figura 2B), o que repercutiu na qualidade dos ajustes. Para o Mogno, foi rejeitada a hipótese de aderência apenas para a função Log-Normal, ao passo que

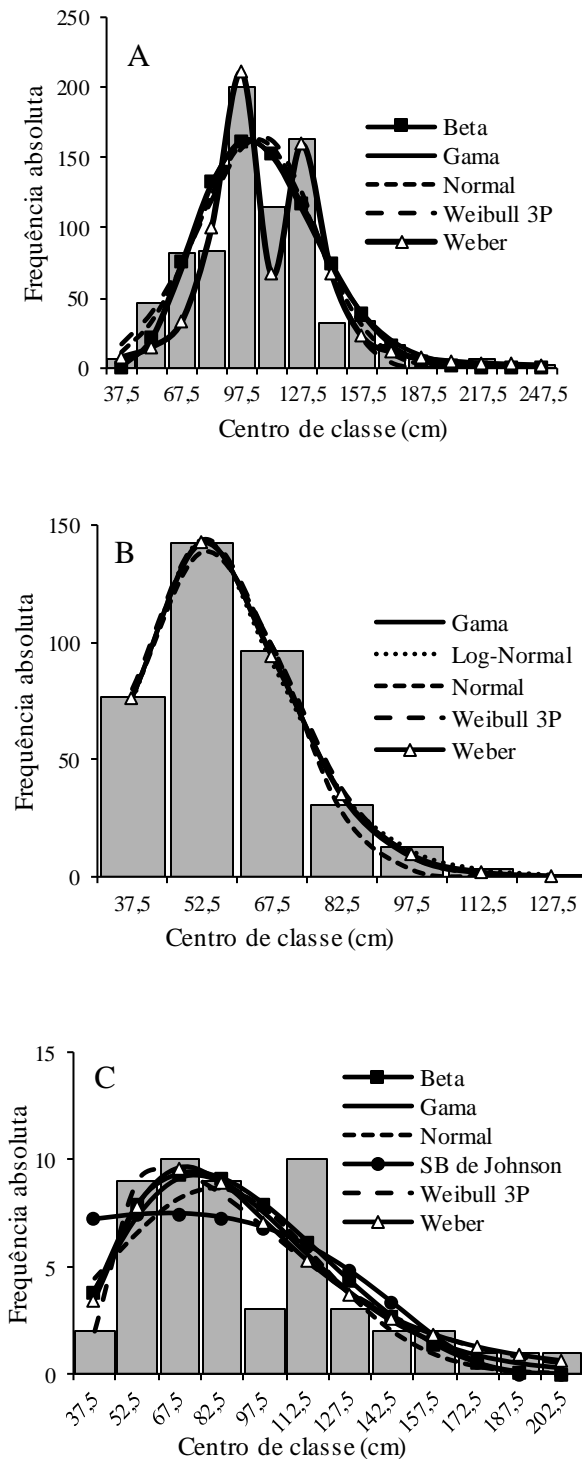


Figura 2 - Funções de densidade de probabilidade que apresentaram aderência à distribuição observada para as três espécies Amazônicas: A) *B. excelsa*; B) *H. brasiliensis* e C) *S. macrophylla*.

a função SB de Johnson, apesar da aparente aderência, também não representou adequadamente a distribuição da espécie (Figura 2C). Para essa espécie, a função de Weber foi ajustada assumindo a existência de somente uma moda, visto que a distribuição apresentou bruscas mudanças de frequências entre as classes, o que presumiria uma

distribuição multimodal, mas não havendo certeza de que esse comportamento está condizente com a realidade.

A função de Weibull permite o estabelecimento de uma relação entre seus parâmetros e os atributos da floresta, possibilitando a projeção da distribuição para anos futuros. Além disso, somando sua grande flexibilidade, isso torna-a uma ferramenta útil ao manejo e planejamento florestal (Nascimento et al. 2012). Com isso, os resultados do presente estudo demonstram que a função se adere às distribuições das três espécies avaliadas, em que, ao empregar métodos necessários para efetuar projeções, é possível fornecer informações precisas à gestão de unidades de conservação.

### Conclusão

A distribuição da Castanheira na Floresta Estadual do Antimary apresenta multimodalidade com grande amplitude diamétrica. A Seringueira apresenta estrutura similar aos demais seringais da região Amazônica, possivelmente devido ao histórico extrativista da área. Contudo, para o Mogno, a baixa ocorrência da espécie não garante uma representatividade da estrutura diamétrica para este estudo. As funções de densidade de probabilidade Normal, Beta e Weibull se aderem à distribuição da Castanheira. Para a Seringueira, somente as funções SB de Johnson e Beta não foram aderentes. Nas demais, destacam-se as funções Log-Normal, Gama e Weber pela qualidade do ajuste. Somente a função Log-Normal não foi aderente para o Mogno. A função SB de Johnson apresentou aderência, porém graficamente não descreve de forma satisfatória a estrutura diamétrica da espécie.

### Referências

- Araújo ER (2010) *Caracterização de três seringais manejados em terra firme, várzea e terra preta de índio no médio Amazonas*. Dissertation, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. 87p.
- Bertwell TD, Kainer KA, Cropper Jr WP, Staudhammer CL, Wadt LHO (2018) Are Brazil nut populations threatened by fruit harvest? *Biotropica*, 50(1):50-59. doi: 10.1111/btp.12505
- Brasil (2006) Decreto Nº 5.975 de 30 de novembro de 2006.
- Brown N, Jennings S, Clements T (2003) The ecology, silviculture and biogeography of mahogany (*Swietenia macrophylla*): a critical review of the evidence. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6:37-49. doi: 10.1078/1433-8319-00041
- Camargo PB, Salomão RP, Trumbore S, Martinelli LA (1994) How old are large Brazil-nut trees (*Bertholletia excelsa*) in the Amazon?. *Scientia Agricola*, 51(2):389-391. doi: 10.1590/S0103-90161994000200028
- Claessens L, Verburg PH, Schoorl JM, Veldkamp A (2006) Contribution of topographically based landslide hazard modelling to the analysis of the spatial distribution and ecology of Kauri (*Agathis australis*). *Landscape Ecology*, 21(1):63-76. doi: 10.1007/s10980-005-5769-z
- Ebling AA, Péllico Netto S (2015) Modeling the occurrence of cohorts in the diametric structure of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *CERNE*, 21(2):251-257. doi: 10.1590/01047760201521021667

- Enright NJ, Ogden J, Rigg LS (1999) Dynamics of forests with *Araucariaceae* in the western Pacific. *Journal of Vegetation Science*, 10:793-804. doi: 10.2307/3237304
- Gama JRV, Vieira DS, Santos SB, Santos MRG (2017) Potencial de produção dos seringais de Jamaraguá, estado do Pará. *Advances in Forestry Science*, 4(1):77-82.
- Governo do Estado do Acre (2010) *Diretrizes Simplificadas para a instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira*. Disponível em: <http://www.ac.gov.br/wps/portal/acre/Acre/estadoacre>.
- Grogan J, Jennings SB, Landis RM, Schulze M, Baima AMV, Lopes JCA, Norghauer JM, Oliveira LR, Pantoja F, Pinto D, Silva JNM, Vidal E, Zimmerman BL (2008) What loggers leave behind: impacts on big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) commercial populations and potential post-logging recovery in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 255:269-291. doi: 10.1016/j.foreco.2007.09.048
- Heinsdijk D, Bastos AM (1963) Boletim nº6: inventários florestais na Amazônia. *Ministério do Meio Ambiente*. 100p.
- IBAMA (2003) Instrução Normativa IBAMA nº 7 de 22 de agosto de 2003.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012) *Manual técnico da Vegetação Brasileira*, 2ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE. 275p.
- Machado AS, Bartoszek ACPS, Oliveira EB (1997) Estudo da estrutura diamétrica para *Araucaria angustifolia* em florestas naturais nos estados da região sul do Brasil. *Revista Floresta*, 26(1/2):59-70. doi: 10.5380/rf.v26i12
- Nascimento RGM, Machado SA, Figueiredo Filho A, Higuchi N (2012) Modelo de projeção por classe diamétrica para florestas nativas: enfoque na função probabilística de Weibull. *Pesq. flor. bras.*, 32(70):209-219.
- Nogueira RF, Cordeiro SA, Leite AMP, Binoti MLMS (2015) Mercado de borracha natural e viabilidade econômica do cultivo da Seringueira no Brasil. *Nativa*, 3(2):143-149. doi: 10.14583/2318-7670.v03n02a12
- Oliveira TWG, Schmitz R, Camaño JDZ, Dalla Corte AP, Sanquetta CR (2018) Behavior of the diametric distributions of ecological groups in a mixed ombrophilous forest fragment. *Revista Floresta*, 48(3):413-424. doi: 10.5380/rf.v48i3.56466
- Peres CA, Baider C (1997) Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 13:595-616. doi: 10.1017/S0266467400010749
- Queiroz JAN (2004) *Fitossociologia e distribuição diamétrica em uma floresta de várzea do estuário do rio Amazonas no estado do Amapá*. Dissertation, Universidade Federal do Paraná. 113p.
- RADAMBRASIL (1974). *Projeto RADAMBRASIL, Programa de Integração Nacional*, Volumes 1–24, Levantamento de Recursos Naturais. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- Ramos LMA, Latorraca JVF, Lima HRP, Santos GCV (2018) Variação intraespecífica na anatomia do lenho de *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg. relacionada à extração de látex. *Revista Floresta*, 48(2):255-264. doi: 10.5380/rf.v48 i2.55584
- Shepard Jr G, Ramirez H (2011) “Made in Brazil”: human dispersal of the Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in ancient Amazonia. *Economic Botany*, 65(1): 44-65. doi: 10.1007/s12231-011-9151-6
- Scoles R, Gribel R (2011) Population structure of Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) stands in two areas with different occupation histories in the Brazilian Amazon. *Human Ecology*, 39(4):455-464. doi: 10.1007/s10745-011-9412-0
- Silva EQ, Péllico-Netto S, Machado SA, Sanquetta CR (2003) Função densidade de probabilidade aplicável à ciência florestal. *Floresta*, 33(3):285-294. doi: 10.5380/rf.v33i3.2262
- Teo SJ, Marcon F, Schneider CR, Santos FB, Chiarello KMA, Fiorentin LD (2015) Modelagem da distribuição diamétrica de um fragmento de floresta ombrófila mista em Lebon Régis, SC. *Revista Floresta*, 45(2):337-348. doi: 10.5380/rf.v45i2.34733
- Thiersch A (1997) *Eficiência das distribuições diamétricas para prognose da produção de Eucalyptus camaldulensis*. Dissertação, Universidade Federal de Lavras. 155p.
- Thomas E, Caicedo CA, Loo J, Kindt R (2014) The distributions of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) through time: from range contraction in glacial refugia, over human-mediated expansion, to anthropogenic climate change. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, 9(2):267-291.
- Wadt LHO, Faustino CL, Staudhammer CL, Kainer KA, Evangelista JS (2018) Primary and secondary dispersal of *Bertholletia excelsa*: Implications for sustainable harvests. *Forest Ecology and Management*, 415-416:98-105. doi: 10.1016/j.foreco.2018.02.014
- Weber SH (2011) *Desenvolvimento de uma função densidade de probabilidade multimodal aplicável à ciência florestal*. Thesis, Universidade Federal do Paraná. 132p.
- Zuidema PA, Boot RGA (2002) Demography of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: Impact of Seed Extraction on Recruitment and Population Dynamics. *Journal of Tropical Ecology* 18:1–31.