

Distribuição diamétrica de uma comunidade arbórea na Floresta Estadual do Amapá, Brasil

Ronaldo Oliveira dos Santos¹, Jadson Coelho de Abreu², Robson Borges de Lima³, Perseu da Silva Aparício⁴,
Eleneide Doff Sotta⁵, Robson Carmo Lima⁶

1. Acadêmico de Engenharia Florestal (Universidade do Estado do Amapá, Brasil).

2. Engenheiro Florestal (Universidade do Estado do Amapá). Mestre em Ciências Florestais (Universidade Federal Rural do Pernambuco). Professor da Universidade do Estado do Amapá, Brasil.

3. Engenheiro Florestal (Universidade do Estado do Amapá). Mestre e Doutorando em Ciências Florestais (Universidade Federal Rural do Pernambuco, Brasil).

4. Engenheiro Florestal e Mestre em Ciências Florestais (Universidade Federal Rural do Pernambuco). Doutor em biodiversidade Tropical (Universidade Federal do Amapá). Professor da Universidade do Estado do Amapá, Brasil.

5. Engenheira Florestal (Universidade Federal do Paraná). Mestre em Ciências Florestais (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia). Doutora em Forestry and Forest Ecology (Universitat Goettingen). Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil.

6. Engenheiro Florestal (Universidade do Estado do Amapá). Mestre em Ciências Florestais (Universidade Federal Rural do Pernambuco, Brasil).

*Autor para correspondência: santos.ueap@hotmail.com

RESUMO. A distribuição dos diâmetros é uma das análises mais empregadas para retratar o comportamento estrutural de um povoamento. Assim, este estudo objetivou avaliar a estrutura diamétrica da comunidade e das principais espécies lenhosas por meio das funções de densidade probabilísticas em uma floresta de terra firme no módulo IV da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP) no município de Calçoene/AP. Os dados de diâmetro à altura do peito (DAP) foram obtidos de um inventário realizado em uma área de 1 hectare (100 x 100 m). A estrutura diamétrica foi analisada para toda a comunidade e para as quatro principais espécies ranqueadas segundo seus índices de valor de importância. Para avaliação dos ajustes das funções: Normal, Log-normal, Gamma e Weibull 3P foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov ($\alpha = 0,05$). A maioria das espécies apresentaram assimetria positiva e curtose do tipo platycúrtica, o que demonstra o padrão típico de floresta nativa em forma de "J" invertido. A função Weibull 3P e Gamma foram aderentes no teste K-S aos dados das quatro espécies analisadas, sendo a primeira a mais indicada para descrever a distribuição diamétrica de três das quatro espécies de maior IVI, e também da referida floresta de terra firme. Conclui-se, ainda, que estudos como este devem ser realizados constantemente visando introduzir e avaliar a eficiência de outras funções densidade de probabilidade para a descrição da distribuição diamétrica de povoamentos em florestas inequidêneas.

Palavras-chave: Amazônia, modelos matemáticos, manejo florestal.

Diametric distribution of a arboreal community in the State Forest of Amapá, Brazil

ABSTRACT. The distribution of diameters is one of the most used analysis for portray the structural behavior of an population. Thus, this study aimed to evaluate the diametric structure of the community and of the main woody species through the probability density functions in a upland forest in the IV module of the State of Amapá Forest (FLOTA/AP) in the municipality of Calçoene/AP. The data of diameter the breast height (DBH) were obtained of a inventory performed in a area of one hectare (100 x 100 m). The diametric structure was analyzed for the whole community and for four of its main species classified according to their importance value indices. For evaluation of adjustments of the functions: Normal, Log-normal, Gamma and Weibull 3P was used the Kolmogorov-Smirnov test ($\alpha = 0.05$). Most species presented positive asymmetry and kurtosis of platykurtic type, what demonstrate the typical pattern of native forest in form of inverted "J". The community and most of the selected species showed the typical pattern of native forest in the form of inverted "J". The function Weibull 3P and Gamma were adherent in the KS test to data of four species analyzed, the first being the most adequate to describe the diametric distribution of three of the four species of greatest IVI, and also of said upland forest. Concludes, still, that studies as this one must be carried out constantly aiming to introduce and evaluate the effectiveness of other probability density functions for describe of the diametric distribution of populations in uneven-aged forests.

Keywords: Amazon; mathematical models; forest management.

1. Introdução

A Amazônia ocupa cerca de 50% do território nacional (IBGE, 2012), apresenta a maior biodiversidade do planeta, incluindo a diversidade genética e de ecossistemas, oriunda tanto da ação antrópica, quanto da interação dos fatores ambientais das dadas fitofisionomias (florestas de várzea, terra firme, cerrado e restingas, entre outras), na qual se agrega uma enorme gama de espécies ainda desconhecidas pela ciência (PEREIRA et al., 2011). O estado do Amapá tem grande parte de suas florestas intactas por programas e leis de proteção e conservação ambiental. Sendo as florestas densas de terra firme a tipologia florestal mais representativa dessa região, caracterizada pela elevada riqueza e diversidade de espécies (RABELO, 2008).

O desenvolvimento de estudos que visam nortear tomadas de decisões por meio da análise da estrutura da comunidade florestal é sem dúvida imprescindível para uso dos recursos naturais de forma sustentável. Para conservar a vegetação natural é preciso entender seu comportamento frente aos distúrbios naturais e antropogênicos. Sob essa

ótica, a análise da distribuição diamétrica em florestas inequidêneas possibilita melhor conhecimento e entendimento das espécies que compõem a floresta, possibilitando um melhor planejamento para o estabelecimento de estratégias adequadas para a conservação e manejo (BATISTA et al., 2015).

A distribuição dos diâmetros é uma das análises mais empregadas para retratar o comportamento estrutural de um maciço florestal. O diâmetro é geralmente bem correlacionado com variáveis importantes do povoamento, tais como: volume, área basal, sortimentos entre outras (BAILEY; DELL, 1973). Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos para determinação das distribuições diamétricas em florestas naturais no estado (QUEIROZ et al., 2006; CARIM et al., 2013; ABREU et al.; 2014), entretanto, os que utilizam funções de densidade probabilística (FDP) ainda são incipientes.

Nesse contexto, Machado et al. (2009a) afirmaram que 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 do manejo florestal sustentável. Para Machado et al. (2009b) a melhor forma de descrever a estrutura diamétrica de uma floresta ou de uma espécie é por meio do emprego de funções de densidade probabilística (FDP) ou modelos de distribuição diamétrica (MDD).

Na distribuição diamétrica de florestas têm sido usadas funções probabilísticas muito conhecidas por apresentarem, de forma mais clara, o comportamento estrutural da vegetação e auxiliar na prognose de plantios florestais, dentre elas a função Beta, Exponencial, Gamma, Normal, Log-normal, SB de Johnson, Weibull 2 e 3 parâmetros (NASCIMENTO et al., 2012). Ainda segundo estes autores, o uso desses modelos está diretamente ligado à natureza dos dados a que ela se relaciona, sendo, portanto, uma ferramenta útil na reflexão, prognose e tomada de decisões em horizontes de planejamento de médio e longo prazo.

Campos e Leite (2009) corroboram com esta afirmação, salientando que a principal característica desses modelos é sua eficiência na geração de estimativas de que as árvores venham a ocorrer dentro das classes de diâmetro, sendo comum o uso da função Weibull, que é uma das mais utilizadas nesse tipo de modelagem, especialmente pela característica de grande flexibilidade. Devido às características singulares de cada espécie florestal, surge a necessidade de que os modelos utilizados para descrever a estrutura diamétrica sejam devidamente testados e selecionados de forma a identificar qual deles proporciona maior consistência para descrever o comportamento da variável de interesse.

Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar a estrutura diamétrica da comunidade e das principais espécies lenhosas por meio das funções de densidade probabilísticas em uma área de terra firme no módulo IV da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP) no município de Calçoene/AP.

2. Material e Métodos

Área de estudo:

Os dados são provenientes de uma área localizada em domínio de Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme (IBGE, 2012), na Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), que compreende uma área descontínua de 2.369.400 hectares, dividida em quatro módulos produtivos, definidos em função de infraestrutura e vias de acessos para dinamizar os polos

de desenvolvimento do estado (AMAPÁ, 2009).

O módulo IV, alvo deste estudo, está distante 630 km da capital Macapá. Esse módulo contempla uma área de aproximadamente 9.739,7 km², localizado na região norte do Estado e abrange os municípios de Calçoene e Oiapoque (AMAPÁ, 2013) (Figura 1).

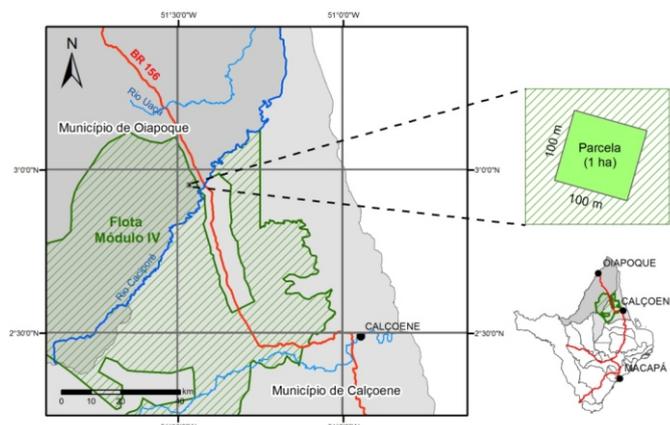


Figura 1. Localização da área de estudo (módulo IV) da Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), no município de Calçoene/AP. / Figure 1. Location of the study area (module IV) of the State of Amapá Forest (FLOTA/AP), in municipality of Calçoene/AP.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo A_{mw}' , apresentando uma estação chuvosa de novembro a junho e uma estação seca de julho a outubro (IEPA, 2008). Para o município de Calçoene a precipitação acumulada durante o ano é de aproximadamente 3.086 mm, sendo o mês de setembro o período menos chuvoso e o mês de maio o mais chuvoso (GOMES SOBRINHA; SOTTA, 2011).

Amostragem e coleta de dados

Foi realizado um censo (inventário 100%) em uma unidade amostral distribuída de forma aleatória com tamanho de 100 m x 100 m (10.000 m²), dividida em 10 subparcelas contíguas de 20 m x 50 m. Foram amostrados e etiquetados todos os indivíduos arbóreos com plaquetas de alumínio numeradas sequencialmente, sendo mensurados os diâmetros ao nível de 1,30 m do solo (DAP) > 10 cm, e altura total obtido por meio de hipsômetro *True Pulse 360°*.

As espécies foram identificadas *in loco* por um paratônico ou por meio de bibliografias especializadas, bem como através de comparação com exsicatas do herbário Amapaense (HAMAB) do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA). A classificação dos taxa seguiram o sistema APG II e a nomenclatura botânica foi revisada pelo site do Missouri Botanical Garden.

Tabela 1. Parâmetros fitossociológicos das principais espécies arbóreas em uma floresta de terra firme na Floresta Estadual do Amapá (Flota/AP), por ordem decrescente de (VI) - Valor de Importância (%). Em que: (DR) - Densidade Relativa - (%), (FR) - Frequência Relativa - (%), (DoA) - Dominância Absoluta - (m²/ha), (DoR) - Dominância Relativa - (%), e (VC) - Valor de Cobertura - (%). / Table 1. Phytosociological parameters of the main arboreal species in a upland forest in the State of Amapá Forest (FLOTA/AP), by order decreasing of (IVI) - Importance Value (%). Where: (DR) - Relative Density - (%), (FR) - Relative Frequency - (%), (DoA) - Absolute Dominance - (m²/ha), (DoR) - Relative Dominance - (%), and (VC) - Cover Value - (%).

Espécie	DA	DR	FR	DoA	DoR	VC	VI
<i>Qualea albiflora</i> Varm	43	6,96	6,27	9,60	31,73	38,70	44,97
<i>Gustavia augusta</i> L.	43	6,96	4,83	0,16	0,55	7,52	12,35
<i>Pourouma minor</i> Benoist	28	4,53	4,48	0,61	2,02	6,56	11,04
<i>Protium decandrum</i> (Aubl.) Marchand	26	4,21	4,30	0,72	2,41	6,62	10,92
Demais espécies (93)	477	77,34	80,12	19,17	63,29	140,6	220,72
Total	617	100	100	30,26	100	200	300

Distribuição diamétrica

Um primeiro esforço foi despendido nos elementos que compõem a distribuição diamétrica. Nestes termos, foram computadas algumas estatísticas descritivas da variável diâmetro, tais como: média, mediana, moda, diâmetros máximo e mínimo, amplitude, variância e desvio padrão (ORELLANA et al., 2014).

Foram plotados histogramas de frequência para a comunidade arbórea e para as espécies de maior valor de importância (VI), com intervalos de classes determinados a partir da metodologia proposta por Sturges: $IC = A/K$, em

que A é a amplitude expressa por: $A = (D_{max} - D_{min})$ e K número de classes, sendo $K = 1 + 3,33 \log(n)$, em que (n) é o número de indivíduos amostrados, equação esta utilizadas em outros estudos (HIGUCHI et al., 2008; MACHADO; FIGUEIREDO, 2003).

Ajuste das funções de densidade probabilística

As funções de densidade probabilísticas ajustadas constam na tabela 2 e são todas de uso frequente na modelagem da distribuição diamétrica de povoamentos, (SCOLFORO 2006; TÊO et al., 2012).

Tabela 2. Funções de densidade probabilísticas testadas para descrever a distribuição diamétrica para a comunidade e as quatro espécies de maior valor de importância (VI), Calçoene-AP. / **Table 2.** Probabilistic density functions tested for describe the diametric distribution for the community and the four species of highest importance value (VI), Calçoene-AP.

Nome	Função de Densidade de Probabilidade	Restrições
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp^{-\frac{1}{2}\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}}$	$\sigma > 0;$ $-\infty < x < +\infty;$ $-\infty < \mu < +\infty$
Log-normal	$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln x - \mu)^2}$	$x \geq x_{min}; \sigma > 0;$ $-\infty < x < +\infty;$ $-\infty < \mu < +\infty$
Gamma	$f(x) = \frac{(x - x_{min})^{\alpha-1} \exp^{-\frac{1}{\beta}(x-x_{min})}}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha}$	$x \geq x_{min}$ $\alpha, \beta > 0;$ $-\infty < x_{min} < +\infty$
Weibull 3P	$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \exp\left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c\right]$	$x \geq x_{min};$ $-\infty < x_{min} < +\infty$ $b, c > 0; a \geq 0$

Em que: (x) : é a variável diâmetro em cm; (μ) : é a média aritmética do diâmetro; (σ) : é o desvio padrão da variável aleatória x ; (π) : é a constante "pi" (3,1416); (\exp) : é a base do logaritmo natural = (2,71823...); (a) , (b) e (c) = parâmetros de localização, escala e forma, respectivamente; (x_{min}) : menor diâmetro; (α) : parâmetro de forma; (β) : parâmetro de escala; (Γ) : função Gama caracterizada pela seguinte expressão (para qualquer $\alpha \leq 0$): $\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} u^{\alpha-1} e^{-u} du$; e (\ln) : logaritmo de base neperiana.

Os parâmetros da distribuição Weibull 3P foram estimados conforme Barras et al. (2004), empregando o algoritmo linear de gradiente reduzido generalizado (GRG) na interação dos parâmetros, com objetivo de minimizar a soma dos quadrados dos resíduos. Para as funções Gama, Normal e Log-normal às estimativas dos seus parâmetros foram obtidos pelo Método dos Momentos.

Nestes termos, o sentido de escolher a função de melhor descrição a respeito da distribuição diamétrica da comunidade estudada e das principais espécies, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) a um nível de 5% de probabilidade (SCHNEIDER et al., 2009). Tal teste é amplamente conhecido na biometria florestal e parte da premissa que as frequências observadas e estimadas são similares (MONTGOMERY; RUNGER, 2009).

Além do teste de kolmogorov-Smirnov foi utilizado o erro padrão da estimativa percentual (EPE%) conforme Orellana et al. (2014). A qualidade da aderência de cada função foi classificada de acordo com um ranking formado pelos critérios ditos anteriormente.

Assimetria e Curtose

A relação entre os valores encontrados para a média, para a mediana e para a moda indica o tipo de assimetria da distribuição de frequências (SPIEGEL, 2006). Entende-se por assimetria o grau de desvio dos dados em relação ao centro da distribuição, contudo, existem três tipos básicos de assimetria, a saber: à direita ou positiva (média > mediana > moda), à esquerda ou negativa (moda > mediana > média), e simétrica (média = mediana = moda) (ORELLANA et al., 2014). Se o coeficiente de assimetria, em módulo,

estiver entre 0,15 e 1 à assimetria é considerada moderada e se o mesmo for maior que 1, a assimetria será forte (MACHADO et al., 2006).

Quanto à curtose, é o grau de achatamento ou elevação relativa de uma distribuição em relação à distribuição normal (MACHADO et al., 2006). Para uma distribuição normal, o coeficiente de curtose é $C = 0,263$, e quando o valor calculado para C é inferior a 0,263, diz-se que a distribuição é leptocúrtica (alongada). Se o valor é superior a 0,263, diz-se que a distribuição é platicúrtica (achatada) e por fim, mesocúrtica é a curva intermediária, com coeficiente de curtose = 0,263.

3. Resultados e Discussão

Foram amostrados 617 indivíduos distribuídos em 33 famílias botânicas, 72 gêneros e 97 espécies, sendo quatro não identificadas. Alarcón e Peixoto (2007) encontram em um trecho de um hectare de floresta de terra firme no estado de Roraima 544 indivíduos, adotando como nível de inclusão DAP maior ou igual 10 cm, resultado abaixo do encontrado no presente trabalho. De modo geral, esses resultados são considerados satisfatórios para os inventários realizados na Amazônia considerando um hectare amostral.

A estrutura diamétrica da floresta foi caracterizada por árvores de pequeno porte nas menores classes de diâmetro, indicando tendências de distribuição balanceada. Isso se deve a capacidade de regeneração das espécies vegetais. Logo, o conhecimento sobre a estrutura diamétrica de uma floresta tem sido uma importante ferramenta na tomada de decisão de áreas com potencial de corte de madeira de forma sustentável e um elemento imprescindível para auxiliar

na construção de um plano de manejo.

As espécies que apresentaram os maiores valores de importância (IVI) foram *Qualea albiflora* Varm. (Mandioqueira) com 44,97%, *Gustavia augusta* L. (Jenipaparana) com 12,35%, *Pourouma minor* Benoist (Embaúba branca) com 11,04% e *Protium decandrum* (Aubl.) Marchand (Breu vermelho) com 10,92%. Essas espécies apresentaram maior domínio de hábitat, isto é, são as espécies arbóreas mais importantes e representativas do ambiente de terra firme estudado. Portanto, esse índice funciona como um indicador da importância ecológica. Isso se dá, principalmente, devido à influência das espécies mais frequentes e dominantes nos processos básicos de equilíbrio da flora e manutenção da fauna, elementos que fornecerão abrigo e alimentação para o conjunto de seres vivos presentes no hábitat (PEREIRA et al., 2011).

Comparando os valores apresentados para as quatro espécies com maior IVI com outros estudos na Amazônia, notou-se que a área amostrada refletiu um comportamento atípico quanto ao parâmetro analisado, pois diferentemente do observado em outros trabalhos na região amazônica (CARIM et al., 2013; LIMA et al., 2012; CONDÉ; TONINI, 2013), tais espécies não demonstraram um comportamento de superioridade de importância ecológica, sendo que seus

valores de IVI foram inferiores ao do presente estudo, não sendo comumente relatadas segundo os mesmos autores como as mais relevantes em levantamentos fitossociológicos na Amazônia.

Quanto aos resultados das estatísticas descritivas (Tabela 3), nota-se que os valores de diâmetro máximo (159,15 cm) e mínimo (10,02 cm) traduzem uma floresta bastante heterogênea em diferentes estágios de sucessão. *Qualea albiflora* destaca-se por apresentar valores consideravelmente superiores aos das demais espécies, em especial o maior diâmetro, caracterizando bom desenvolvimento para a mesma. Do ponto de vista ecológico ainda não se tem estudos que comprove o comportamento apresentado pela espécie referente ao acentuado crescimento diamétrico.

Apesar dos altos valores da variável diâmetro, a *Q. albiflora* demonstrou uma maior dispersão dos dados observados em relação à média aritmética, confirmado pelo coeficiente de variação (CV) = 81,98 % (Tabela 3), o que permite inferir esta espécie em comparação as demais dessa comunidade arbórea, apresentou uma distribuição bastante heterogênea do conjunto dos dados coletados. Foi possível verificar também que a espécie *G. augusta*, segunda no ranking de maior IVI, apresentou a menor dispersão relativa em torno da média em relação ao diâmetro.

Tabela 3. Estatísticas descritivas da variável diâmetro para a comunidade arbórea e para as espécies de maior (IVI) na Floresta Estadual do Amapá no município de Calçoene-AP. / **Table 3.** Descriptive statistics of the variable diameter for the arboreal community and for the species of highest importance value (IVI) in the State of Amapá Forest in Calçoene-AP municipality.

Medida	Comunidade	Espécie			
		<i>P. decandrum</i>	<i>P. minor</i>	<i>G. augusta</i>	<i>Q. albiflora</i>
Média	16,88	15,84	14,17	6,88	41,43
Médiana	9,87	12,01	10,98	6,53	27,37
Moda	6,05	7,0	5,4	6,05	5,09
Dmin	10,02	10,73	11,09	14,77	10,09
Dmax	159,15	53,38	43,59	22,27	106,09
Amplitude	149,13	42,65	32,50	7,50	96,0
S ²	341,12	110,52	80,23	2,0	1.153,93
S	18,46	10,51	8,95	1,41	33,96
CV%	109,40	66,33	63,19	20,57	81,98
Assimetria	3,12	1,44	1,11	0,93	0,45
Curtose	12,32	2,21	0,42	0,56	-1,33

A distribuição de frequência é dita assimétrica quando a média, a mediana e a moda recaírem em pontos diferentes da distribuição, sendo o deslocamento dos pontos para a direita ou para a esquerda (MACHADO et al., 2006). Nesse sentido, as curvas de distribuição diamétrica geradas no trabalho foram assimétricas positivas (Figura 2), isto é, a maior frequência de diâmetro mensurado está no lado esquerdo da distribuição. Isto se deu por razão dos valores da média ser superior a da mediana e da moda, logo a cauda da distribuição tende-se ao lado direito.

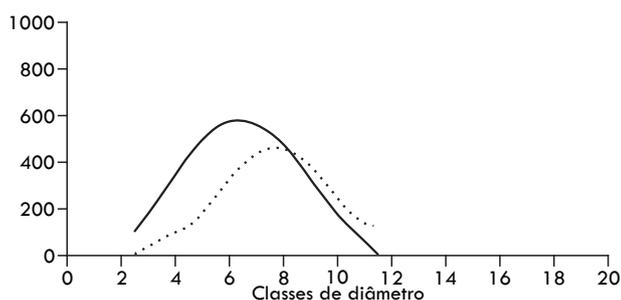


Figura 2. Exemplo de uma forma de distribuição com assimetria positiva ou assimetria para a direita. **Fonte:** Machado et al. (2006). / **Figure 2.** Example of an forme of distribution with positive asymmetry or asymmetry for the right. **Source:** Machado et al. (2006)

O grau de assimetria do coeficiente de Pearson (SPIEGEL, 2006), permite dizer que as espécies *Protium decandrum*, *Pourouma minor*, *Qualea albiflora*, assim como, a Comunidade arbórea demonstraram assimetria forte, em que os valores de seus coeficientes em módulos foram maiores que (1), a saber: As (1,09), (1,06), (1,24), (1,13), respectivamente. A exceção foi a espécie *Gustavia augusta* que apresentou um grau de assimetria moderada (As = 0,75), isto ocorreu em razão dos valores da média e da mediada serem bem próximos, pois o resultado da diferencia dos valores dessas variáveis foram menores que o valor do desvio padrão, logo, pelo procedimento matemático do coeficiente de assimetria que divide um resultado pelo outro chegasse a um valor menor que (1), o que denota uma caráter de assimetria considerada moderada ($0,15 < |As| \leq 1$) (SCHNEIDER et al., 2009).

Os valores do coeficiente de curtose obtidos tanto para a comunidade quanto para as espécies supracitadas (Tabela 3), permite afirmar que a maioria das espécies apresentaram distribuição platocúrtica com o topo da curva achatada em relação à curva normal, com excesso positivo (MACHADO et al., 2006), o mesmo não ocorreu para a

Qualea albiflora que obteve distribuição do tipo leptocúrtica ($C = -1,33$), ou seja, com a curva alongada relação à curva normal para os dados de diâmetro. Esse comportamento reflete um tipo de distribuição em que as frequências das classes de diâmetro demonstram uma dispersão elevada, tomando como referência a dispersão verificada em uma distribuição normal. Dessa forma, como o estudo foi realizado em floresta nativa onde as espécies arbóreas apresentam diferentes nichos ecológicos em relação ao ambiente a qual estão inseridas, percebe-se que se tratando de uma comunidade lenhosa, as curvas de assimetria e curtose tende a acompanhar o perfil da estrutura diamétrica da vegetação, neste caso a forma em “J” invertido, portanto, é esperada uma elevada dispersão na distribuição da curva dos diâmetros, em razão das espécies não seguirem um padrão de distribuição normal ora pela sua ecologia, ora por fatores bióticos e abióticos exercerem influência sobre as mesmas.

É importante salientar, que os parâmetros (assimetria e

curtose) são ferramentas estatísticas fundamentais que auxiliam na avaliação da dispersão de um conjunto de dados quaisquer, neste caso o diâmetro, a qual acaba fornecendo o grau de afastamento de simetria da distribuição diamétrica juntamente com o grau de achatamento ou elevação dessa distribuição. A priori, esta análise pode parecer mais um termo dentro do universo da estatística em suas variadas dimensões, mas não se pode esquecer que em processos que envolvam tomadas de decisões o uso da estatística (descritiva, probabilística e/ou inferencial) pode ser um excelente instrumento de comunicação, ou seja, quando mais se usa dessa ferramenta mais se comunica, mas, sobretudo, quando melhor se utilizam dela melhor será a comunicação.

Pode-se observar na tabela 4 que houve aderência dos valores estimados pelas funções Weibull 3P e Gama para as quatro espécies analisadas por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, isto é, houve aceitação da hipótese de nulidade em que as frequências esperadas e observadas são similares do ponto de vista estatístico.

Tabela 4. Parâmetros estimados das funções de densidade probabilísticas fdp's e estatística de aderência e precisão das mesmas à distribuição diamétrica da comunidade arbórea e para as espécies de maior valor de importância na FLOTA/AP, no município de Calçoene-AP. / **Table 4.** Estimated parameters of the functions of probabilistic density (PDF's) and statistic of adherence and precision of the same to diametric distribution of the arboreal community and for the species of highest importance value in the FLOTA/AP, in Calçoene-AP municipality.

Espécie	FDP	Ranking	Dcal/D'	EPE (%)	Coeficiente		
<i>Protium decandrum</i>	Normal	4°	0,3205*/0,26	11,34	=15,84	= 10,51	
	Log-normal	3°	0,2645*/0,26	5,84	=2,57	= 0,60	
	Gamma	2°	0,0644 n.s. /0,26	4,12	= 0,92	= 10,92	1,04
	Weibull 3P	1°	0,1026 n.s. /0,26	3,72	a = 5,73	b = 8,12	c = 0,85
<i>Pourouma mino</i>	Normal	4°	0,2943*/0,25	12,20	=14,17	= 8,95	
	Log-normal	3°	0,1970 n.s./0,25	4,93	=2,47	= 0,60	
	Gamma	2°	0,0462 n.s. /0,25	3,80	= 1,02	= 8,83	
	Weibull 3P	1°	0,1111 n.s. /0,25	2,91	a = 5,09	b = 7,74	c = 0,83
<i>Gustavia augusta</i>	Normal	3°	0,2012 */0,20	19,71	=6,88	= 1,41	
	Log-normal	4°	0,6534*/0,20	33,17	=1,91	= 0,19	
	Gamma	1°	0,0485 n.s. /0,20	9,38	= 2,22	= 0,94	
	Weibull 3P	2°	0,0985 n.s. /0,20	10,22	a = 4,77	b = 2,13	c = 1,79
<i>Qualea albiflora</i>	Normal	4°	0,2859*/0,20	5,53	=41,43	= 33,96	
	Log-normal	3°	0,2159*/0,20	3,51	= 3,25	= 1,07	
	Gamma	2°	0,1398 n.s. /0,20	3,74	= 1,14	= 31,75	
	Weibull 3P	1°	0,1988 n.s. /0,20	3,15	a = 5,09	b = 29,64	c = 0,71
Comunidade arbórea	Normal	4°	0,4142*/0,05	64,08	=16,88	= 18,46	
	Log-normal	3°	0,1853*/0,05	37,38	= 2,48	= 0,74	
	Gamma	2°	0,1885*/0,05	27,68	= 0,71	= 21,84	
	Weibull 3P	1°	0,0179 n.s./0,05	2,81	a = 3,33	b = 9,88	c = 0,76

Dcal = valor calculado da estatística do teste K-S; D'(*) = estatística significativa do teste K-S a (0,05%) de probabilidade; ** não significativo pelo teste de K-S ao nível de (0,05%) de probabilidade e EPE = erro-padrão da estimativa.

Quanto aos valores dos parâmetros obtidos no ajuste dos modelos para a comunidade arbórea e para as quatro espécies, pode-se dizer que não houve tendência de similaridade entre as estimativas realizadas. Por essa razão, que segundo Machado et al. (2009a) salienta que a ausência dessa tendência demonstra que não é viável o uso de uma mesma função para mais de uma espécie (Tabela 4).

Denota-se que pelo Ranking de classificação da qualidade dos modelos, as funções Normal (4º lugar) e Log-normal (3º lugar) no ranqueamento, apresentaram os piores ajustes aos dados de tanto para as quatro espécies de maior VI, como também para a comunidade arbórea, onde houve aceitação da hipótese alternativa (H_1), que as frequências estimadas pelas funções não seguem a distribuição observada. Fato este comprovado pela superestimativa e subestimativa dos valores das frequências de algumas classes demonstrado no gráfico da distribuição diamétrica.

Uma das justificativas para o baixo desempenho no ajuste da distribuição pode estar relacionado por ambas às funções apresentarem baixa flexibilidade aos dados observados por depender apenas de dois parâmetros (média e desvio padrão), outro fator é provavelmente o método usado para obtenção dos parâmetros das funções, que acaba por sua vez influenciando no ajuste e o tipo de curva que o modelo apresentará. Encontra partida, a função Weibull 3P foi que melhor se ajustou aos dados para três das quatro espécies analisadas, sendo acompanhada pela Gamma (2º lugar) que apresentou resultado satisfatório no teste K-S, assim como, os dois modelos obtiveram os melhores valores do erro padrão da estimativa com pouca diferença entre eles.

Ressalta-se, que a escolha da função Weibull 3P sendo a melhor na precisão do ajuste, foi com base nos mais baixos valores do erro padrão da estimativa (EPE) apresentado por ela, tendo em vista que obteve valores calculados do teste de Kolmogorov-Smirnov relativamente elevados do que a Gamma (Tabela 4). E esta por sua vez, por mais que tenha apresentado melhor aderência para as quatro espécies analisada, não pode representar a estrutura diamétrica das mesmas por gerar mais erros na estimativa das frequências esperadas do que a função Weibull 3P.

Uma justificativa para estas funções terem apresentado bom ajuste é provavelmente os coeficientes bem mais consistentes para as estimativas da distribuição diamétrica. Ferreira (2011) corrobora com esta afirmação ressaltando que um dos motivos que levam essas funções, em especial a Weibull 3P a serem mais flexíveis e ajustar diferentes formas de curvas é a íntima relação entre os parâmetros e o comportamento da distribuição.

É importante ressaltar que o procedimento adotado para estimação dos parâmetros dos modelos influencia na descrição do ajuste do mesmo como já falado anteriormente, outro aspecto é a escolha dos intervalos para agrupar os dados de diâmetro entre as classes, que também influencia numa boa ou não distribuição.

De modo geral, os diferentes intervalos de classes de diâmetros para as quatro espécies de maior valor de importância e para a comunidade arbórea deram resultados positivos em termos da caracterização da estrutura diamétrica, provavelmente os resultados seriam

outros se estabelecesse de forma empírica um intervalo fixo de 10 cm, como por exemplo, no estudo de Cunha (1995) onde o mesmo testou diferentes amplitudes de classes de diâmetro (6, 8, 10 e 12 cm) na floresta tropical úmida de Curuá-Una no Pará, na qual conclui que a amplitude de 10 cm foi a mais indicada para descrever a distribuição diamétrica da área. Entretanto, ressalta-se que essa amplitude pode ou não caracterizar uma boa distribuição, tudo vai depender do quantitativo dos dados obtidos em campo, e do estágio de desenvolvimento das espécies na floresta.

Para a comunidade arbórea a Weibull 3P se destacou demonstrando sua flexibilidade aos dados das florestas heterogêneas. Vale salientar, que tal função também apresenta bons resultados quando empregada para descrever a distribuição diamétrica de florestas plantadas, apresentando eficiência na geração de estimativas (MIGUEL et al., 2010). Resultados semelhantes foram encontrados por Curto et al. (2014) e Ebling et al. (2014), onde a função Weibull 3P foi a que melhor se ajustou na descrição da frequência do número de indivíduos por classe de diâmetro, cuja distribuição é decrescente (SCOLFORO, 2006), em virtude do parâmetro de forma ($c = 0,76$) ter apresentado valor menor que (1), o que faz a distribuição assumir a forma de "J" invertido, típica distribuição diamétrica de florestas nativas.

Por meio da análise da distribuição diamétrica da comunidade (Figura 3), a floresta estudada seguiu o padrão típico de florestas tropicais úmidas, isto é, apresentou curva de distribuição exponencial negativa em forma de "J" invertido (UMAÑA; ALENCAR, 1998) onde a maior frequência de indivíduos encontra-se nas classes de diâmetro menores. Nessa ótica, Oliveira et al. (2003) propõem que o comportamento decrescente da curva indica comunidades com pouca ou nenhuma pressão antrópica.

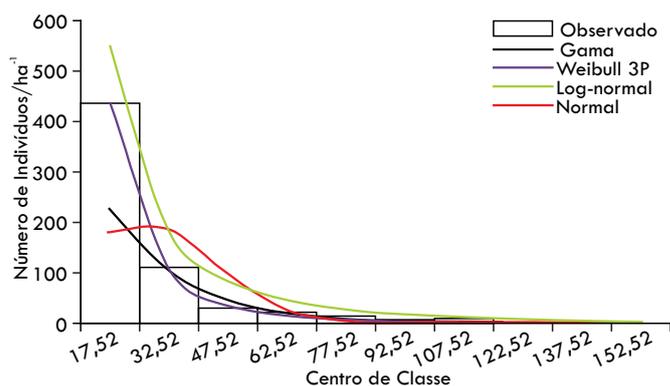


Figura 3. Distribuição diamétrica da comunidade estudada das frequências observadas e estimadas pelo ajuste das funções fdp's, em 1 ha de floresta ombrófila densa de terra firme, Calçoene/AP. / Figure 3. Diametric distribution curves estimated by probabilistic density functions about the histogram of observed frequencies, in a 1 ha of dense ombrophilous forest of solid ground, Calçoene/AP.

Assim, pode-se dizer que a comunidade arbórea estudada se encontra com bom nível de regeneração, com muitos indivíduos jovens do que adultos garantindo a perpetuação das espécies nesta floresta. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al., (2012) para caracterização da distribuição diamétrica de *Virola surinamensis* Warb na FLOTA/AP, sendo que nesse trabalho a regeneração apresentou padrão satisfatório. Entretanto,

não se pode afirmar se a comunidade em questão encontra-se em equilíbrio, em razão de não se analisar outros aspectos da sua estrutura como a dinâmica, por exemplo, ou a própria estrutura vertical.

Das quatro espécies analisadas, duas apresentaram a distribuição semelhante à distribuição geral, ou seja, em J-invertido (Figura 3), e duas não obedeceram este padrão (*Gustavia augusta* e *Qualea albiflora*) (Figura 4). Fato este explicado por exploração seletiva de classes diamétricas dessas espécies com valor comerciais *in loco* ou por algum tipo de perturbação natural que acarretou padrões

irregulares de distribuição, assim como, fatores ecológicos, como por exemplo, competição inter e intraespecífica por recursos ou tanto de interação das espécies na ocupação de nichos em estratos distintos, as quais podem estar influenciando na dinâmica das espécies. Alves e Metzger (2006) corroboram com esta afirmação, na qual ressaltam que as intensidades dessas perturbações podem afetar o estabelecimento e desenvolvimento das espécies e, assim, são esperadas diferenças não apenas quanto aos padrões florísticos deste ambiente, mas também quanto aos processos relacionados às suas características ecológicas.

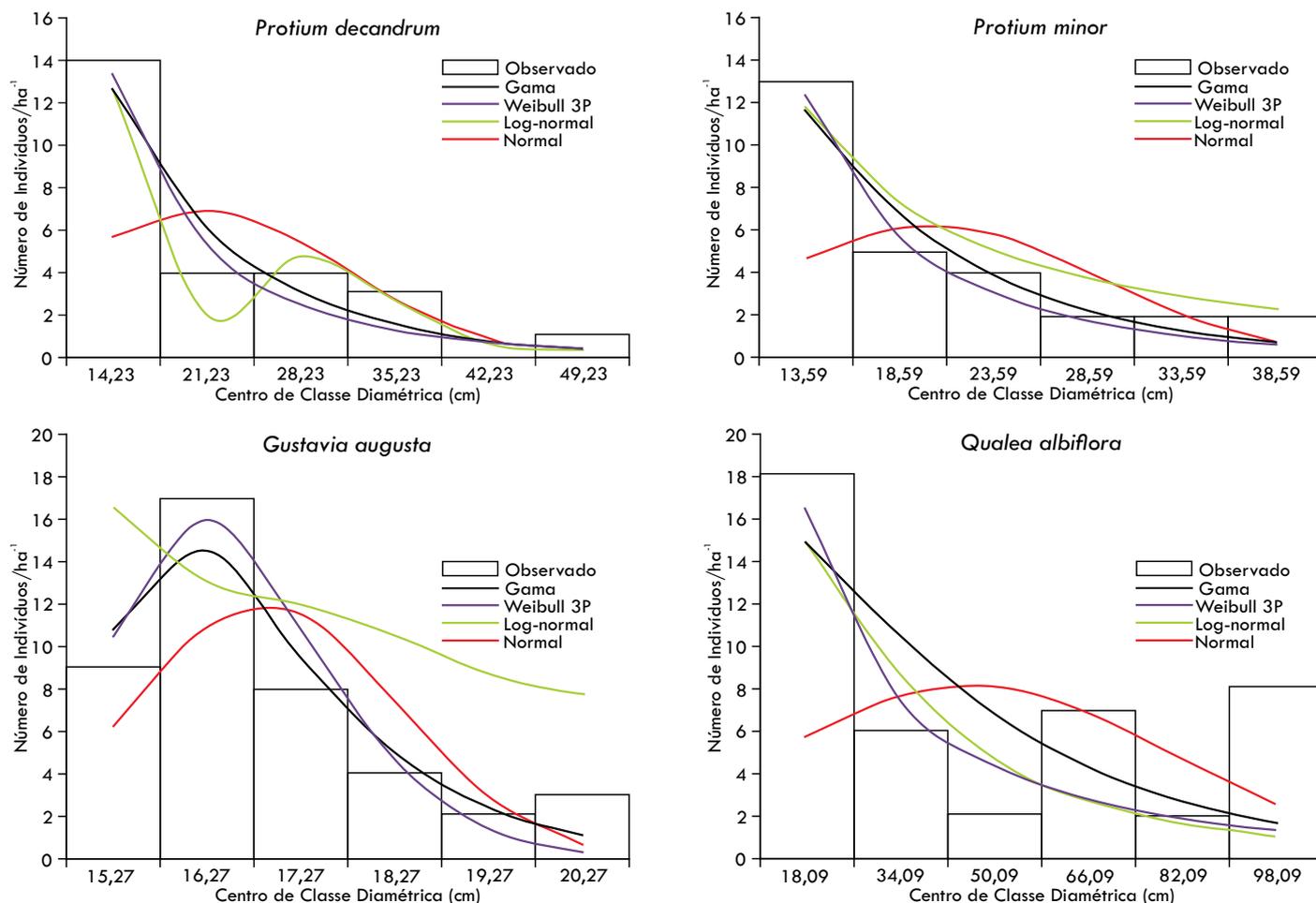


Figura 4. Distribuição diamétrica das quatro espécies com maior valor de importância (VI), com suas respectivas frequências observada e estimadas pelo ajuste das funções fdp's, da floresta de terra firme, Calçoene/AP. / **Figure 4.** Diametric distribution of the four species with highest importance value (IVI), with your respective frequencies observed and estimated by adjusting of the functions (PDF's) the upland forest, Calçoene/AP.

E a partir disto, tem-se o entendimento de que em distribuições diamétricas de florestas naturais, a abordagem dos dados no nível de espécie pode revelar aspectos interessantes para o manejo florestal, como deficiência estrutural em termos de crescimento diamétrico e irregularidade da distribuição das classes diamétricas. Nesses termos, a predição da estrutura diamétrica de forma precisa por meio dos ajustes de FDPs é a priori uma técnica que se faz necessário nos ambientes naturais, para que se tenha uma melhor representatividade da estrutura específica para cada espécie, em virtude disso, viabilizar estabelecimento de práticas de silvicultura e manejo florestal. Porém, vale frisar que uma função que se destaca como sendo a mais eficiente em um determinado ambiente, pode não se comportar de tal modo em outro.

4. Conclusões

Os resultados permitiram concluir que:

A distribuição diamétrica para a comunidade arbórea e para as espécies de maior IVI apresentaram padrão típico de distribuição para florestais naturais, com maior concentração de indivíduos nas classes de diâmetros iniciais, configurado uma curva do tipo decrescente.

A função Weibull 3P e Gamma foram aderentes no teste K-S aos dados das 4 espécies analisadas, sendo a primeira a mais indicada para descrever a distribuição diamétrica da referida floresta de terra firme, assim como, das espécies: *Protium decandrum*, *Pourouma mino* e *Qualea albiflora*, em razão de apresentar menores valores de EPE, gerando estimativas consistentes. A exceção foi *Gustavia augusta* que teve melhor ajuste pela função Gamma.

Dessa maneira, trabalhos como este devem ser realizados constantemente visando introduzir e avaliar a eficiência de outras funções densidade de probabilidade para a descrição da distribuição diamétrica de povoamentos em florestas inequidêneas.

5. Agradecimentos

A Embrapa/AP pelo apoio e ao Instituto Estadual de Florestas do Amapá na liberação da área para estudo, e por fim, ao CNPq pela concessão de bolsa por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade do Estado do Amapá (PIBIC-UEAP).

6. Referências Bibliográficas

- ABREU, J. C.; GUEDES, M. C.; GUEDES, A. C. L.; BATISTA, E. M. Estrutura e distribuição espacial de andirobeiras (*Carapa* spp.) em Floresta de Várzea do Estuário Amazônico. *Ciência Florestal*, v. 24, n. 4, p. 1007-1016, out.-dez., 2014.
- ALARCÓN, J. G. S.; PEIXOTO, A. L. Florística e fitossociologia de um trecho de um hectare de floresta de terra firme, em Caracarái, Roraima, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v. 2, p. 33-60, 2007.
- ALVES, L. F.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. *Biota Neotropical*, Campinas, v.6, p.1-26, 2006.
- AMAPÁ. Instituto Estadual de Florestas do Amapá. **Plano anual de outorga florestal 2010**. Macapá: 2009. 37 p.
- AMAPÁ. Instituto Estadual de Florestas do Amapá. **Plano anual de outorga florestal 2014**. Macapá, 2013. 46 p.
- BAILEY, R. L.; DELL, T. R. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science*, v.19, n.2, p.97-104, 1973.
- BARRA, O. S. V.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. A.; CORTE, A. P. D. Proposta metodológica para ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3P. *Revista Floresta*, v. 34, n. 3, p. 387-393, 2004.
- BATISTA, A. P. B.; APARÍCIO, W. C. S.; APARÍCIO, P. S.; SANTOS, V. S.; LIMA, R. B.; MELLO, J. M. Caracterização estrutural em uma floresta de terra firme no estado do Amapá, Brasil. *Pesq. flor. bras.*, v. 35, n. 81, p. 21-33, jan./mar. 2015.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 543p.
- CARIM, M. J. V.; GUILLAUMET, J. L. B.; GUIMARÃES, J. R. S.; TOSTES, C. L. Composição e Estrutura de Floresta Ombrófila Densa do extremo Norte do Estado do Amapá, Brasil. *Biota Amazônia*, Macapá, v. 3, n. 2, p. 1-10, 2013.
- CONDÉ, T. M.; TONINI, H. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 43, n. 3, p. 247-260, 2013.
- CUNHA, U. S. **Análise da estrutura diamétrica de uma floresta tropical úmida da Amazônia brasileira**. 1995. 134 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.
- CURTO, R. de A.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; ZACHOW, R.; NETTO, S. P. Caracterização da estrutura e desenvolvimento de modelos para quantificação do potencial madeireiro em povoamento não manejado de *Araucaria angustifolia*. *Pesq. flor. bras.*, Colombo, v. 34, n. 80, p. 00-00, out./dez. 2014.
- EBLING, A. A.; PELISSARI, A. L.; ABRÃO, S. F.; BAMBERG, R. Prognose da estrutura diamétrica de remanescente de floresta com Araucária utilizando a função densidade de probabilidade Weibull. *Revista Agroambiente*, v. 8, n. 1, p., janeiro-abril, 2014.
- FERREIRA, J. C. S. **Análise da estrutura diamétrica em povoamentos de florestas plantadas a partir de funções de densidade de probabilidade**. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- GOMES SOBRINHO, T. R.; SOTTA, E. D. Caracterização climatológica do módulo IV da floresta estadual do Amapá - FLOTA/AP: Dados preliminares. Macapá-AP, 5p.; 2011. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br/>>. Acessado em 20 de abr. 2013.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N. **Biometria Florestal**. Instituto nacional de pesquisas da Amazônia coordenação de pesquisas em silvicultura tropical laboratório de manejo florestal – IMF. Manaus-AM. 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, RJ – Brasil, 271p. 2012.
- INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS ESTADO DO AMAPÁ (IEPA). **Macrodiagnóstico do estado do Amapá, primeira aproximação do ZEE**. Amapá, 2008,139 p.
- LIMA, R. B. A.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, R. K. S. Fitossociologia de um trecho de floresta ombrófila densa na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uacari, Carauari, Amazonas. *Scientia Plena*, v. 8, n. 1, p.1-12, 2012.
- MACHADO, S. A.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; FIGURA, M. R.; SILVA, L. C. R.; MIGUEL, E. P.; TEO, 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, 2009a.
- MACHADO, S. A.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; TEO, S. J.; MIGUEL, E. P.; FIGURA, M. R.; SILVA, L. C. R. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. *Ciência Rural*, v. 39, n. 8, p. 2428-2434, 2009b.
- MACHADO, S. A.; BARTOSZECK, A. C. P.; FIGUEIREDO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da distribuição diamétrica de Bracatingais na região metropolitana de Curitiba. *Revista Árvore*, v. 30, n. 5, p. 759-768, 2006.
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO, A. F. **Dendrometria**. Curitiba; 2003. 309 p.
- MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E. Using the Weibull function for prognosis of yield by diameter class in *Eucalyptus urophylla* stands. *Cerne*, v. 16, n.1, p. 94-104, 2010.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 4ª edição, LTC Editora, Rio de Janeiro, 2009. 490 p.
- NASCIMENTO, R. G. M.; MACHADO, S. A.; FILHO, A. F.; HIGUCHI, N. Modelo de projeção por classe diamétrica para florestas nativas: enfoque na função probabilística de Weibull. *Pesq. flor. bras.*, v. 32, n. 70, p. 209-219, abr./jun. 2012.
- OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L.; NOBRE, A. D.; COUTO, L. B.; SADO, R. M. Composition and floristic diversity in one hectare of a upland forest dense in Central Amazonian, Amazonas, Brazil. *Biodiversity and Conservation* (in press). 2003.
- ORELLANA, E.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PÉLICO 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.
- PEREIRA, L. A.; PINTO SOBRINHO, F. de A.; COSTA NETO, S. V. da. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Rio Iratapuru, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. *Floresta*, v. 41, n. 1, p. 113-122, jan./mar. 2011.
- QUEIROZ, J. A. L.; MOCHIUTTI, S.; MACHADO, S. A. Distribuição diamétrica em floresta de várzea do braço Norte do rio Amazonas. *Revista de Ciências Agrárias*, n. 46, p.151-170, 2006.
- RABELO, B. V. (Coord). **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: primeira aproximação do ZEE**. 3. ed. Macapá: Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, Equipe Técnica do Programa Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Amapá, 2008. 139 p.
- 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, 2013.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de Regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2. Ed- Santa Maria: FACOS, 2009. 294p.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: Modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras, UFLA/FAEPE p.393, 2006.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 3ª Ed. Pearson Makron Books, 2006. 643p.
- TEO, S. J.; BIANCHI, J. C.; PELOSO, A.; NAVA, P. R.; MARCON, A.; EHLERS, T.; COSTA, R. H. Desempenho de funções de densidade probabilísticas para descrever a distribuição diamétrica de *Pinus taeda*, na Região de Caçador, SC. *Floresta*, v. 42, n. 4, p. 741 - 754, out./dez. 2012.
- UMAÑA, C. L. A.; ALENCAR, J. da Cruz. Distribuição diamétrica da floresta tropical úmida em uma área no município de Itacoatiara-AM. *Acta Amazonica*, v. 28, n. 2, p. 167-190, 1998.