

DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *ARAUCÁRIA ANGUSTIFOLIA* EM UM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO PARANÁ

Ana Beatriz SCHIKOWSKI¹
Ana Paula Marques MARTINS¹
Bruna Nascimento de Vasconcellos SCHIAVO¹
Mariana Bussolo STANG¹
Ana Paula Dalla CORTE¹
Sylvio PÉLLICO NETTO¹
Carlos Roberto SANQUETTA¹

- RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo estudar a adequação de diferentes modelos de distribuição probabilística na caracterização da estrutura diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em floresta natural, além de avaliar a dinâmica da estrutura diamétrica no período de 1995 a 2014. Os dados são oriundos de inventário contínuo de três parcelas permanentes com um hectare cada, localizadas no município de São João do Triunfo, Paraná. Para avaliar a distribuição diamétrica dessa espécie foram ajustadas diversas funções densidade de probabilidade, sendo a qualidade do ajuste verificada através do teste de Kolmogorov-Smirnov. A função SB Johnson foi a de melhor desempenho em todos os anos, mas com dificuldade na representação das classes de menores diâmetros. Em relação à dinâmica das distribuições avaliadas, a espécie apresentou uma distribuição decrescente no início do período avaliado, mas com tendência à alteração da distribuição com acentuação da assimetria positiva, sendo necessário um maior período de estudo para acompanhamento dessa dinâmica. Foi constatada diferença estatística entre as curvas no período estudado, corroborando a hipótese de evolução na distribuição diamétrica da *A. angustifolia*.
- PALAVRAS-CHAVE: Pinheiro-do-Paraná; distribuições probabilísticas; SB Johnson.

1 Introdução

A Floresta Ombrófila Mista (FOM), também conhecida como Floresta de Araucária, está inserida na área de domínio da Mata Atlântica, caracterizada principalmente pela

¹Universidade Federal do Paraná - UFPR, Campus III, Departamento de Ciências Florestais, CEP:80210-170, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: anabeatrizschik@gmail.com; anapaula_marquesm@yahoo.com.br; brunaslg@hotmail.com; mari_stang@hotmail.com; anapaulacorte@gmail.com; sylviopelliconetto@gmail.com; carlos_sanquetta@hotmail.com

presença de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, sendo ela a maior de todas as espécies arbóreas do sul do Brasil e, por sua grandiosidade e expressiva dominância, tornou-se símbolo do estado do Paraná (MAACK, 1968; LINDMANN, 1974).

A floresta de Araucária é um ecossistema muito particular do Brasil, pois abriga algumas das raras espécies de coníferas da América do Sul subtropical. Desse modo, a Araucária é a espécie mais destacada, sendo a única a formar um ecossistema próprio, cuja biota florestal é dominada por ela. O acompanhamento exploratório da Floresta Ombrófila Mista (FOM) evidenciou o processo exploratório da madeira de Araucária, que compõe um dos pilares econômicos de desenvolvimento do sul do País. A influência antrópica modificou e reduziu substancialmente a área de sua cobertura inicial no Brasil (TABARELI et al., 2013; PÉLLICO NETTO et al.; 2002).

A dominância da espécie é comprovada em diversos trabalhos encontrados na literatura, em que a *Araucaria angustifolia* é a espécie com Índice de Valor de Importância (IVI), com Índice de Valor de Cobertura (IVC), índices de abundância, dominância relativa e absoluta entre os mais expressivos na estrutura dos remanescentes estudados de Floresta Ombrófila Mista (LONGHI, 1980; NASCIMENTO et al., 2001; NEGRELLE; LEUCHTENBERGER, 2001; RONDON NETO et al., 2002; CORDEIRO; RODRIGUES, 2007; LANA, 2013).

Além da dominância fitossociológica em relação às demais espécies arbóreas, a *A. angustifolia* também apresenta alto valor econômico e sua exploração intensificou-se em meados da década de 1930 (MATTOS et al., 2010), o que resultou em expressiva redução das reservas naturais da Floresta Ombrófila Mista (NASCIMENTO et al., 2001).

Desse modo, recuperar, conservar, preservar e utilizar de forma sustentável os recursos da Floresta Ombrófila Mista, especialmente da *A. angustifolia*, constituem grande desafio, para o qual apenas a legislação não é suficiente (SCHAAF, et al., 2006). É necessário também conhecer a dinâmica e o potencial da floresta por meio do levantamento das estruturas horizontais, verticais e dos mais relevantes estimadores paramétricos que a caracterizam, bem como de suas características auto-etológicas. Nesse âmbito, a distribuição diamétrica é de particular importância no levantamento da estrutura horizontal de uma floresta, pois permite caracterizar uma tipologia florestal e, também, é um potente indicador do estoque em crescimento das florestas (MACHADO et al., 2009).

Estudos realizados sobre a distribuição diamétrica da *A. angustifolia* em florestas naturais revelam que a espécie pode apresentar distribuições bastante distintas, apresentando desde as decrescentes em forma de “J invertido” (LONGHI, 1980; PIZATTO, 1999; DURIGAN, 1999; SCHAAF et al., 2006), unimodais, tanto em florestas primárias quando em florestas secundárias (MACHADO et al., 1998), e também distribuições com bimodalidade (EBLING et al., 2013; ORELLANA et al., 2014).

Uma importante ferramenta utilizada para descrever a estrutura diamétrica de populações florestais são as funções densidade de probabilidade (fdp). Essas distribuições permitem obter a probabilidade de ocorrência das árvores dentro de intervalos diamétricos previamente delimitados (SCOLFORO, 2006). Além de possibilitar a descrição das alterações na estrutura do povoamento, nas relações hipsométricas e nas taxas de mortalidade, todas essas características podem ser analisadas simultaneamente em intervalos de tempo (AUSTREGÉSILO et al., 2004).

Dentre as diversas fdp's utilizadas no meio florestal, destacam-se a Weibull, Gama, Beta, SB Johnson, Exponencial, Lognormal e a Normal. Para estimar os parâmetros

dessas funções densidade de probabilidade, existem diferentes métodos, destacando-se o da máxima verossimilhança, o dos momentos e o dos percentis (SCOLFORO, 1998).

Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo estudar a adequação de diferentes modelos de distribuição probabilística na caracterização da estrutura diamétrica da espécie *Araucaria angustifolia* na Floresta Ombrófila Mista, assim como avaliar a dinâmica da estrutura diamétrica da espécie ao longo de 19 anos.

2 Material e métodos

2.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo está localizada no município de São João do Triunfo, região Centro-Sul do estado do Paraná. A altitude é de 780 m e as coordenadas geográficas de latitude Sul são 25° 34' 18" e longitude Oeste de 50° 05' 56" (PIZATTO, 1999).

O clima da região é classificado como Cfb segundo Köppen, temperado sempre úmido. A temperatura média anual em torno de 17 a 18° C (IAPAR, 2014). A umidade relativa anual varia de 75 a 85%, a evapotranspiração média anual é de 800 a 900 mm, a média do trimestre mais chuvoso (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) fica em torno de 400 a 500 mm e a do trimestre mais seco (Junho, Julho e Agosto) é de 250 a 350 mm (IAPAR, 2014).

Segundo Lana (2013) os solos dessa região compõem-se de associações de argissolos vermelho-amarelo, cambissolos háplicos tb distróficos e latossolos vermelhos distróficos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

A vegetação da área de estudo integra um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. A composição florística dessa tipologia florestal é caracterizada pela associação da *Araucaria angustifolia* com grupos diferenciados de espécies, como, por exemplo, a *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso (imbuia) e diversas espécies de canelas (Família Lauraceae), *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (erva-mate) e várias espécies da Família Myrtaceae.

2.2 Obtenção dos dados

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes de inventário contínuo em parcelas permanentes, com medições anuais entre o período de 1995 e 2014, incluindo os indivíduos com diâmetro à altura do peito (dap), obtido a 1,3 m do solo, igual ou superior a 10 cm, bem como observada a dinâmica de mortalidade e recrutamento no período. Foram utilizadas três parcelas com um hectare cada. Para a presente pesquisa, foram utilizados apenas os dados referentes a espécie *Araucaria angustifolia* presentes nas parcelas.

2.3 Estatísticas descritivas das distribuições observadas

As medidas de assimetria e curtose caracterizam a forma e a evolução das curvas da distribuição. A assimetria representa o grau de desvio da curva em comparação à curva

Normal, portanto uma distribuição será assimétrica quando a média, moda e mediana recaírem em pontos diferentes (COSTA NETO, 2002; MACHADO et al., 2006).

As medidas de assimetria podem ser positivas, se as distribuições apresentam suas modas deslocadas para a esquerda; negativas, se suas modas se apresentam deslocadas para a direita; ou aproximadamente nula no caso de normalidade (PEREIRA; TANAKA, 1990; COSTA NETO, 2002). Quando, em módulo, o coeficiente de assimetria for menor que 0,15, a distribuição é considerada simétrica. Se entre 0,15 e 1, a assimetria é considerada moderada e quando superior a 1 considerada forte (COSTA NETO, 2002; MACHADO et al., 2006).

A curtose refere-se ao grau de achatamento ou elevação da curva em relação à distribuição normal. A curva é considerada leptocúrtica quando o coeficiente de curtose for inferior a 0,263, ou seja, a curva apresenta pico mais elevado que a distribuição Normal, Platicúrtica quando superior a 0,263, se apresentando mais achatada que a distribuição Normal e mesocúrtica quando igual a 0,263 (CRESPO, 1998; PEREIRA; TANAKA, 1990, MACHADO et al., 2006).

2.4 Ajuste e análise das funções densidade de probabilidade

Os ajustes foram realizados com o uso do *software* EasyFit, sendo analisadas as funções SB Johnson, Beta, Weibull, Gama, Dagum, Logística, Normal e Lognormal 3P (Tabela 1). O programa estima os parâmetros das funções contínuas por meio dos métodos dos momentos e máxima verossimilhança, dependendo da característica da função (MATHWAVE, 2015).

Para testar a aderência da função aos dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) ao nível de 95% de probabilidade, caracterizado pela diferença máxima absoluta entre a frequência observada acumulada e a frequência esperada acumulada. Se D_{cal} for menor que o limite tabelado, se aceita o ajuste, indicando que as projeções geraram estimativas condizentes com a realidade, ou seja, houve aderência das funções testadas às distribuições reais.

Após a escolha da função de melhor ajuste, e no sentido de comparar as curvas, ou seja, saber se existe diferença significativa entre elas, foi aplicado o teste estatístico de Qui-quadrado (χ^2). O χ^2 foi obtido pela expressão:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(f_{ij} - f_{ik})^2}{f_{ik}},$$

em que:

f_{ij} = probabilidade da frequência calculada na classe i no ano j ;

f_{ik} = probabilidade da frequência calculada na classe i no ano k ;

n = número de classes.

O teste foi aplicado para todas as combinações dos anos analisados, sendo sua significância verificada a 95% de probabilidade. As classes que apresentaram frequências absolutas inferiores a 5 foram agrupadas em classes subsequentes, conforme também realizado por Machado et al. (2006).

Tabela 1 - Funções densidade de probabilidade ajustada para descrever a distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* localizadas em fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Paraná

Nome	Funções Densidade de Probabilidade (fdp)	Restrições
Beta	$f(x) = \frac{1}{B(\alpha_1, \alpha_2)} \frac{(x-a)^{\alpha_1-1} (b-x)^{\alpha_2-1}}{(b-a)^{\alpha_1+\alpha_2-1}}$	$\alpha_1 > 0$ $\alpha_2 > 0$ $a < b$ $a \leq x \leq b$
Dagum	$f(x) = \frac{\alpha k \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha k-1}}{\beta \left(1 + \left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right)^{k+1}}$	$k > 0$ $\alpha > 0$ $\beta > 0$
Gama	$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} e^{-x/\beta}$	$\alpha > 0$ $\beta > 0$
Logística	$f(x) = \frac{e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)}}{\sigma \left(1 + e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)}\right)^2}$	$\sigma > 0$
Lognormal 3P	$f(x) = \frac{e^{-\left(\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x-\gamma)-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}}{(x-\gamma)\sigma\sqrt{2\pi}}$	$\sigma > 0$ $\gamma < x < +\infty$
Normal	$f(x) = \frac{e^{-\left(\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$	$\sigma > 0$
SB Johnson	$f(x) = \frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi} \left(\frac{x-\xi}{\lambda}\right) \left(1 - \left(\frac{x-\xi}{\lambda}\right)\right)} e^{-\left(\frac{1}{2} \left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{\left(\frac{x-\xi}{\lambda}\right)}{1 - \left(\frac{x-\xi}{\lambda}\right)}\right)\right)^2\right)}$	$\delta > 0$ $\lambda > 0$ $\xi \leq x$ $\leq \xi + \lambda$
Weibull	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$	$\alpha > 0$ $\beta > 0$ $\gamma \leq x \leq +\infty$

Em que: f(x) – função a ser ajustada; x – diâmetro à altura do peito; e – constante de Euler; Ln – Logaritmo natural; π – Número pi; B – Função Beta; Γ – Função Gama; $\alpha_1, \alpha_2, a, b, k, \beta, \sigma, \mu, \gamma, \delta, \xi, \lambda$ – Parâmetros a serem estimados.

3 Resultados e discussão

Como o enfoque deste estudo foi analisar a dinâmica da distribuição diamétrica apenas da espécie *Araucaria angustifolia* presente na área de estudo, a caracterização da floresta como um todo foi realizada utilizando as informações obtidas por Lana (2013) que realizou o estudo sobre a dinâmica e prognose do crescimento dos anos de 1995 a 2011 nas parcelas analisadas neste trabalho. Nessa área, as famílias que apresentaram maior riqueza foram Lauraceae e Myrtaceae o que demonstra o quanto elas desempenham um papel muito importante na composição florística dessa tipologia florestal; Os gêneros *Ilex* e *Ocotea* foram os mais representativos, com quatro espécies cada.

Os valores referentes à estrutura horizontal da Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, descritos por Lana (2013), estão apresentados na Tabela 2 e 3, ordenados de forma decrescente pelo Valor de Importância.

Tabela 2 - Estrutura horizontal para o fragmento de floresta ombrófila mista no ano de 1995, em São João do Triunfo – Paraná

Nome científico	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VC	VI
<i>Araucaria angustifolia</i>	158,50	23,77	16,60	45,54	71,30	17,30	34,70	28,90
<i>Nectandra grandiflora</i>	59,00	8,86	1,40	3,76	31,80	7,70	6,30	6,80
<i>Matayba elaeagnoides</i>	34,10	5,12	2,40	6,45	19,80	4,80	5,80	5,40
<i>Ilex paraguariensis</i>	36,70	5,50	0,60	1,63	22,30	5,40	3,60	4,20
<i>Ocotea puberula</i>	18,60	2,79	1,90	5,17	10,90	2,60	4,00	3,50
<i>Ocotea porosa</i>	11,70	1,76	2,40	6,51	8,60	2,10	4,10	3,40
<i>Capsicodendron dinisii</i>	26,10	3,91	1,10	3,10	13,80	3,30	3,50	3,40
<i>Lithraea brasiliensis</i>	22,30	3,35	0,80	2,06	13,20	3,20	2,70	2,90
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	21,20	3,18	0,70	2,01	13,20	3,20	2,60	2,80
<i>NI</i>	14,60	2,19	0,90	2,35	12,60	3,00	2,30	2,50
<i>Casearia decandra</i>	19,50	2,92	0,40	1,06	14,90	3,60	2,00	2,50
<i>Myrsine ferrugínea</i>	17,80	2,67	0,40	0,96	13,50	3,30	1,80	2,30
<i>Ilex brevicuspis</i>	13,50	2,02	0,80	2,20	9,50	2,30	2,10	2,20
<i>Prunus brasiliensis</i>	14,90	2,24	0,40	1,03	11,50	2,80	1,60	2,00
<i>Styrax leprosus</i>	14,90	2,24	0,30	0,91	6,60	1,60	1,60	1,60
<i>Cinnamomum vesiculosum</i>	9,70	1,46	0,40	1,06	8,30	2,00	1,30	1,50
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	12,60	1,89	0,20	0,48	8,60	2,10	1,20	1,50
<i>Symplocos sp.</i>	10,30	1,55	0,20	0,42	7,40	1,80	1,00	1,30
<i>Ilex theezans</i>	7,40	1,12	0,30	0,96	6,60	1,60	1,00	1,20
<i>Myrtaceae NI</i>	10,60	1,59	0,20	0,54	4,90	1,20	1,10	1,10
<i>Cinnamomum sellowianum</i>	6,60	0,99	0,40	0,98	4,60	1,10	1,00	1,00
<i>Nectandra sp.</i>	4,60	0,69	0,40	1,11	4,30	1,00	0,90	0,90
<i>Luehea divaricata</i>	3,70	0,56	0,50	1,37	3,40	0,80	1,00	0,90
<i>Myrcia sp.</i>	8,30	1,25	0,10	0,30	4,90	1,20	0,80	0,90
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	7,40	1,12	0,10	0,35	4,00	1,00	0,70	0,80
<i>Schinus terebinthifolius</i>	6,30	0,95	0,10	0,31	4,60	1,10	0,60	0,80
<i>Jacaranda puberula</i>	5,20	0,77	0,10	0,39	4,90	1,20	0,60	0,80
<i>Sapium glandulatum</i>	5,20	0,77	0,10	0,25	5,20	1,20	0,50	0,80
<i>Mimosa scabrella</i>	7,70	1,16	0,10	0,33	3,20	0,80	0,70	0,80
<i>Gochnatia polymorpha</i>	4,00	0,60	0,30	0,75	3,20	0,80	0,70	0,70
<i>Cedrela fissilis</i>	4,30	0,64	0,20	0,66	3,20	0,80	0,70	0,70
<i>Allophylus edulis</i>	4,00	0,60	0,20	0,44	4,00	1,00	0,50	0,70
<i>Clethra scabra</i>	5,40	0,82	0,10	0,25	2,90	0,70	0,50	0,60
<i>Allophylus edulis</i>	4,00	0,60	0,20	0,44	4,00	1,00	0,50	0,70
<i>Clethra scabra</i>	5,40	0,82	0,10	0,25	2,90	0,70	0,50	0,60
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	3,70	0,56	0,10	0,23	3,70	0,90	0,40	0,60

Continua ...

Tabela 2 (Continuação) - Estrutura horizontal para o fragmento de floresta ombrófila mista no ano de 1995, em São João do Triunfo – Paraná

Nome científico	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VC	VI
<i>Cupania vernalis</i>	3,70	0,56	0,10	0,17	3,70	0,90	0,40	0,50
<i>Myrcia palustres</i>	3,70	0,56	0,10	0,16	2,60	0,60	0,40	0,40
<i>Eugenia uniflora</i>	3,40	0,52	0,00	0,09	2,90	0,70	0,30	0,40
<i>Sloanea lasiocoma</i>	1,40	0,21	0,30	0,72	1,40	0,30	0,50	0,40
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	3,20	0,47	0,00	0,13	2,30	0,60	0,30	0,40
<i>Drimys brasiliensis</i>	2,90	0,43	0,10	0,15	2,30	0,60	0,30	0,40
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	2,90	0,43	0,10	0,15	2,30	0,60	0,30	0,40
<i>Machaerium stipitatum</i>	2,60	0,39	0,00	0,09	2,60	0,60	0,20	0,40
<i>Ocotea sp.</i>	1,70	0,26	0,20	0,54	1,10	0,30	0,40	0,40
<i>Myrcia rostrata</i>	2,60	0,39	0,00	0,09	2,00	0,50	0,20	0,30
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	2,00	0,30	0,00	0,13	2,00	0,50	0,20	0,30
<i>Myrsine umbellata</i>	2,60	0,39	0,00	0,12	1,40	0,30	0,30	0,30
<i>Eugenia involucrata</i>	1,70	0,26	0,10	0,16	1,70	0,40	0,20	0,30
<i>Hovenia dulcis</i>	1,70	0,26	0,00	0,12	1,70	0,40	0,20	0,30
<i>Nectandra megapotamica</i>	1,40	0,21	0,10	0,29	1,10	0,30	0,30	0,30
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	1,70	0,26	0,00	0,11	1,70	0,40	0,20	0,30
<i>Erythroxylum deciduum</i>	1,70	0,26	0,00	0,10	1,70	0,40	0,20	0,30
<i>NI (embira-do-mato)</i>	1,70	0,26	0,00	0,10	1,40	0,30	0,20	0,20
<i>Vernonia discolor</i>	1,40	0,21	0,00	0,06	1,40	0,30	0,10	0,20
<i>Inga sp.</i>	1,10	0,17	0,00	0,11	1,10	0,30	0,10	0,20
<i>Symplocos celastrinea</i>	1,40	0,21	0,00	0,07	0,90	0,20	0,10	0,20
<i>Piptocarpha axillaris</i>	1,10	0,17	0,00	0,04	1,10	0,30	0,10	0,20
<i>Psidium sp.</i>	0,90	0,13	0,00	0,06	0,90	0,20	0,10	0,10
<i>Calypttranthes sp.</i>	0,90	0,13	0,00	0,05	0,90	0,20	0,10	0,10
<i>Ilex dumosa</i>	0,90	0,13	0,00	0,05	0,90	0,20	0,10	0,10
<i>Persea major</i>	0,90	0,13	0,00	0,02	0,90	0,20	0,10	0,10
<i>Solanum sanctaecatharinae</i>	0,60	0,09	0,00	0,03	0,60	0,10	0,10	0,10
<i>Annona sp.</i>	0,60	0,09	0,00	0,02	0,60	0,10	0,10	0,10
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	0,60	0,09	0,00	0,02	0,60	0,10	0,10	0,10
<i>Maytenus ilicifolia</i>	0,60	0,09	0,00	0,01	0,60	0,10	0,10	0,10
<i>Allophylus guaraniticus</i>	0,60	0,09	0,00	0,01	0,60	0,10	0,00	0,10
<i>Lonchocarpus sp.</i>	0,60	0,09	0,00	0,04	0,30	0,10	0,10	0,10
<i>Vitex megapotamica</i>	0,30	0,04	0,00	0,04	0,30	0,10	0,00	0,10
<i>Solanum erianthum</i>	0,30	0,04	0,00	0,01	0,30	0,10	0,00	0,00
<i>Eriobotrya japonica</i>	0,30	0,04	0,00	0,01	0,30	0,10	0,00	0,00
<i>Ocotea pulchella</i>	0,30	0,04	0,00	0,01	0,30	0,10	0,00	0,00
TOTAL	666,00	100,00	36,50	100,00	413,50	100,00	100,00	100,00

NOTA: DA = Densidade absoluta (indivíduos/ha); DR = Densidade Relativa (%); DoA = Dominância Absoluta (m²/ha); DoR = Dominância Relativa (%); FA = Frequência Absoluta (%); FR = Frequência Relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) dividido por 2; VI = Valor de Importância (%) dividido por 3.

Tabela 3 - Estrutura horizontal para o fragmento de floresta ombrófila mista no ano de 2011 em São João do Triunfo – Paraná

Nome científico	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VC	VI
<i>Araucaria angustifolia</i>	160,90	20,58	20,14	48,30	71,40	15,30	34,40	28,10
<i>Nectandra grandiflora</i>	104,90	13,41	2,47	5,94	48,00	10,30	9,70	9,90
<i>Matayba elaeagnoides</i>	37,70	4,82	2,44	5,84	22,30	4,80	5,30	5,10
<i>Ilex paraguariensis</i>	48,00	6,14	0,87	2,09	24,60	5,30	4,10	4,50
<i>Ocotea porosa</i>	12,30	1,57	2,62	6,28	8,90	1,90	3,90	3,30
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	30,30	3,87	0,43	1,04	18,60	4,00	2,50	3,00
<i>Cinnamomum vesiculosum</i>	28,30	3,62	0,71	1,70	16,30	3,50	2,70	2,90
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	22,90	2,92	0,94	2,26	15,10	3,20	2,60	2,80
NI	20,30	2,60	0,84	2,01	16,90	3,60	2,30	2,70
<i>Prunus brasiliensis</i>	21,70	2,78	0,72	1,72	14,60	3,10	2,30	2,50
<i>Capsicodendron dinisii</i>	20,00	2,56	0,97	2,31	12,30	2,60	2,40	2,50
<i>Casearia decandra</i>	19,40	2,49	0,46	1,11	15,40	3,30	1,80	2,30
<i>Ocotea puberula</i>	16,00	2,05	1,07	2,56	10,30	2,20	2,30	2,30
<i>Lithraea brasiliensis</i>	16,30	2,08	0,58	1,40	10,60	2,30	1,70	1,90
<i>Styrax leprosus</i>	17,10	2,19	0,53	1,26	8,60	1,80	1,70	1,80
<i>Myrsine ferruginea</i>	14,60	1,86	0,30	0,73	8,00	1,70	1,30	1,40
<i>Cedrela fissilis</i>	10,00	1,28	0,49	1,18	8,30	1,80	1,20	1,40
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	12,30	1,57	0,21	0,51	7,40	1,60	1,00	1,20
<i>Cinnamomum sellowianum</i>	10,90	1,39	0,34	0,81	6,60	1,40	1,10	1,20
<i>Clethra scabra</i>	10,90	1,39	0,20	0,49	5,70	1,20	0,90	1,00
Myrtaceae NI	10,00	1,28	0,23	0,55	5,10	1,10	0,90	1,00
<i>Luehea divaricata</i>	4,30	0,55	0,58	1,40	4,00	0,90	1,00	0,90
<i>Eugenia uniflora</i>	10,30	1,32	0,13	0,31	5,40	1,20	0,80	0,90
<i>Cupania vernalis</i>	7,40	0,95	0,13	0,32	6,60	1,40	0,60	0,90
<i>Myrcia sp.</i>	9,10	1,17	0,14	0,34	4,90	1,00	0,80	0,80
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	7,10	0,91	0,14	0,35	5,40	1,20	0,60	0,80
<i>Jacaranda puberula</i>	6,30	0,80	0,19	0,46	5,10	1,10	0,60	0,80
<i>Sapium glandulatum</i>	6,00	0,77	0,12	0,30	6,00	1,30	0,50	0,80
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	5,40	0,69	0,20	0,48	4,60	1,00	0,60	0,70
<i>Ilex theezans</i>	5,40	0,69	0,20	0,48	4,30	0,90	0,60	0,70
<i>Allophylus edulis</i>	5,10	0,66	0,11	0,27	5,10	1,10	0,50	0,70
<i>Sloanea lasiocoma</i>	3,70	0,48	0,33	0,79	3,10	0,70	0,60	0,60
<i>Machaerium stipitatum</i>	3,70	0,48	0,06	0,15	3,70	0,80	0,30	0,50
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	3,10	0,40	0,15	0,35	2,90	0,60	0,40	0,50
<i>Gochnatia polymorpha</i>	3,70	0,48	0,09	0,21	3,10	0,70	0,30	0,50
<i>Hovenia dulcis</i>	3,10	0,40	0,13	0,31	2,90	0,60	0,40	0,40

Continua...

Tabela 4 - (Continuação) - Estrutura horizontal para o fragmento de floresta ombrófila mista no ano de 2011 em São João do Triunfo – Paraná.

Nome científico	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VC	VI
<i>Ocotea sp.</i>	2,30	0,29	0,25	0,60	1,70	0,40	0,40	0,40
<i>Myrcia palustres</i>	3,70	0,48	0,07	0,17	2,60	0,60	0,30	0,40
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	3,70	0,48	0,07	0,16	2,60	0,60	0,30	0,40
<i>Myrsine umbellata</i>	3,40	0,44	0,07	0,16	2,30	0,50	0,30	0,40
<i>Eugenia involucrata</i>	2,60	0,33	0,08	0,18	2,60	0,60	0,30	0,40
<i>Myrcia rostrata</i>	3,10	0,40	0,05	0,11	2,30	0,50	0,30	0,30
<i>Erythroxylum deciduum</i>	2,30	0,29	0,05	0,11	2,30	0,50	0,20	0,30
<i>Nectandra megapotamica</i>	1,70	0,22	0,14	0,33	1,40	0,30	0,30	0,30
<i>Drimys brasiliensis</i>	2,30	0,29	0,03	0,08	2,00	0,40	0,20	0,30
<i>Vernonia discolor</i>	2,30	0,29	0,06	0,13	1,70	0,40	0,20	0,30
<i>Schinus terebinthifolius</i>	2,00	0,26	0,02	0,05	2,00	0,40	0,20	0,20
<i>Nectandra sp.</i>	1,70	0,22	0,05	0,13	1,70	0,40	0,20	0,20
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	1,70	0,22	0,04	0,09	1,70	0,40	0,20	0,20
<i>Calypttranthes sp.</i>	1,70	0,22	0,03	0,07	1,70	0,40	0,10	0,20
<i>Persea major</i>	1,70	0,22	0,03	0,07	1,70	0,40	0,10	0,20
<i>Solanum sanctaecatharinae</i>	1,40	0,18	0,04	0,08	1,40	0,30	0,10	0,20
<i>Symplocos sp.</i>	1,10	0,15	0,06	0,14	1,10	0,20	0,10	0,20
<i>Ilex brevicuspis</i>	1,70	0,22	0,02	0,05	1,10	0,20	0,10	0,20
<i>Piptocarpha axillaris</i>	1,10	0,15	0,04	0,08	1,10	0,20	0,10	0,20
<i>Lithraea molleoides</i>	1,40	0,18	0,02	0,04	1,10	0,20	0,10	0,20
<i>Ilex dumosa</i>	1,10	0,15	0,02	0,05	1,10	0,20	0,10	0,10
<i>Annona sp.</i>	1,10	0,15	0,02	0,04	1,10	0,20	0,10	0,10
<i>Casearia obliqua</i>	1,10	0,15	0,01	0,03	1,10	0,20	0,10	0,10
<i>Symplocos celastrinea</i>	1,10	0,15	0,03	0,07	0,90	0,20	0,10	0,10
<i>Maytenus ilicifolia</i>	1,10	0,15	0,01	0,03	0,90	0,20	0,10	0,10
<i>Allophylus guaraniticus</i>	0,90	0,11	0,01	0,03	0,90	0,20	0,10	0,10
<i>Psidium sp.</i>	0,60	0,07	0,02	0,06	0,60	0,10	0,10	0,10
<i>Vitex megapotamica</i>	0,60	0,07	0,02	0,05	0,60	0,10	0,10	0,10
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	0,60	0,07	0,01	0,02	0,60	0,10	0,00	0,10
<i>Lonchocarpus sp.</i>	0,60	0,07	0,02	0,05	0,30	0,10	0,10	0,10
<i>Mimosa scabrella</i>	0,30	0,04	0,03	0,06	0,30	0,10	0,00	0,10
<i>Inga sp.</i>	0,30	0,04	0,02	0,05	0,30	0,10	0,00	0,00
<i>Solanum erianthum</i>	0,30	0,04	0,00	0,01	0,30	0,10	0,00	0,00
<i>Ocotea pulchella</i>	0,30	0,04	0,00	0,01	0,30	0,10	0,00	0,00
TOTAL	781,70	100,00	41,70	100,00	467,40	100,00	100,00	100,00

NOTA: DA = Densidade absoluta (indivíduos/ha); DR = Densidade Relativa (%); DoA = Dominância Absoluta (m²/ha); DoR = Dominância Relativa (%); FA = Frequência Absoluta (%); FR = Frequência Relativa (%); VC = Valor de Cobertura (%) dividido por 2; VI = Valor de Importância (%) dividido por 3.

As espécies com maior ocorrência nos anos de 1995 e 2011 foram *Araucaria angustifolia*, *Nectandra grandiflora* e *Ilex paraguariensis*, que apresentaram em média 160, 82 e 42 indivíduos.ha⁻¹, respectivamente. Ainda para os anos de 1995 a 2011, a

A. angustifolia manteve-se, tanto no primeiro quanto no último ano de análise, como a espécie de maior Valor de Importância, o que ressalta a importância deste estudo.

Ainda, de acordo com os resultados obtidos por Lana (2013), a distribuição diamétrica na área, considerando todas as espécies, apresenta comportamento decrescente, característico das florestas multiâneas e mistas. A taxa de recrutamento média foi superior à taxa de mortalidade nesse fragmento. O ritmo de crescimento da floresta e de cada espécie se altera, mantendo um aumento gradual, apogeu e logo após senescência, mesmo quando se observa as mesmas classes de diâmetro no decorrer dos anos. A mesma autora conclui que a distribuição diamétrica da floresta como um todo se apresentou decrescente, demonstrando boa regeneração, assim como número cada vez maior de árvores nas classes superiores, confirmando que o fragmento está em processo de recuperação e revelando que, mesmo com as explorações sofridas no passado, a floresta está se desenvolvendo e convergindo para suas características originais.

A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas da variável diâmetro de *A. angustifolia* entre o período de 1995 e 2014. A partir da análise de algumas delas é possível constatar que os indivíduos da espécie encontram-se em crescimento, pois, ao observar a média dos diâmetros, percebe-se um aumento dos valores no decorrer do tempo, apesar de o número de árvores diminuir, evidenciando que os indivíduos mensurados em 2014, apesar de seu menor número, apresentam maiores dimensões. As estatísticas de dispersão apresentam valores altos, o que já era esperado por se tratar de indivíduos multiâneos.

Tabela 4 - Estatística descritiva dos diâmetros para os anos de referência no estudo

Estatística	Ano				
	1995	2000	2005	2010	2014
Frequência (ind.3ha ⁻¹)	432,00	437,00	431,00	428,00	424,00
Média (cm)	33,70	34,40	35,90	36,80	37,80
Mínimo (cm)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Máximo (cm)	105,00	105,80	105,40	107,90	108,70
Amplitude (cm)	95,00	95,80	95,40	97,90	98,70
Q1 (cm)	19,50	20,40	21,50	22,90	23,60
Mediana (cm)	31,50	32,30	34,10	35,10	36,00
Q3 (cm)	44,90	45,60	47,20	48,40	49,90
Inter quartil (cm)	25,40	25,20	12,60	25,50	26,30
Desvio Padrão (cm)	16,60	17,10	17,50	17,90	18,10
Variância (cm ²)	277,10	291,40	306,10	321,00	326,10
Coefficiente de Variação (%)	49,39	49,56	48,74	48,66	47,80
Erro Padrão (cm)	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Assimetria	0,69	0,67	0,62	0,61	0,59
Curtose	0,22	0,15	0,04	0,06	0,05

Quanto às estatísticas de descrição da forma da curva, em todos os anos apresentaram assimetria positiva, sendo consideradas moderadas dado que o coeficiente de assimetria de Pearson encontra-se no intervalo entre 0,15 e 1. No que diz respeito à

curtose, em todos os anos revelou-se a forma leptocúrtica, mais afilada, em que a distribuição apresenta pico relativamente alto e o coeficiente de curtose é inferior a 0,263 (PEREIRA; TANAKA, 1990; COSTA NETO, 2002; MACHADO et al., 2006).

Observa-se a redução no número de indivíduos no decorrer dos anos e, conforme evidenciado na Figura 1, essa diminuição é maior nas classes de menor diâmetro, parte em virtude do avanço a classes de diâmetro superiores, parte devida à mortalidade, conforme já relatado por Lana (2013) e Lana et al. (2015). Em 1995 a distribuição apresenta a forma clássica de “J-invertido”, característica essa típica de florestas naturais, tendo já sido constatada para a distribuição diamétrica de *A. angustifolia* em floresta natural por diversos autores (LONGHI, 1980; PIZZATO, 1999; DURIGAN, 1999; SCHAAF et al., 2006; LANA, 2013), concentrando cerca de 25 % dos indivíduos amostrados na primeira classe diamétrica (14,8 cm). Porém, no ano de 2014 observa-se a diminuição da frequência de indivíduos na classe de menor diâmetro, sendo que este valor de 25 % em 1995 cai para 18,9 % das árvores; isto evidencia a tendência de mudança na distribuição da população para uma distribuição unimodal com assimetria positiva em que as classes de maior frequência se deslocam para a direita, de modo que em 1995 a quinta classe (52,8 cm) representava 9,5 % dos indivíduos passando para 14,6 % em 2014. Portanto, para as classes consecutivas às de menor diâmetro, demandará maior período de acompanhamento para confirmação dessa tendência.

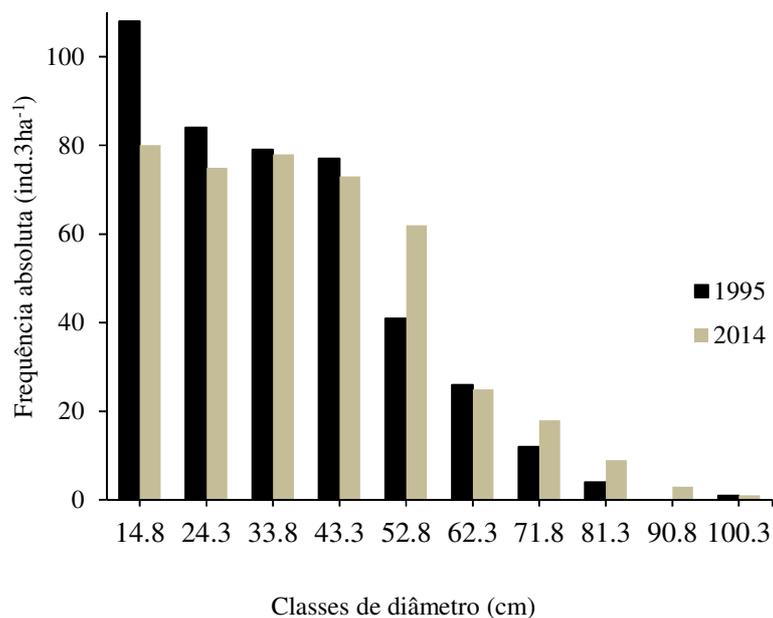


Figura 1 - Frequência relativa em função da classe diamétrica para os anos de 1995 e 2014.

A tendência de diminuição do número de indivíduos nas classes de menor diâmetro pode ser explicada pelo fato da *A. angustifolia* ser uma espécie pouco tolerante à sombra, especialmente na fase juvenil, apresentando regeneração fraca em ambientes pouco perturbados; esse fato pode justificar o manejo racional da floresta como uma tática para perpetuar certas espécies em seu habitat, que precisam de luz para a germinação e desenvolvimento (CARVALHO, 2003; SANQUETTA; MATTEI, 2006). Esse resultado contradiz Schaaf et al. (2006), que ao analisar um fragmento de Floresta Ombrófila Mista de 1979 a 2000, constatou que a *A. angustifolia* não só manteve sua participação em número de indivíduos na floresta como também aumentou.

Machado et al. (2009), estudando a distribuição de diâmetros de *Araucaria angustifolia* em um fragmento urbano de Floresta Ombrófila Mista em Curitiba (PR), reportaram as distribuições com diferentes amplitudes diamétricas como curvas simétricas e platicúrticas. Machado et al. (1998) ao analisar a distribuição diamétrica de *A. angustifolia* em florestas primárias e secundárias de Santa Catarina, tendo como diâmetro mínimo de inventário 20 cm, verificou que a floresta primária apresentou característica unimodal com pequeno grau de assimetria, mas consideraram os resultados para a floresta secundária pouco consistentes, devido à falta de informação sobre o grau de intervenção que ela sofreu.

A análise de dispersão interquartil (Q3-Q1) revela que no ano de 1995, 50% dos indivíduos estão compreendidos em uma amplitude de 25,4 cm, entre os diâmetros de 19,5 e 44,9 cm, ao passo que para 2014, 50% dos indivíduos estão compreendidos em uma amplitude de 26,3 cm, com pouca variação quanto à amplitude, mas com aumento dos valores de Q1 e Q3, agora entre os diâmetros de 23,6 e 49,9 cm.

A Tabela 5 apresenta os parâmetros das funções com melhor aderência a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov, a de 95% de probabilidade. Observa-se que para todas as idades a função SB Johnson resultou em melhor desempenho. Em contrapartida as funções que apresentaram os piores resultados para todas as idades foram a Normal e a Logística.

Nos primeiros anos (1995) a distribuição apresenta a forma “J invertido”, tendendo a uma distribuição unimodal com assimetria positiva nos anos subsequentes (Figura 1). Segundo Weber (2011), a curva Normal é amplamente aplicada a conjuntos de dados biológicos em que a forma da distribuição seja pouco variável (unimodal e simétrica em relação à média), não se aplicando, portanto, à presente base de dados. A função Logística também pertence à família das distribuições simétricas, apresentando características muito similares às da curva Normal (LIMA FILHO, 2009). Desse modo, a não aderência dessas funções nos anos analisados é explicada pela assimetria em todos os anos estudados no presente trabalho.

A Figura 2 apresenta graficamente o comportamento das funções no período analisado, com intervalo de 5 anos entre si, objetivando visualizar a dinâmica da população de *A. angustifolia* no período. Conforme anteriormente descrito, a função SB Johnson foi a que apresentou melhor desempenho em todos os anos, porém revela dificuldade na representação das classes de menor diâmetro, com oscilações entre superestimativas e subestimativas.

Tabela 5 - Parâmetros e aderência a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov para funções de distribuição diamétrica de *A. angustifolia* nos anos de referência

Ano	Função	Parâmetros				D_{tab}	D_{calc}	Ranking
		a	b	c	D			
1995	SB Johnson	1,53	1,47	130,11	-2,67	0,065	0,049 ^{ns}	1
	Beta	1,27	3,83	9,00	105,00		0,055 ^{ns}	2
	Weibull 3P	1,39	26,34	9,54	-		0,060 ^{ns}	3
	Gama	4,10	8,22	-	-		0,063 ^{ns}	4
	Lognormal 3P	0,45	3,54	-4,28	-		0,063 ^{ns}	5
	Dagum	0,44	4,75	42,60	-		0,067*	6
	Normal	16,65	33,70	-	-		0,077*	7
	Logística	9,18	33,70	-	-		0,096*	8
2000	SB Johnson	1,45	1,46	130,42	-3,11	0,065	0,041 ^{ns}	1
	Beta	1,09	3,52	9,97	111,63		0,066*	6
	Weibull 3P	1,41	27,43	9,32	-		0,057 ^{ns}	5
	Gama	4,07	8,46	-	-		0,052 ^{ns}	2
	Lognormal 3P	0,42	3,64	-7,22	-		0,056 ^{ns}	3
	Dagum	0,41	4,96	44,77	-		0,057 ^{ns}	4
	Normal	17,07	34,44	-	-		0,076*	7
	Logística	9,41	34,44	-	-		0,089*	8
2005	SB Johnson	1,34	1,45	129,78	-3,33	0,066	0,039 ^{ns}	1
	Beta	1,21	3,59	9,92	111,66		0,062 ^{ns}	6
	Weibull 3P	1,48	29,31	9,26	-		0,055 ^{ns}	4
	Gama	4,21	8,53	-	-		0,055 ^{ns}	5
	Lognormal 3P	0,38	3,78	11,06	-		0,052 ^{ns}	2
	Dagum	0,37	5,32	47,00	-		0,054 ^{ns}	3
	Normal	17,50	35,89	-	-		0,069*	7
	Logística	9,65	35,89	-	-		0,083*	8
2010	SB Johnson	1,39	1,50	136,91	-4,36	0,066	0,035 ^{ns}	1
	Beta	1,23	3,59	9,84	114,25		0,067*	6
	Weibull 3P	1,53	30,84	8,91	-		0,056 ^{ns}	5
	Gama	2,27	8,72	-	-		0,053 ^{ns}	4
	Lognormal 3P	0,36	3,86	-13,81	-		0,048 ^{ns}	2
	Dagum	0,37	5,36	49,13	-		0,048 ^{ns}	3
	Normal	17,92	36,82	-	-		0,067*	7
	Logística	9,88	36,82	-	-		0,081*	8
2014	SB Johnson	1,41	1,55	141,59	-5,08	0,066	0,036 ^{ns}	1
	Beta	1,32	3,73	9,88	115,73		0,061 ^{ns}	6
	Weibull 3P	1,59	32,11	8,86	-		0,051 ^{ns}	4
	Gama	4,38	8,86	-	-		0,054 ^{ns}	5
	Lognormal 3P	0,34	3,94	-16,57	-		0,049 ^{ns}	3
	Dagum	0,36	5,51	50,40	-		0,049 ^{ns}	2
	Normal	18,06	37,78	-	-		0,062 ^{ns}	7
	Logística	9,96	37,78	-	-		0,079*	8

*Significativo a 95% de probabilidade; ^{ns} não significativo a 95% de probabilidade.

Como podem ser observadas na Figura 2, as funções Lognormal e Dagum se revelaram adequadas para os períodos finais da análise. Soong (1986) diz que a distribuição Lognormal assume várias formas diferentes para valores distintos de média e desvio padrão. Essa função probabilística apresenta característica assimétrica positiva, cuja assimetria é mais pronunciada à medida que o desvio padrão aumenta, o qual já foi evidenciado nas estatísticas descritivas anteriormente mencionadas.

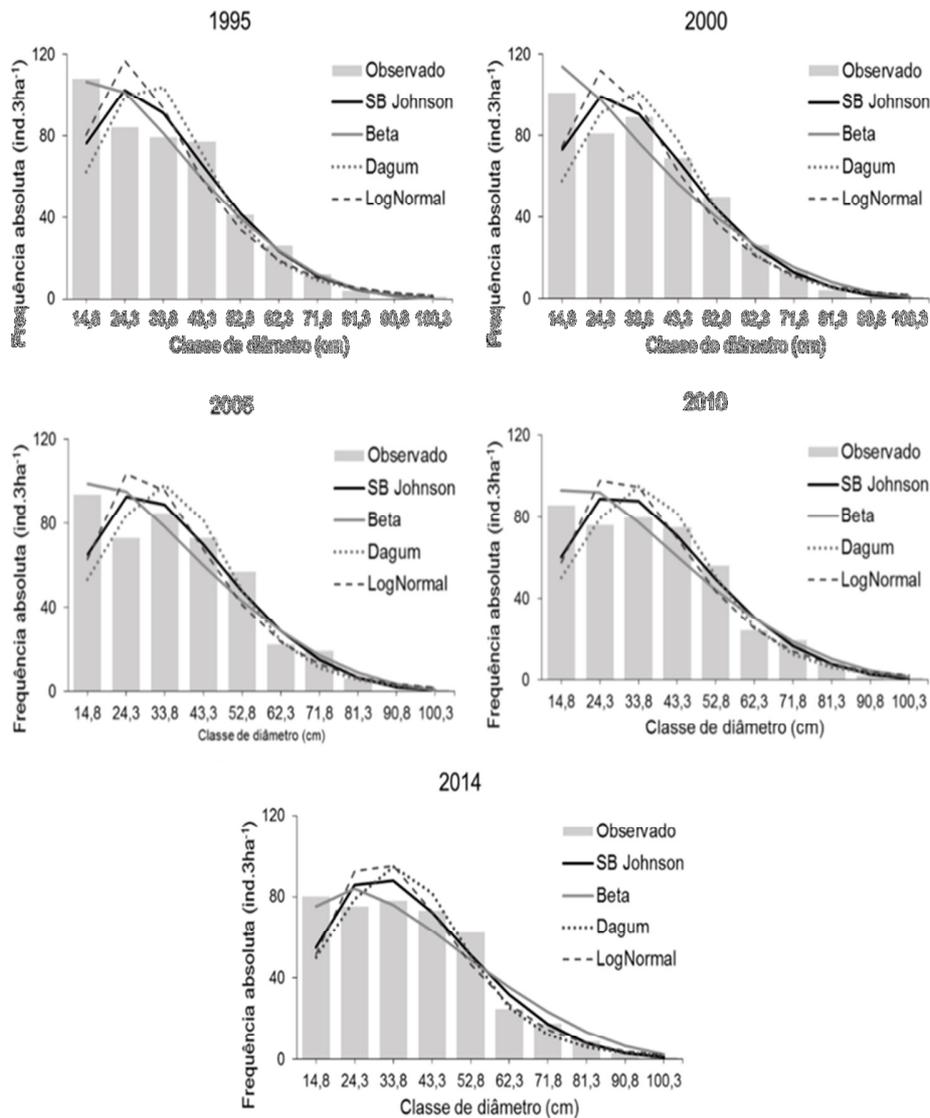


Figura 2 - Curvas da distribuição diamétrica no período estudado.

Em relação à distribuição de Dagum, Carneiro (1982) afirma que uma das suas principais características é ser sempre unimodal com assimetria positiva, justificando, deste modo, sua boa aderência aos dados amostrais a partir do ano 2000, quando ela passa do 6º lugar (1995) para o 4º (2000) no ranqueamento, melhorando de posição com o passar do tempo e atingindo o segundo lugar no ano de 2014, quando há uma tendência de sua mudança na população para uma distribuição unimodal com forte assimetria positiva.

Machado et al. (1998), analisando o ajuste de fdp's para *A. angustifolia* em florestas naturais de Santa Catarina e diferenciando-as em floresta primária e secundária, concluíram que a função de melhor ajuste para a floresta primária foi a de Weibull, seguida da Normal e Beta. As funções Gama e Lognormal apresentaram ajustes tendenciosos para a floresta primária. Ao analisar os resultados apresentados para floresta secundária, a função de melhor ajuste foi a Beta, seguida pela Gama.

Machado et al. (2009) estudando a distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* em fragmento de Floresta Ombrófila Mista na região de Curitiba, afirmam que a função mais eficiente para intervalos com amplitudes de 6,55 cm e 2 cm foi a Normal e para intervalos de classes de 5 cm a SB Johnson. Nessa análise, a distribuição apresentou-se como unimodal, simétrica e platicúrtica.

De acordo com Orellana et al. (2014), os diâmetros de *A. angustifolia* Floresta Nacional de Irati seguem um padrão de distribuição bimodal, com melhor ajuste para a função Beta. Os autores destacam que essa tendência pode ser devida à alguma intervenção anterior não registrada.

A maioria dos estudos de distribuições probabilísticas na área florestal está voltado para a modelagem de distribuições diamétricas em povoamentos equiâneos, nos quais as distribuições se apresentam na forma unimodal, Bartoszeck et al. (2004) avaliaram diversas fdp's, dentre elas a Weibull 3P, Beta e Gama para distribuição unimodal com assimetria positiva em bracingais no estado do Paraná, concluíram que a função SB Johnson foi a que apresentou melhor desempenho.

Dado que a função SB Johnson apresentou o melhor desempenho em todos os anos analisados, com base nos parâmetros obtidos para essa função, foi realizada a análise quanto a possível diferença estatística das curvas ao longo dos anos pelo teste de Qui-quadrado (χ^2). Foi detectado a formação de três grupos distintos ($p > 0,05$), representados na Figura 3, implicando, portanto, na não existência de diferenças significativas entre os valores das frequências das curvas do mesmo grupo. O primeiro grupo compreende o período de 1995 a 2001, o segundo de 2002 a 2006 e o terceiro e último grupo para o período de 2007 a 2014, demonstrando assim que a população de *A. angustifolia* analisada está em processo de mudança concernente à sua distribuição diamétrica. Caso não aumente a taxa de ingressos na área, a distribuição tenderá a se deslocar para a direita. Esse deslocamento representa a diminuição da frequência em classes de menores diâmetros e aumento dessa nas classes superiores.

Constatada essa tendência, se fazem necessárias práticas de manejo sustentáveis na floresta de modo a provocar perturbações na área, como abertura de clareiras e, conseqüentemente, maior incidência de luz no interior da floresta, possibilitando a germinação e desenvolvimento da *Araucaria angustifolia*. Tal técnica viabilizará maior ocorrência da regeneração natural da espécie e conseqüente melhoria de condições para sua perpetuação.

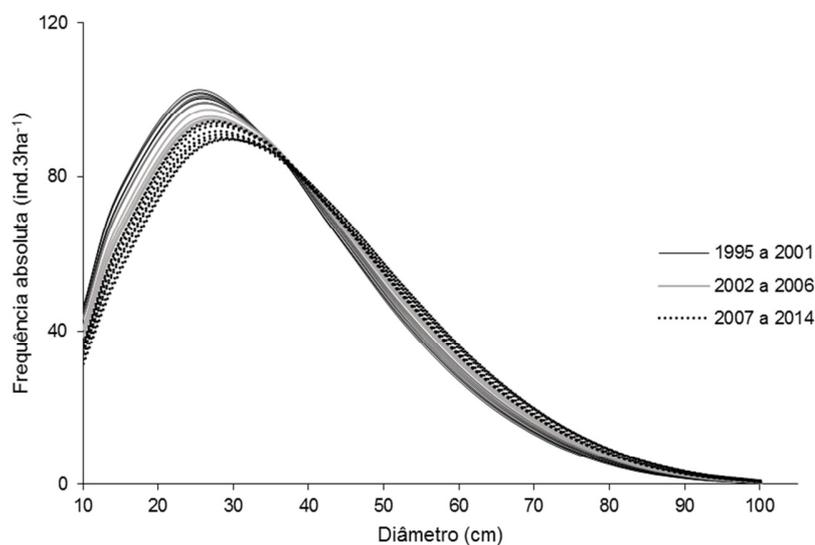


Figura 3 - Dinâmica da função de densidade de probabilidade SB Johnson no período de 1995 a 2014.

4 Conclusões e recomendações

A frequência em classes de diâmetro de *A. angustifolia* apresentou uma distribuição decrescente no início do período avaliado, porém ao decorrer dos anos, ela mudou sua tendência para uma distribuição unimodal com forte assimetria positiva, com diminuição da frequência em classes de menor diâmetro e deslocamento gradual para condição de normalidade. Essa tendência deverá ser evidenciada pelo acompanhamento da dinâmica futura da população.

A população de *Araucaria angustifolia* apresentou tendência em diminuir as taxas de indivíduos nas menores classes de diâmetro, o que sugere aprofundamento de estudos para a implantação de práticas de manejo racional na população de tal maneira a provocar abertura de clareiras para favorecer maior regeneração e desenvolvimento da *A. angustifolia* em sua fase juvenil. Logo, a floresta de Araucária está perdendo seu poder regenerativo com implicações ecológicas danosas para sua sobrevivência, o que evidencia a importância de revisão para a reformulação de políticas de conservação e preservação de seus remanescentes.

Todas as funções probabilísticas ajustadas não retrataram bem as frequências nas duas primeiras classes da distribuição diamétrica da *Araucaria angustifolia*, porém, a partir do teste Qui-quadrado (χ^2) foi verificada a diferença estatística entre as distribuições nos anos de 1995 a 2001, 2002 a 2006 e de 2007 a 2014, comprovando assim que a população amostrada encontra-se em desenvolvimento.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPQ) e a Coordenação de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de mestrado.

SCHIKOWSKI, A.B.; MARTINS, A.P. M.; SCHIAVO, B.N.V.; STANG, M.B.; CORTE, A.P.D.; PÉLLICO NETO, S.; SANQUETTA, C.R. Diameter distribution of the dynamics of *Araucaria angustifolia* in a Mixed Ombrophilous forest fragment in Paraná. *Rev. Bras. Biom.*, Lavras, v.34, n.1, p.163-182, 2016.

- **ABSTRACT:** *This work aimed to study the suitability of different models of probability distribution to characterize the diameter structure of Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze in natural forest, as well as evaluating the dynamic of diameter distribution for the period 1995-2014. The data were taken from a continuous inventory of 3 permanent sample plots of 1 hectare each, located in São João do Triunfo, Parana, Brazil. Various probability density functions were adjusted to evaluate the diameter distribution of the species and the quality of the adjustments checked by the Kolmogorov-Smirnov test. The SB Johnson function presented the best performance in all years of the experimental evaluation, but with some restrictions related to the smaller diameters classes. Regarding the dynamics of distributions evaluated, the species showed a decreasing distribution at the beginning of the study period, but with a tendency to move gradually to normality, requiring a longer study period for monitoring this dynamic. There was significant statistical difference between the curves during the study period, supporting the hypothesis of a diameter distribution evolution for A. angustifolia.*
- **KEYWORDS:** *Parana-pine; probability distributions; SB Johnson.*

Referências

- AUSTREGÉSILO, S. L.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A.; SOUZA, A. L.; MEUNIER, I. M. J.; SANTOS, E. de S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Estacional Semidecidual secundária. *Árvore*, Viçosa, v.28, n.2, p.227-232, 2004.
- BARTOSZECK, A. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Distribuição diamétrica para bracatingais em diferentes idades, sítios e densidades da região metropolitana de Curitiba. *Floresta*, Curitiba, v.34, n.3, p.305-324, 2004.
- CARNEIRO, J. F. Modelo de Dagum de distribuição pessoal do rendimento: uma aplicação às receitas familiares em Portugal. *Análise Social*, Lisboa, v.18, n.70, p.231-243, 1982.
- CARVALHO, P. E. R. *Espécies arbóreas brasileiras*. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1039 p.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. *Cartas climáticas do Paraná*. Londrina: IAPAR, 2000. CD.
- CORDEIRO, J.; RODRIGUES, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, PR. *Árvore*, Viçosa, v.31, n.3, p.545-554, 2007.
- COSTA NETO, P. L. O. *Estatística*. 2.ed. São Paulo: Editora Blüncher, 2002. 258p.

- CRESPO, A. A. *Estatística Fácil*. 16.ed. São Paulo: Saraiva, 1998. 207p.
- DURIGAN, M. E. *Florística, dinâmica e análise proteica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR*.1999.125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.
- EBLING, A. A.; PÉLLICO NETTO, S.; WATZLAWICK, L. F.; MIRANDA, R. O. V.; ABRAO, S. F. Ecologia e projeção diamétrica de três grupos arbóreos em remanescente de Floresta Ombrófila Mista em São Francisco de Paula, RS. *Floresta*, Curitiba, v.43, p.261-270, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Sistema Brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 29 p.
- LANA, M. D. *Dinâmica e prognose do crescimento em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná*. 2013.187f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- LANA, M. D.; PÉLLICO NETTO, S.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; BRANDÃO, C. F. L. S. Projeção diamétrica por razão de movimentação em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná. *Floresta*, Curitiba, v.45, n.1, p.151-162, 2015.
- LIMA FILHO, L. M. A. *Modelos simétricos transformados não-lineares com diferentes distribuições dos erros: aplicações em ciências florestais*. 2009. 90f. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2009.
- LINDMANN, C. A. *A vegetação no Rio Grande do Sul*. 1.ed. Belo Horizonte: EDUSP, 1974. 356p.
- LONGHI, S. J. *A estrutura de uma floresta natural de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil*. 1980. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.
- MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. 2.ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1981. 450p.
- MACHADO, S. A.; BARTOSZEK, A. C. P. S.; OLIVEIRA, E. B. Estudo da estrutura diamétrica para a *Araucaria angustifolia* em florestas naturais na região sul do Brasil. *Floresta*, Curitiba, v.26, n.1/2, p.59-70, 1998.
- MACHADO, S. A.; BARTOSZEK, A. C. P. S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da distribuição diamétrica de bracatingais na região metropolitana de Curitiba. *Árvore*, Viçosa, v.30, n.5, p.759-768, 2006.
- MACHADO, S. A.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; MIGUEL, E. P., TÊO, S. J. Distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.10, n.2, p.103-110, 2009a.
- MACHADO, S. A.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; TÊO, 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*, Santa Maria, v.39, n.8, p.2428-2434, 2009b.

- MATHWAVE TECHNOLOGIES: *Software versão 5.5. Easyfit help*. Disponível em <<http://www.mathwave.com/help/easyfit/index.html>> Acesso em: 14 de abril de 2015.
- MATTOS, P. P.; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v.30, n.1, p.319-326, 2010.
- NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.11, n.1, p.105-119, 2001.
- NEGRELLE, R. A. B.; LEUCHTENBERGER, R. Composição e estrutura do componente arbóreo de um remanescente de floresta ombrófila mista. *Floresta*, Curitiba, v.31, n.12, p.42-51, 2001.
- 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. *Árvore*, Viçosa, v.38, n.2, p.297-308, 2014.
- PÉLLICO NETTO, S.; SANQUETA, C. R.; BRENA, D. A. A. Floresta de Araucária e transições. In: SEELIGER, U.; CORDAZZO, C.; BARBOSA, F. *Os sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração*(PELD – CNPQ). 1.ed. Belo Horizonte: CNPq, 2002, 184p.
- PEREIRA, W.; TANAKA, O. K. *Estatística - conceitos básicos*. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 1990. 371p.
- PIZATTO, W. *Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR: 1995 a 1998*. 1999. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1999.
- RONDON NETO, R. M.; KOZERA, C.; ANDRADE, R. R.; CECY, A. T.; HUMMES, A. P.; FRITZSONS, E.; CALDEIRA, M. V. W.; MACIEL, M. N. M.; SOUZA, M. K. F. Caracterização florística e estrutural de um fragmento de floresta ombrófila mista, em Curitiba, PR, Brasil. *Floresta*, Curitiba, v.32, n.1, p.3-16, 2002.
- SANQUETTA, C. R.; MATTEI, E. *Perspectiva de recuperação e manejo sustentável das Florestas de Araucária*. 1.ed. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2006. 264p.
- SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R. Alteração na estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979 e 2000. *Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.283-295, 2006.
- SCOLFORO, J. R. S. *Manejo florestal*. 1.ed.Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.110p.
- SCOLFORO, J. R. S. *Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal*. 1.ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 393p.
- SOONG, T. T. *Modelos probabilísticos em engenharia e ciências*. 1.ed. Rio de Janeiro:Editora S.A., 1986. 238p.
- TABARELI, M.; ROCHA, C. F. D.; ROMANOWSKI, H.P.; RPCHA, O.; LACERDA, L. D. PELD – *Cnpq dez anos do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no*

Brasil: achados, lições e perspectivas. 1.ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2013. 446p.

WEBER, S. H. *Desenvolvimento de uma Função Densidade de Probabilidade Multimodal Aplicável à Ciência Florestal*. 2011.132f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2011.

Recebido em 29.06.2015

Aprovado após revisão em 19.11.2015