


MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EM UM REMANESCENTE DE CERRADO NA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO

MODELING THE DIAMETER DISTRIBUTION IN A CERRADO REMNANT IN THE TOCANTINS REGION OF MARANHÃO

MODELIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE DIÁMETROS EN UN REMANENTE DE CERRADO EN LA REGIÓN TOCANTINS DE MARANHÃO

 <https://doi.org/10.56238/arev8n1-086>

Data de submissão: 12/12/2025

Data de publicação: 12/01/2026

Vanêssa do Nascimento Lima¹

Graduanda em Engenharia Florestal

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: Vanessanascimento@gmail.com

Jaqueline Macedo Gomes²

Doutora em Ciências Florestais

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: jaquelinegomes@uemasul.edu.br

Guilherme Medeiros Martins³

Graduando em Engenharia Florestal

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: guilhermeadm999@gmail.com

Izabela Rabelo da Silva Vieira⁴

Graduanda em Engenharia Florestal

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: izabelarbl02@gmail.com

Jennyfer Samara Alves da Silva⁵

Graduanda em Engenharia Florestal

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: 2404jennyfer@gmail.com

Natália Matos da Silva

Graduanda em Engenharia Florestal

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: nataliamatoos17@gmail.com

¹ Bolsista do programa de Iniciação Científica da UEMASUL

² Bolsista do programa de Bolsa de Produtividade da UEMASUL

³ Bolsista do programa de Iniciação Científica da UEMASUL

⁴ Bolsista do programa de Iniciação Científica da UEMASUL

⁵ Bolsista do programa de Iniciação Científica da UEMASUL/FAPEMA

Dalton Henrique Angelo

Mestre em Ciências Florestais e Ambientais

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: Dalton.angelo@uemasul.edu.br

Nisângela Severino Lopes Costa⁶

Doutora em Ciência e Tecnologia Ambiental

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

E-mail: nisangela.lopes@uemasul.edu.br

RESUMO

O Cerrado constitui um dos biomas mais extensos e ecologicamente relevantes do Brasil e, considerando as intensas pressões antrópicas que incidem sobre esse bioma, especialmente na região do MATOPIBA, torna-se fundamental compreender a estrutura dos remanescentes florestais como subsídio à conservação e ao manejo sustentável. O Cerrado Maranhense é ecotonal, em transição com Amazônia e Caatinga, com complexidade florística e estrutural, com lacuna a ser elucidada em estudos relacionados a estrutura diamétrica. Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo caracterizar a estrutura diamétrica da vegetação arbórea de um remanescente de Cerrado localizado no município de Lajeado Novo, na Região Tocantina do Maranhão. A pesquisa foi realizada por meio da distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro e do ajuste de modelos estatísticos. Para tanto, procede-se à análise de dados provenientes de três parcelas permanentes, considerando indivíduos arbóreos com $DAP \geq 5$ cm, organizados em classes diamétricas definidas pelo critério de Sturges. Foram ajustadas funções de densidade de probabilidade dos modelos de Meyer, Weibull de três parâmetros, Beta, Gama e SB de Johnson, com validação pelo teste de Kolmogorov–Smirnov e seleção baseada no erro padrão da estimativa ajustado ($Syx\%$) e no desvio médio percentual ($DMP\%$). Desse modo, observa-se que a distribuição diamétrica apresentou padrão do tipo J-invertido, típico de formações inequianes do Cerrado, com melhor desempenho estatístico do modelo SB de Johnson. O que permite concluir que esse modelo é o mais adequado para representar a estrutura diamétrica da área estudada, constituindo ferramenta eficiente para o planejamento do manejo florestal sustentável e para ações de conservação da vegetação nativa.

Palavras-chave: Funções de Densidade de Probabilidade. Estrutura Florestal. Manejo Sustentável.

ABSTRACT

The Cerrado is one of the most extensive and ecologically relevant biomes in Brazil, and considering the intense anthropogenic pressures on this biome, especially in the MATOPIBA region, understanding the structure of forest remnants becomes fundamental for conservation and sustainable management. The Cerrado of Maranhão is ecotonal, in transition with the Amazon and Caatinga, with floristic and structural complexity, and a gap to be elucidated in studies related to diameter structure. In this context, the present study aims to characterize the diameter structure of the arboreal vegetation of a Cerrado remnant located in the municipality of Lajeado Novo, in the Tocantina Region of Maranhão. The research was carried out through the distribution of individuals into diameter classes and the adjustment of statistical models. To this end, data from three permanent plots were analyzed, considering arboreal individuals with $DBH \geq 5$ cm, organized into diameter classes defined by Sturges' criterion. Probability density functions were fitted to the Meyer, three-parameter Weibull, Beta, Gamma, and Johnson SB models, validated by the Kolmogorov–Smirnov test, and selected based on the standard error of the adjusted estimate ($Syx\%$) and the mean percentage deviation ($MPD\%$). Thus, it was observed that the diameter distribution presented an inverted J-shaped pattern,

⁶ Bolsista do programa de Bolsa de Produtividade da UEMASUL

typical of uneven-aged Cerrado formations, with the Johnson SB model showing the best statistical performance. This allows us to conclude that this model is the most suitable for representing the diameter structure of the studied area, constituting an efficient tool for planning sustainable forest management and for native vegetation conservation actions.

Keywords: Probability Density Functions. Forest Structure. Sustainable Management.

RESUMEN

El Cerrado es uno de los biomas más extensos y ecológicamente relevantes de Brasil, y considerando las intensas presiones antropogénicas sobre este bioma, especialmente en la región de MATOPIBA, comprender la estructura de los remanentes forestales se vuelve fundamental para la conservación y la gestión sostenible. El Cerrado de Maranhão es ecotonal, en transición con la Amazonia y la Caatinga, con complejidad florística y estructural, y una brecha por dilucidar en estudios relacionados con la estructura diamétrica. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar la estructura diamétrica de la vegetación arbórea de un remanente de Cerrado ubicado en el municipio de Lajeado Novo, en la Región de Tocantina de Maranhão. La investigación se llevó a cabo mediante la distribución de individuos en clases diamétricas y el ajuste de modelos estadísticos. Para ello, se analizaron datos de tres parcelas permanentes, considerando individuos arbóreos con $DBH \geq 5$ cm, organizados en clases diamétricas definidas por el criterio de Sturges. Las funciones de densidad de probabilidad se ajustaron a los modelos Meyer, Weibull de tres parámetros, Beta, Gamma y Johnson SB, validados mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y se seleccionaron con base en el error estándar de la estimación ajustada ($Syx\%$) y la desviación porcentual media (MPD%). Así, se observó que la distribución diamétrica presentó un patrón en forma de J invertida, típico de las formaciones del Cerrado de edad irregular, siendo el modelo Johnson SB el que mostró el mejor rendimiento estadístico. Esto permite concluir que este modelo es el más adecuado para representar la estructura diamétrica del área estudiada, constituyendo una herramienta eficaz para la planificación de la gestión forestal sostenible y para las acciones de conservación de la vegetación nativa.

Palabras clave: Funciones de Densidad de Probabilidad. Estructura Forestal. Gestión Sostenible.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado constitui o segundo maior bioma do Brasil, ocupando cerca de 24% do território nacional e abrangendo total ou parcialmente os estados de Goiás, Tocantins, Maranhão, Bahia, Piauí, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná e o Distrito Federal (SOUZA *et al.*, 2020; WEICHERT *et al.*, 2024). Além de sua expressiva extensão territorial, o bioma é reconhecido como um *hotspot* mundial de biodiversidade, em razão de sua elevada riqueza florística e da diversidade de fitofisionomias, que variam desde campos abertos até formações florestais densas (FRANÇOSO, 2014; WEICHERT *et al.*, 2024).

Além disso, o Cerrado apresenta alta complexidade estrutural, característica das formações de vegetação nativa predominantemente inequidâneas, nas quais coexistem indivíduos distribuídos em diferentes classes de diâmetro e estágios de desenvolvimento. Essa heterogeneidade estrutural torna sua análise fundamental para a compreensão da dinâmica ecológica e do estado de conservação de seus remanescentes (ORELLANA, 2009; GUILHERME, 2018).

A organização estrutural das formações vegetais do Cerrado reflete processos contínuos de recrutamento, crescimento e mortalidade, os quais influenciam diretamente a dinâmica populacional das espécies e a estabilidade dos ecossistemas (ORELLANA, 2009; FRANÇOSO, 2014). No âmbito regional, o Cerrado maranhense apresenta particularidades ecológicas associadas à sua condição ecotonal, resultante da interação entre os biomas Cerrado, Amazônia e Caatinga. Essa configuração confere elevada variabilidade em porte, densidade e composição florística à vegetação, especialmente nas áreas de Cerrado *sensu stricto*, tornando a análise estrutural particularmente relevante para a compreensão de seus padrões de organização e funcionamento (SOUZA, 2022).

Apesar de sua diversidade ecológica e importância ambiental, o Cerrado tem sido intensamente pressionado pela expansão agropecuária e pelo crescimento urbano, fatores que comprometem a integridade dos remanescentes de vegetação nativa (SOUZA *et al.*, 2020). De acordo com o Relatório Anual de Desmatamento no Brasil (2024), o bioma permaneceu, pelo segundo ano consecutivo, como o mais desmatado do país, concentrando 52,5% da área total suprimida, mesmo diante de uma redução de 41% em relação ao ano anterior. Além disso, no mesmo ano, 9,7 milhões de hectares do bioma, sendo 85% em vegetação nativa, foram afetados por queimadas, reforçando o agravamento das pressões ambientais (MAPBIOMAS, 2025).

Nesse cenário, os estados do Maranhão, Pará, Tocantins, Piauí e Bahia, integrantes da região do MATOPIBA, destacam-se como os mais impactados, configurando a principal fronteira agrícola do Cerrado nas últimas décadas. Em 2024, essa região respondeu por 65% do desmatamento nacional

e por 42% da perda total de vegetação nativa, totalizando 516.529 ha, com destaque para o Maranhão, que liderou o ranking nacional, com 218.298 ha suprimidos (MAPBIOMAS, 2025).

Diante dessas intensas pressões antrópicas, é fundamental compreender como os remanescentes florestais do Cerrado maranhense respondem estruturalmente às alterações decorrentes do uso e ocupação do solo. Assim, a análise da distribuição diamétrica destaca-se como uma das principais métricas para a caracterização da estrutura interna das formações florestais, por permitir interpretar a organização da vegetação e identificar padrões típicos de áreas conservadas, como o formato em “J-invertido”, bem como desvios que podem indicar processos de degradação ou falhas na reposição de indivíduos (SILVA; SOUZA, 2017; SILVA; ANDRADE, 2025).

Segundo Scolforo (2006), a distribuição diamétrica representa a frequência de indivíduos organizados em classes de diâmetro à altura do peito (DAP), variável dendrométrica fundamental por sua relação direta com o crescimento e o desenvolvimento das árvores (SANTOS *et al.*, 2023). A descrição dessa distribuição é realizada por meio de funções de densidade de probabilidade, como Meyer, Weibull de três parâmetros, Beta, Gama e SB de Johnson, amplamente utilizada na Ciência Florestal por sua capacidade de representar diferentes padrões estruturais (SCOLFORO, 2006; GUILHERME, 2018). A análise das classes diamétricas fornece subsídios relevantes para a compreensão da dinâmica populacional, do estoque florestal e para o planejamento do manejo sustentável e da conservação dos remanescentes do Cerrado (LIMA; LEÃO, 2013).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a estrutura diamétrica da vegetação de um remanescente de Cerrado localizado no município de Lajeado Novo na Região Tocantina do Maranhão, por meio da distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro e do ajuste de modelos estatísticos, visando subsidiar o manejo florestal sustentável e a conservação da vegetação nativa.

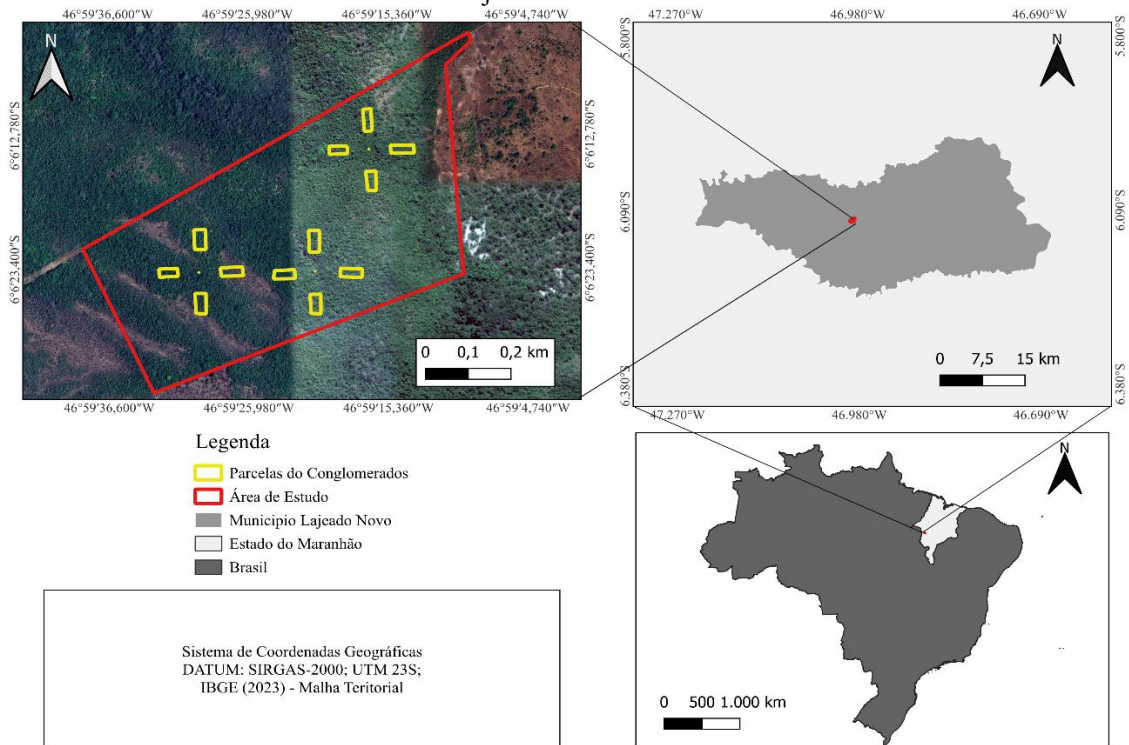
2 METODOLOGIA

2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Rancho São Lucas, no município de Lajeado Novo, Maranhão, localizado nas coordenadas geográficas 11°37' S e 47°01'48" W, pertencente à microrregião de Imperatriz (Figura 1). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, tropical quente e semiúmido, com estação seca bem definida (ALVARES *et al.*, 2013). Segundo o IBGE (2019), a vegetação é caracterizada pelo bioma Cerrado, com predomínio das formações Savana Parque e Savana Florestada enquadrando-se principalmente na fitofisionomia de Cerrado *sensu stricto*. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.220 mm, concentrada entre os

meses de novembro e maio (MENESES, 2009). A microrregião é drenada pelo rio Tocantins, principal fonte de abastecimento hídrico regional (NASCIMENTO *et al.*, 2015). Quanto aos solos, predominam Podzólico Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Solos Litólicos, Terra Roxa e Areias Quartzosas (AGUIAR, 1971).

Figura 1. Localização geográfica da área de estudo e da área amostral no Rancho São Lucas, localizado no município de Lajeado Novo – MA.

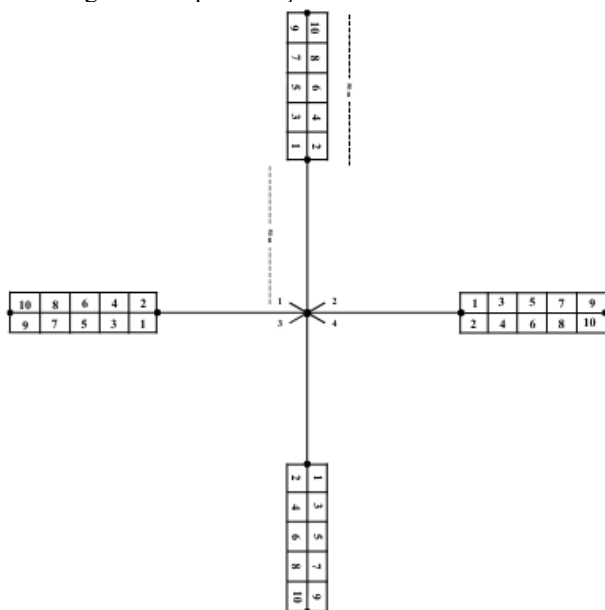


Fonte: Autores (2025).

2.2 COLETA DE DADOS

O estudo foi conduzido com dados provenientes de três parcelas permanentes instaladas em uma área de 35 hectares de vegetação do bioma Cerrado. As parcelas foram implantadas conforme a metodologia adotada pelo Inventário Florestal Nacional (SFB, 2021). Cada parcela apresenta formato de conglomerado, composto por quatro subunidades amostrais retangulares, dispostas perpendicularmente em relação ao ponto central, formando uma cruz de malta, orientadas segundo os pontos cardeais e numeradas de 1 a 4. As subunidades amostrais possuem dimensões de 20 m × 50 m e foram subdivididas em dez subparcelas de 10 m × 10 m. Para a análise da distribuição diamétrica, foram considerados todos os indivíduos arbóreos vivos com DAP ≥ 5 cm (Figura 2).

Figura 2. Representação da unidade amostral.



Fonte: Adaptado de SFB (2021).

2.3 ANÁLISE DE DADOS

A estrutura diamétrica da vegetação foi analisada por meio do ajuste de funções de densidade de probabilidade, utilizadas para estimar o número de árvores por hectare em diferentes classes de diâmetro. A distribuição diamétrica foi organizada em 11 classes, definidas conforme a metodologia proposta por Spiegel (1970), utilizando a fórmula de Sturges, com intervalo de classe fixado em 3 cm. O padrão estrutural da vegetação foi avaliado por meio do quociente de De Liocourt (q), calculado pela razão entre o número de indivíduos de uma classe diamétrica e o número de indivíduos da classe imediatamente anterior. Para a modelagem da distribuição diamétrica, foram utilizadas as funções de Meyer, Weibull de três parâmetros, Beta, Gama e SB Johnson (Tabela 1).

Tabela 1. Funções de densidade de probabilidade utilizadas na modelagem da distribuição diamétrica.

Nº	Modelos	Equações
1	Meyer	$Y_j = e^{-(a+bx)}$
2	Weibull 3 Parâmetros	$f(x) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma}$
3	Beta	$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)(b-a)^{\alpha+\beta-1}} (x-a)^{\alpha-1} (b-x)^{\beta-1}$
4	Gama	$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}$
5	SB Johnson	$f(x) = \frac{\delta}{\sqrt{2\pi}(x-\varepsilon)(\lambda+\varepsilon-x)} e^{-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda+\varepsilon-x}\right)\right)^2}$

Em que: Y_j representa o número de indivíduos na classe i ; x representa o centro da classe de diâmetro; $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ são parâmetros das distribuições; ε corresponde ao parâmetro de locação; λ ao parâmetro de escala; a e b aos limites inferior e superior do intervalo de classe; $\Gamma(\cdot)$ representa a função gama; e é a constante de Euler e \ln é o logaritmo natural.

Fonte: Autores (2025).

Os parâmetros das funções foram estimados por meio do método dos mínimos quadrados, utilizando o Solver do Microsoft Excel.

2.4 VALIDAÇÃO

A validação das equações ajustadas foi realizada por meio do teste de Kolmogorov–Smirnov (K-S), comparando-se os valores calculados (K-S calc) com o valor crítico tabelado (K-S tab), ao nível de 5% de significância. As equações que apresentaram K-S calc inferior ao K-S tab foram consideradas estatisticamente adequadas para representar a distribuição diamétrica da vegetação.

2.5 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO

O desempenho comparativo das equações foi avaliado por meio do erro padrão da estimativa ajustado (Syx%) e do desvio médio percentual (DMP%) (Tabela 3), indicadores empregados para mensurar, respectivamente, a precisão global do ajuste e o viés médio entre as frequências observadas e estimadas. O modelo que apresentou os menores valores de Syx% e DMP% foi considerado o mais adequado para descrever a estrutura diamétrica da vegetação. Para o cálculo desses critérios, foram consideradas apenas as classes com frequência observada diferente de zero.

Tabela 3. Critérios de seleção da melhor equação para modelagem da distribuição diamétrica da vegetação em um remanescente de Cerrado em Lajeado Novo – MA.

Critérios	Equações
Kolmogorov–Smirnov	$K_{S_{tabelado}} = \frac{1,35}{\sqrt{N}}$
Erro padrão da estimativa	$K_{S_{calculado}} = \text{Máximo}[F_o(x) - F_e(x)]$
Desvio Médio Percentual	$S_{yx}(\%) = \frac{\sqrt{\frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{(n - p)}}}{Y^-} * 100$
	$DMP(\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right * 100$

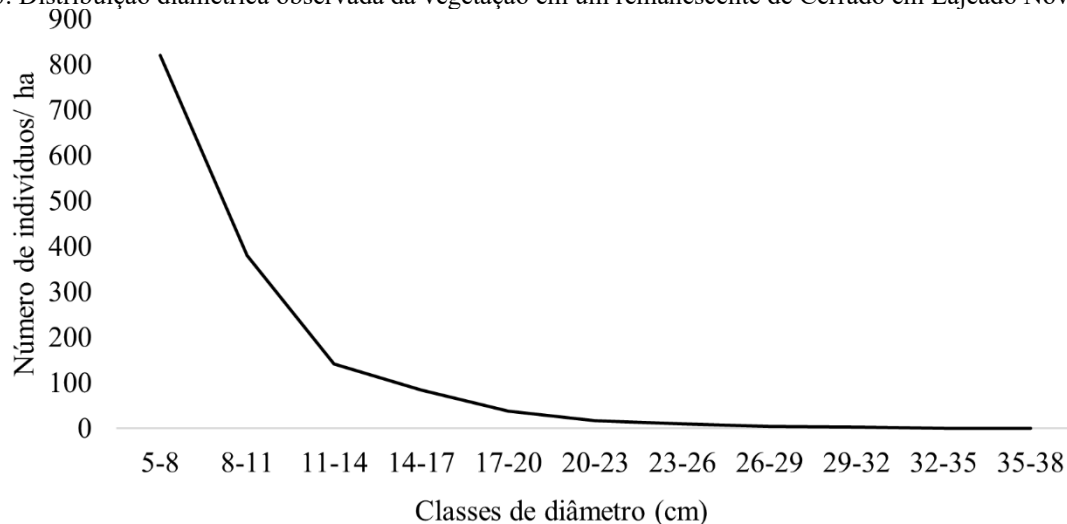
Em que: N= frequência total; Fo(x) = frequência observada relativa acumulada; Fe(x) = frequência estimada relativa acumulada; Yi= frequência observada na classe i; Ŷi= frequência estimada na classe i; n= número de classes com indivíduos observados; p= número de parâmetros do modelo; Y-= média das frequências observadas.

Fonte: Autores (2025).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A distribuição diamétrica observada apresentou elevada concentração de indivíduos nas classes iniciais, com redução progressiva nas classes de maior diâmetro, caracterizando um padrão estrutural do tipo J-invertido, típico de formações nativas inequidêneas do Cerrado (Figura 3). Padrões semelhantes foram registrados em outros remanescentes do bioma, conforme relatado por Silva e Souza (2017) e Campos *et al.* (2023) em São João do Paraíso, município vizinho ao da área de estudo

Figura 3. Distribuição diamétrica observada da vegetação em um remanescente de Cerrado em Lajeado Novo – MA.



Fonte: Autores (2025).

Foram mensurados 1.800 indivíduos arbóreos nas parcelas amostradas, resultando em uma densidade estimada de aproximadamente 1.500 indivíduos por hectare. Os valores de DAP variaram entre 5,00 e 37,05 cm, com amplitude diamétrica de 32,05 cm.

O quociente de De Liocourt (q) apresentou variação ao longo das classes diamétricas, com valores entre 0,37 e 0,60, não se mantendo constante entre classes consecutivas, o que indica irregularidade na estrutura diamétrica do remanescente avaliado. A ausência de indivíduos na classe de 32–35 cm resultou em valores nulos de q , evidenciando déficit de árvores de maior porte e descontinuidade na distribuição. Segundo Alves Junior *et al.* (2010), embora o padrão geral em “J-invertido” seja recorrente em florestas inequidâneas, a variação do quociente de De Liocourt entre classes diamétricas indica interferências na estrutura da vegetação, frequentemente associadas a perturbações ambientais ou antrópicas. Resultados semelhantes foram reportados por Costa *et al.* (2021), que observaram classes diamétricas vazias e variações abruptas de q em áreas de Cerrado, bem como por Freitas *et al.* (2019), que relacionaram a ausência de constância do quociente a déficits nas classes intermediárias e superiores.

As frequências observadas e as estimadas pelos diferentes modelos de distribuição diamétrica estão apresentadas na Tabela 4, permitindo a comparação do desempenho dos ajustes ao longo das classes de diâmetro.

Tabela 4. Frequência observada e estimada por classe de DAP para os diferentes modelos, em um remanescente de Cerrado em Lajeado Novo – MA.

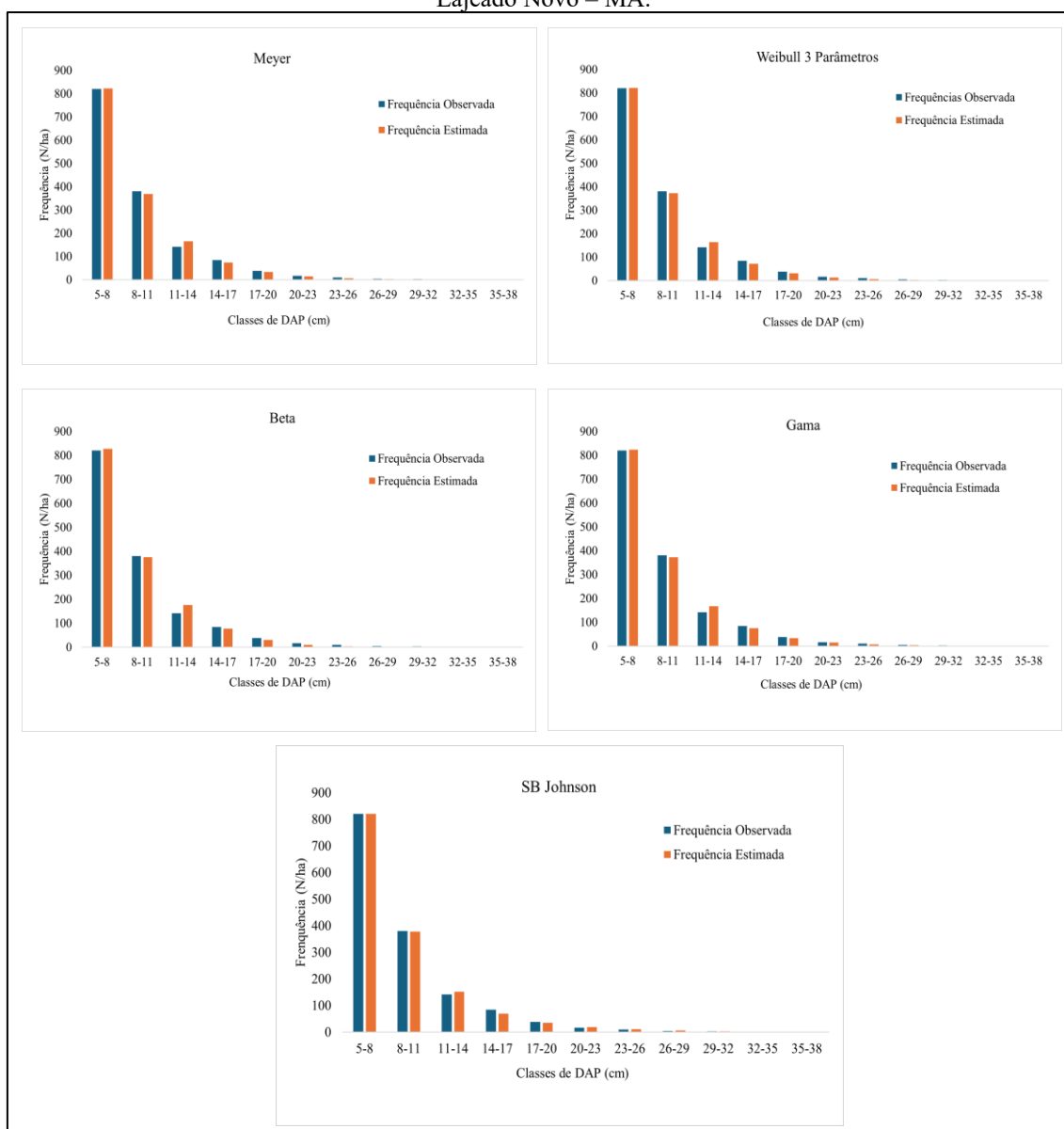
Nº	Classes de DAP (cm)	Frequência Observada (N/ha)	Frequências Estimadas				
			Meyer	Weibull 3P	Beta	Gama	SB Johnson
1	5-8	820,83	822,78	821,74	827,30	824,27	820,31
2	8-11	380,83	368,62	372,62	375,33	372,17	377,91
3	11-14	141,67	165,15	163,77	175,88	167,46	152,14
4	14-17	84,17	73,99	71,20	77,01	75,21	70,02
5	17-20	38,33	33,15	30,75	30,43	33,73	35,26
6	20-23	16,67	14,85	13,22	10,43	15,12	18,86
7	23-26	10,00	6,65	5,66	2,92	6,77	10,51
8	26-29	4,17	2,98	2,42	0,61	3,03	6,02
9	29-32	2,50	1,34	1,03	0,08	1,36	3,50
10	32-35	0,00	0,60	0,44	0,00	0,61	2,06
11	35-38	0,83	0,27	0,19	0,00	0,27	1,21

Fonte: Autores (2025).

De modo geral, todos os modelos apresentaram bom ajuste nas classes iniciais de diâmetro, onde ocorre a maior concentração de indivíduos. Entretanto, diferenças mais expressivas entre as frequências observadas e estimadas tornam-se evidentes nas classes intermediárias e superiores, especialmente a partir de 20–23 cm, nas quais a densidade de indivíduos é reduzida e ocorrem descontinuidades na distribuição diamétrica. Nesses intervalos, os modelos Beta e Weibull de três parâmetros apresentaram tendência mais acentuada à subestimação das frequências, enquanto os modelos de Meyer e Gama exibiu desempenho intermediário, com limitações progressivas nas classes superiores.

Em contraste, o modelo SB de Johnson demonstrou maior proximidade em relação às frequências observadas ao longo de toda a distribuição diamétrica, evidenciando maior flexibilidade para ajustar estruturas com baixa densidade e lacunas entre classes. Esses resultados são coerentes com os observados por Cysneiros *et al.* (2017) e Guilherme *et al.* (2020), que também relataram melhor ajuste dos modelos nas classes iniciais e maior discrepância nas classes superiores, especialmente para as funções Beta e Weibull, enquanto a função SB de Johnson apresentou melhor desempenho em situações de descontinuidade estrutural. A Figura 4 apresenta a comparação visual entre a distribuição observada e as estimadas pelos modelos ajustados.

Figura 4. Distribuição diamétrica observada e estimada pelos modelos ajustados em um remanescente de Cerrado em Lajeado Novo – MA.



Fonte: Autores (2025).

Observa-se que o modelo SB de Johnson apresenta maior proximidade em relação à distribuição observada ao longo das classes diamétricas, especialmente nas classes intermediárias (11–14, 14–17 e 17–20 cm) e superiores (≥ 20 –23 cm), enquanto os demais modelos apresentam maiores discrepâncias nessas faixas.

Os parâmetros estimados, bem como os resultados do teste de Kolmogorov–Smirnov e dos critérios estatísticos utilizados para a seleção do melhor modelo, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros estimados, validação e critérios de seleção dos modelos de distribuição diamétrica em um remanescente de Cerrado em Lajeado Novo – MA.

Modelo	Parâmetros	K-S_calc	K-S_tab	Validação	Syx (%)	DMP (%)
Meyer	$b_0 = 8,4523; b_1 = -0,2676$	0,015	0,035	Validado	6,88	-19,92
Weibull 3P	$\alpha = 1,02; \beta = 3,71; \gamma = 4,95$	0,020	0,035	Validado	7,21	24,44
Beta	$\alpha = 0,90; \beta = 7,37$	0,023	0,035	Validado	9,02	39,61
Gama	$\alpha = 1,03; \beta = 3,72$	0,014	0,035	Validado	6,95	18,83
SB de Johnson	$\gamma = 3,17736; \delta = 0,99614; \lambda = 69,9081; \varepsilon = 4,9$	0,006	0,035	Validado	5,03	-12,98

Fonte: Autores (2025).

Embora todos os modelos tenham sido validados pelo teste de Kolmogorov–Smirnov, apresentando valores de K-S calculados inferiores ao valor crítico (K-S tabelado = 0,035), indicando aderência estatística à distribuição observada, a comparação entre os critérios de precisão e viés revelou diferenças relevantes no desempenho dos ajustes. O erro padrão da estimativa (Syx%) indicou maior precisão para o modelo SB de Johnson, que apresentou o menor valor (5,03%). O desvio médio percentual (DMP%), que representa a média dos desvios entre os valores observados e estimados e cuja proximidade de zero indica menor tendência de super ou subestimação, também foi menor para o modelo SB de Johnson (-12,98%), evidenciando maior precisão global e menor viés ao longo das classes diamétricas.

Resultados semelhantes foram observados por Marangon *et al.* (2016), que relataram melhor desempenho da distribuição SB de Johnson em relação às funções de Meyer, Weibull 3P, Beta e Gama em formações florestais naturais, especialmente em estruturas heterogêneas. De forma convergente, Guilherme *et al.* (2020) também verificaram desempenho superior da função SB de Johnson, destacando sua maior flexibilidade para representar distribuições diamétricas irregulares e com baixa densidade de indivíduos nas classes superiores. Além disso, Silva e Andrade (2025) observaram superioridade do modelo SB de Johnson em áreas de Cerrado *sensu stricto*, associada a menores desvios e melhor aderência estatística. Os modelos Meyer e Gama apresentaram desempenho intermediário, enquanto Weibull 3P e Beta exibiram maiores valores de Syx% e DMP%, indicando menor precisão, sobretudo nas classes de maior diâmetro.

4 CONCLUSÃO

A distribuição diamétrica apresentou padrão decrescente, característico de uma exponencial negativa, com maior concentração de indivíduos nas menores classes de diâmetro, indicando elevada capacidade de regeneração e ausência de perturbações recentes.

Entre os modelos avaliados, a função SB de Johnson apresentou o melhor desempenho estatístico, mostrando-se a mais adequada para representar a distribuição diamétrica da vegetação no remanescente de Cerrado. Os modelos de Meyer e Gama apresentaram desempenho intermediário, enquanto Weibull 3P e Beta exibiram menor capacidade de ajuste. Esses resultados reforçam a aplicabilidade da função SB de Johnson como ferramenta de apoio ao manejo sustentável e à conservação do Cerrado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) pelo suporte institucional, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pelo incentivo à pesquisa, ao Rancho São Lucas pela disponibilidade da área de estudo e apoio às atividades de campo, e à equipe de voluntários pelo comprometimento, dedicação e colaboração na coleta dos dados.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, G. A. Revisão geológica da bacia paleozóica do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., 1971, São Paulo. Anais. São Paulo: SBG, 1971. p. 113–122.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES JUNIOR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; COSTA JUNIOR, R. F.; SILVA, S. O. Utilização do quociente de De Liocourt na avaliação da distribuição diamétrica em fragmentos de Floresta Ombrófila Aberta em Pernambuco. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 307–319, 2010.
- CAMPOS, J. R. P.; SOUSA, F. C.; OLIVEIRA, S. D. B.; ALMEIDA JÚNIOR, E. B. Estrutura e nível sucessional de uma área de cerrado sensu stricto no sul do Maranhão. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 10, n. 24, p. 435–447, 2023.
- COSTA, K. P.; MEIRA, M. R.; ROCHA, S. L.; FERNANDES, T. O. M.; MARTINS, E. R. Produtividade e estrutura diamétrica de *Dimorphandra mollis* Benth. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 51, e67240, 2021.
- CYSNEIROS, V. C.; AMORIM, T. A.; MENDONÇA JÚNIOR, J. O.; GAUI, T. D.; MORAES, J. C. R.; BRAZ, D. M.; MACHADO, S. A. Distribuição diamétrica de espécies da Floresta Ombrófila Densa no sul do estado do Rio de Janeiro. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 37, n. 89, p. 1–10, 2017.
- FRANÇOSO, R.D. Efeito do uso da terra na dinâmica da paisagem do Cerrado: padrões de perda de habitat, fragmentação e conectividade. 2014. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo, 2014.
- FREITAS, W. K.; FERREIRA, J.; NORONHA, G. D.; RAMOS, M. C. G.; ESPER, P. M. O. Estrutura diamétrica de um fragmento de floresta decidual na região do agronegócio no oeste catarinense. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 35, n. 1, p. 267–276, 2019.
- GUILHERME, S.S. Aderência de funções de densidade de probabilidade em diferentes amplitudes de classes diamétricas. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.
- GUILHERME, S. S.; ATAÍDE, D. H. S.; SILVA, L. C.; ROCHA, P. V.; CURTO, R. D. A.; ARAÚJO, E. J. G. Aderência de funções de distribuição diamétrica em diferentes amplitudes de classes de um fragmento de floresta inequiana. *BIOFIX Scientific Journal*, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 239–245, 2020.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

LIMA, J. P. C.; LEÃO, J. R. A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativas e plantadas na Amazônia Sul-Occidental. *Floresta e Ambiente*, v. 20, n. 1, p. 70–79, 2013.

MAPBIOMAS. Relatório Anual de Desmatamento no Brasil – RAD 2024. São Paulo: MapBiomas, 2025. Disponível em: <https://imazon.org.br/relatorios/relatorio-anual-do-desmatamento-no-brasil-rad2024>. Acesso em: 18 Out. 2025.

MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SILVA, J. N. M.; SILVA, M. A. Análise de funções de densidade de probabilidade para a descrição da distribuição diamétrica em florestas naturais. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 89–100, 2016.

MENESES, R. S. Clima e vegetação no sul do Maranhão. São Luís: EDUFMA, 2009.

NASCIMENTO, M. T.; SILVA, J. M.; OLIVEIRA, M. A. Recursos hídricos e abastecimento no sul do Maranhão. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 3, p. 567–578, 2015.

ORELLANA, Enrique. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) — Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, 2009.

SANTOS, D. W. da S.; STEPKA, T. F.; HESS, A. F. Modelagem da distribuição diamétrica e hipsométrica de espécies comerciais nativas da Amazônia brasileira. *Scientia Forestalis*, v. 51, e3947, 2023.

SCOLFORO, J.R.S. Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

SFB – Serviço Florestal Brasileiro. Manual de campo: procedimentos para coleta de dados biofísicos e socioambientais. Brasília: SFB, 2021.

SILVA, L. Y. S.; ANDRADE, V. C. L. Diferentes métodos para gerar uma distribuição diamétrica em mata de Cerrado. *Revista Agri-Environmental Sciences*, Palmas, v. 11, ed. especial, e025026, 2025.

SILVA, G. O.; SOUZA, P. B. Fitossociologia e estrutura diamétrica de um fragmento de Cerrado sensu stricto em Gurupi – TO. *Revista Desafios*, v. 3, n. especial, p. 22–29, 2017.

SOUSA, F.C. Levantamento florístico, potencial de uso e status de conservação de uma área de Cerrado em Aldeias Altas, Maranhão. 2022. 72 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022.

SOUZA, R. B. B.; FEITOSA JÚNIOR, F. R.; ALMEIDA NETO, P. P.; BRANDÃO, P. R. B. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de floresta nativa do Cerrado na região oeste da Bahia, Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 5, p. 429–440, 2020.

SPIEGEL, Murray Ralph. *Estadística. Estadística: teoría y problemas resueltos*. México: McGraw-Hill, 1970.

WEICHERT, R. F.; MAZZINGHY, A. C. C.; COSTA, B. A.; NUNES, B. V.; LOPES, L. F.; GARCIA, L. S.; REIS, M. C.; PARREIRAS, V. P.; REINA, L. D. C. B.; MELO, J. O. F. Cerrado em destaque: o papel vital do Cerrado na biodiversidade do planeta. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 17, p. e5378–e5408, 2024.