

RAIANNY NAYARA DE SOUZA

**DINÂMICA E DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM
FRAGMENTO FLORESTAL, SÃO LOURENÇO DA MATA - PE**

RECIFE
Pernambuco –Brasil
Fevereiro – 2017

RAIANNY NAYARA DE SOUZA

**DINÂMICA E DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM
FRAGMENTO FLORESTAL, SÃO LOURENÇO DA MATA - PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador:

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

Co-orientadores:

Prof. Ph.D. José Antônio Aleixo da Silva

Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Fevereiro – 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Nome da Biblioteca, Recife-PE, Brasil

S572d Souza, Raianny Nayara de
Dinâmica e distribuição diamétrica de espécies arbóreas em fragmento florestal,
São Lourenço da Mata - PE / Raianny Nayara de Souza. – 2017.
72 f. : il.

Orientador: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.
Coorientadores: José Antônio Aleixo da Silva, Luiz Carlos Marangon.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, BR-PE,
2017.

Inclui referências.

1. Beta 2. Gama 3. Hiperbólica 4. Normal 5. Log normal 6. Weibull I. Ferreira,
Rinaldo Luiz Caraciolo, orient. II. Silva, José Antônio Aleixo da, coorient.
III. Marangon, Luiz Carlos, coorient. IV. Título

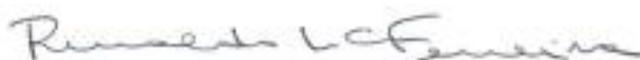
CDD 634.9

RAIANNY NAYARA DE SOUZA

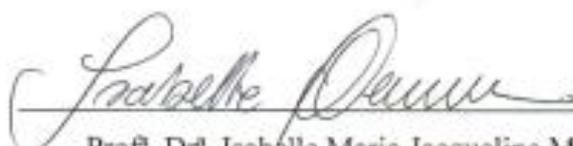
**DINÂMICA E DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM
FRAGMENTO FLORESTAL, SÃO LOURENÇO DA MATA - PE**

Aprovada em 21 de fevereiro de 2017.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira
(Orientador – Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)



Prof. Dr. Isabelle Maria Jacqueline Meunier
(Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE)



Prof. Dr. Fernando Henrique de Lima Gadelha
(Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco/IFPE)

RECIFE
Pernambuco – Brasil
Fevereiro – 2017

Mais glorioso não é quem vence em batalhas milhares de homens, mas quem a si mesmo vence, este é o maior entre os conquistadores.

(Buda)

*À toda minha família, pelo carinho, amor e apoio
inquestionável.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, simplesmente pela graça do viver e do aprender.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e seus professores, pela oportunidade concedida.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE, pela concessão de bolsa de estudo.

Às usinas Petribú S/A e Trapiche S/A pela liberação da área de estudo.

Ao orientador Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira, pelo compromisso assumido durante esta trajetória. Pelas orientações precisas em todos os momentos solicitados. Pela dedicação, confiança, estímulo e valiosos ensinamentos.

Aos co-orientadores Prof. Ph.D. José Antônio Aleixo da Silva e Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon pelas colaborações e sugestões durante a realização deste trabalho.

À toda minha família, pai, mães e irmãos. Pelo apoio desde sempre, pela confiança, amor incondicional e infinito zelo. Sem vocês nada seria possível.

Ao meu noivo, Alberto Villaseñor, por ter segurado a minha mão durante toda esta trajetória. Por todo carinho, apoio, amor e compreensão. Você foi fundamental durante esta caminhada.

Aos meus amigos e companheiros de curso, Lyanne, Tibério, Juan Diego, Nathan, Suellen, Valdemir, Jordânia, Nailson e tantos outros, por todos momentos compartilhados, pela amizade, pelo carinho, pela cumplicidade e pelos momentos de descontração, tornando essa jornada mais fácil e prazerosa.

À Fernanda, minha amiga e companheira de casa, pela divertida e espirituosa convivência, pela amizade sincera, pelo carinho e companheirismo. Você, com toda certeza, fez os meus dias melhores nesses dois anos que compartilhamos.

Às minhas amigas de sempre e para sempre Harliany e Lais, por se fazerem presente mesmo estando tão longe. Poder contar com o apoio, carinho e amizade de vocês tornam as coisas mais fáceis.

À Marcos Chagas, vulgo Marquinhos, pelas preciosas contribuições em campo.

Ao Wedson, pelos dados compartilhados e pela ajuda em campo.

Enfim, a todos que não foram citados, mas que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha chegada até aqui.

Obrigada!

SOUZA, RAIANNY NAYARA. Dinâmica e distribuição diamétrica de espécies arbóreas em fragmento florestal, São Lourenço da Mata - PE. 2017. Orientador: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira. Co-orientadores: José Antônio Aleixo da Silva e Luiz Carlos Marangon.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica e estrutura diamétrica por meio de funções de densidade probabilísticas em um fragmento florestal. O trabalho foi realizado em um fragmento da Mata Atlântica, conhecido comumente como Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata. Foram alocadas em 2013, sistematicamente, 40 parcelas permanentes e em 2016 foram remensurados todos os indivíduos arbóreos marcados no primeiro levantamento e mensurados aqueles que atingiram o nível de inclusão ≥ 15 cm de circunferência a 1,30 m do solo. A caracterização da estrutura horizontal foi realizada pelas estimativas dos parâmetros fitossociológicos visando identificar as dez espécies de maiores valor de importância (VI). Foram estimados o crescimento, ingresso e mortalidade no período 2013-2016. O número de classes diamétricas foi definido a partir da análise de distintas fórmulas, a fim de determinar o ideal para a comunidade e para as 10 espécies de maiores VI. As funções de densidade probabilísticas (fdp) analisadas foram Normal, Log normal, Beta, Gamma, Weibull 2P, Weibull 3P e Hiperbólica. Para escolher da fdp de melhor descrição da distribuição diamétrica foram utilizados o erro padrão da estimativa e aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov a 1% de probabilidade. O fragmento apresentou equilíbrio nas taxas de recrutamento e mortalidade. A fórmula de Sturges foi a que atendeu a determinação do número ideal de classes de diâmetro para definir a distribuição diamétrica do fragmento estudado. A comunidade florestal apresentou um padrão de distribuição diamétrica típico de florestas naturais, em forma de “J” invertido, bem como, de uma forma geral as espécies de maior VI. No ajuste da distribuição diamétrica as funções de Weibull 3P e Hiperbólica foram as que apresentaram maior aderência aos dados, tanto para a comunidade como para as dez espécies de maior valor de importância.

Palavras-chave: Beta; Gama; Hiperbólica; Normal; Log normal; Weibull.

SOUZA, RAIANNY NAYARA Dynamics and diametric distribution of tree species in a forest fragment, São Lourenço da Mata – PE, Brazil. 2017. Advisor: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira. Co-advisor: José Antônio Aleixo da Silva e Luiz Carlos Marangon.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the dynamics and diametric structure by means of probabilistic density functions in a forest fragment. The work was carried out in a fragment of the Atlantic Forest, commonly known as Mata do Camurim, located in the municipality of São Lourenço da Mata. A total of 40 permanent plots were systematically allocated in 2013 and in 2016 all tree individuals marked in the first survey were remeasured and those that reached inclusion level ≥ 15 cm in circumference at 1.30 m from the soil were measured. The characterization of the horizontal structure was carried out by the estimation of phytosociological parameters in order to identify the ten species of greatest value of importance (VI). Growth, Ingrowth and mortality in the period 2013-2016 were estimated. The number of diametric classes was defined from the analysis of different formulas, in order to determine the ideal for the community and for the 10 species of major VI. The probabilistic density functions (fdp) analyzed were Normal, Log normal, Beta, Gamma, Weibull 2P, Weibull 3P and Hyperbolic. In order to choose from the best description of the diameter distribution, the standard error of the estimate was used and the Kolmogorov-Smirnov test was applied at 1% probability. The fragment showed equilibrium in recruitment rates and mortality. The Sturges formula was the one that met the determination of the ideal number of diameter classes to define the diametric distribution of the fragment studied. The forest community presented a pattern of diametric distribution typical of natural forests, in inverted "J" form, as well as, in general, the species of higher VI. In the adjustment of the diametrical distribution the functions of Weibull 3P and Hyperbolic were the ones that presented greater adherence to the data, for the community as well as for the ten species of greater value of importance.

Keywords: Beta; Gamma; Hyperbolic; Normal; Normal log; Weibull.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização fragmento florestal do Engenho Camurim, no município de São Lourenço da Mata, Região Metropolitana do Recife, PE.....	31
Figura 2: Famílias com maiores números de indivíduos que ocorrem na Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata, Pernambuco.	41
Figura 3: Espécies com maiores valores de importância na Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata, PE.	45
Figura 4: Incremento periódico anual médio em área basal por classe diamétrica no fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata –PE.....	48
Figura 5: Distribuição diamétrica dos indivíduos do fragmento florestal da Mata do Camurim, localizados no município de São Lourenço da Mata - PE, para os anos 2013 e 2016.	50
Figura 6: Distribuição diamétrica dos indivíduos das dez espécies de maior VI no fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata - PE, para os anos 20013 e 2016.	53
Figura 7: Curvas de ajuste da função Normal para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.	59
Figura 8: Curvas de ajuste da função Log-Normal para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.....	60
Figura 9: Curvas de ajuste da função Weibull 2P para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.....	61
Figura 10: Curvas de ajuste da função Beta para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE. ..	62
Figura 11: Curvas de ajuste da função Gamma para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.	63
Figura 12: Curvas de ajuste da função Weibull 3P para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.....	64
Figura 13: Curvas de ajuste da função Hiperbólica para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critério para determinar o número de classes diamétricas.	22
Tabela 2: Número de indivíduos, espécies, gêneros e famílias nos levantamentos de 2013 e 2016 na Mata do Camurim, localizado no Município de São Lourenço da Mata – PE.	41
Tabela 3: Estimativas dos parâmetros fitossociológicos das espécies no fragmento de Floresta Ombrófila Densa, localizado no município de São Lourenço da Mata, PE. Dados em ordem decrescente de VI. Em que: Ni – Número de indivíduos da espécie i; DA- Densidade absoluta em ind/ha; DR- Densidade relativa em %; FA- Frequência absoluta em %; FR- Frequência relativa em %; DoA- Dominância absoluta em m ² /ha; DoR- Dominância relativa em %; e VI- Valor de importância.	42
Tabela 4: Dinâmica florestal no fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata – PE, entre os anos de 2013 e 2016, totalizando um intervalo de três anos.	46
Tabela 5: Número de árvores ingressantes e mortas e taxa anual de recrutamento e mortalidade, por classe diamétrica e para o fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.	46
Tabela 6: Número de indivíduos e Incremento periódico médio anual (cm ano ⁻¹) em diâmetro por classe diamétrica e para o fragmento da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata –PE.	47
Tabela 7: Crescimento periódico em área basal (m ² /ha), observado no período de monitoramento o fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata (2013-2016).	48
Tabela 8: Estatísticas descritivas dos conjuntos de dados da variável DAP para a Comunidade arbustiva-arbórea encontrados no fragmento da Mata do Camurim, localizados no município de São Lourenço da Mata-PE.	49
Tabela 9: Número de classes diamétricas segundo as fórmulas para o fragmento florestal Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.	49
Tabela 10: Número de classes de diâmetro e seus respectivos intervalos entre classes obtidos pela metodologia de Sturges para as espécies de maior VI encontrados no levantamento de 2013 e 2016 no fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata-PE.	52
Tabela 11: Parâmetros estimados das funções de distribuição diamétrica para o fragmento florestal e para as espécies de maior VI encontrados na Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata - PE. Em que: (1) = <i>Tapirira guianensis</i> , (2) = <i>Schefflera morototoni</i> , (3) = <i>Miconia prasina</i> , (4) = <i>Thyrsodium spruceanum</i> , (5) = <i>Eschweilera ovata</i> , (6) = <i>Miconia affinis</i> , (7) = <i>Brosimum guianense</i> , (8) = <i>Simarouba amara</i> , (9) = <i>Protium heptaphyllum</i> , (10) = <i>Cupania oblongifolia</i>	55
Tabela 12: Teste de Kolmogorov-Smirnov e ranking de classificação para os modelos de distribuição diamétrica ajustados para o fragmento florestal e para as espécies de maior VI encontrado na Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata - PE. Em que: (1) = <i>Tapirira guianensis</i> , (2) = <i>Schefflera morototoni</i> , (3) = <i>Miconia prasina</i> , (4) = <i>Thyrsodium spruceanum</i> , (5) = <i>Eschweilera ovata</i> , (6) = <i>Miconia affinis</i> , (7) = <i>Brosimum guianense</i> , (8) = <i>Simarouba amara</i> , (9) = <i>Protium heptaphyllum</i> , (10) = <i>Cupania oblongifolia</i>	56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 MATA ATLÂNTICA	15
2.2 DINÂMICA FLORESTAL	16
2.2.1 Crescimento e Incremento	18
2.2.2 Recrutamento ou Ingresso	19
2.2.3 Mortalidade	19
2.3 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA	20
2.3.1 Distribuição Weibull	24
2.3.2 Distribuição Normal	25
2.3.3 Distribuição Log-Normal	26
2.3.4 Distribuição Gamma	27
2.3.5 Distribuição Beta	28
2.3.6 Distribuição Hiperbólica	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 ÁREA DE ESTUDO	31
3.2 COLETA DOS DADOS	32
3.3 ANÁLISE DOS DADOS	32
3.3.1 Estrutura horizontal	32
3.3.2 Dinâmica florestal	33
3.3.3 Estrutura diamétrica	34
3.3.4 Modelagem da distribuição diamétrica	36
3.3.5 Teste de aderência	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 ESTRUTURA HORIZONTAL	41
4.2 DINÂMICA FLORESTAL	45
4.3 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA	49
4.4 AJUSTE DOS MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA	54
5 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é uma das áreas mais ricas em biodiversidade e também uma das mais ameaçadas do planeta. Durante séculos ela vem sendo alvo de ações antrópicas, o que acarretou na formação de fragmentos florestais, reduzindo sua área drasticamente. Esse processo de fragmentação tem sido intensificado pela expansão das áreas urbanas, principalmente no litoral. Ressalta-se ainda que além da expansão urbana, no estado de Pernambuco, ao redor da Mata Atlântica existem canaviais, que podem ser considerados como grandes responsáveis pelo desmatamento e, conseqüentemente, pela formação de fragmentos florestais.

A fragmentação de ecossistemas, de maneira geral, caracteriza-se por três principais efeitos: aumento no isolamento dos fragmentos, diminuição em seus tamanhos e aumento da suscetibilidade a distúrbios externos, tais como invasão por espécies exóticas ou alterações em suas condições físicas (GENELETTI, 2004). Essa intensa fragmentação torna o ecossistema frágil, despertando preocupações, evidenciando a necessidade de estudos visando subsidiar ações para manter a sustentabilidade dos fragmentos.

O estudo e o conhecimento sobre a dinâmica e a estrutura dos remanescentes florestais é o início para compreensão e formulação de estratégias que visam subsidiar a adoção de critérios que têm em vista ações conservacionistas e a restauração de fragmentos florestais.

Por meio da análise da dinâmica florestal se pode levantar informações concretas sobre o crescimento, bem como as entradas (ingresso) e saídas (mortalidade) de indivíduos no sistema, obtendo assim subsídios para se conhecer o estágio atual de desenvolvimento da floresta e de suas principais espécies. Tais estudos são de extrema importância para se conhecer as dificuldades de regeneração e desenvolvimento das espécies, favorecendo a intervenção do homem e propiciando melhores condições de sobrevivência e perpetuação dessas espécies (CORAIOLA, 2003).

Um outro estudo estreitamente relacionado com a dinâmica é a análise da estrutura florestal, que é fundamental para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas e dos padrões de distribuição diamétrica.

A distribuição diamétrica surge como um potente indicador da estrutura florestal, pois permite distinguir diferentes tipologias florestais e fornece base para identificar a intensidade da regeneração natural em nível de espécie e para a floresta como um todo, além de ser uma importante medida do estoque em crescimento (SCOLFORO, 2006).

Ressalta-se ainda, que a partir do estudo da distribuição diamétrica é possível inferir sobre o nível de conservação das comunidades florestais, indicando se a vegetação se encontra

em equilíbrio ou desequilíbrio a partir da proporção do número de indivíduos contidos nas classes de diâmetro, que irá influenciar diretamente na intensidade da curva projetada, onde, de acordo com diversos autores (FELFILI et al., 1998; STERBA, 2004; SOUZA et al., 2006) essa curva deve-se assemelhar a forma de “J” invertido em florestas inequidâneas para que ela seja considerada balanceada.

O estudo da distribuição diamétrica também permite a avaliação prévia das condições dinâmicas da floresta, possibilitando previsões quanto ao desenvolvimento da comunidade (SIMINSKI et al., 2004). Com base nisto, pode-se afirmar que a estrutura diamétrica é uma ferramenta que pode ser utilizada para inferir sobre o passado e o futuro das comunidades vegetais (SCOLFORO et al., 1998).

No entanto, somente o conhecimento acerca da distribuição diamétrica atual de um povoamento nem sempre é suficiente. Neste sentido, a melhor forma de descrever a estrutura diamétrica de uma floresta ou de uma espécie é pelo emprego de funções de densidade probabilística (FDP), pois essas permitem obter a probabilidade de as árvores ocorrerem dentro de determinados intervalos de diâmetro (MACHADO et al., 2010).

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 (SANTOS et al., 2016).

Diante do exposto, o objetivo principal deste estudo foi avaliar a dinâmica e a estrutura diamétrica das espécies arbóreas utilizando funções de densidade probabilísticas no fragmento florestal Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata, no estado de Pernambuco. Tendo como objetivos específicos:

- Caracterizar a estrutura horizontal do fragmento florestal;
- Analisar os processos dinâmicos do fragmento florestal (crescimento, ingresso e mortalidade);
- Determinar o número de classes diamétricas a partir de diferentes fórmulas e escolher a que apresentou o número ideal de classes diamétricas para o fragmento em estudo;
- Analisar a distribuição diamétrica do fragmento e das dez espécies de maior valor de importância;
- Encontrar o modelo que obtenha um melhor ajuste para as distribuições diamétricas do fragmento florestal e para as dez espécies de maior valor de importância.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MATA ATLÂNTICA

As florestas tropicais são conhecidas por suas extensas áreas e por sua rica biodiversidade, além de ser composta por diversas formações florestais. Dentre essas formações encontra-se a Mata Atlântica.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio do artigo 3º, do Decreto Federal Nº 750, de 10 de Fevereiro de 1993, considera-se Mata Atlântica as formações florestais e ecossistemas associados inseridos no domínio Mata Atlântica, com as respectivas delimitações estabelecidas pelo Mapa de Vegetação do Brasil, IBGE 1988: Floresta Ombrófila Densa Atlântica, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, manguezais restingas campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste.

De uma forma mais sucinta, fazem parte da Mata Atlântica diversas formações florestais, que vão desde a região sul até o nordeste brasileiro, abrangendo total ou parcialmente 17 estados brasileiros com uma área original de 1.306 km² equivalente a 15% do território nacional (CAPOBIANCO, 2001).

A sua área original foi reduzida drástica com o passar dos anos devido sua intensa exploração, que provocou modificações expressivas na sua paisagem original. Essa degradação teve início com a chegada dos portugueses, no século XVI, quando o pau-brasil (*Paubrasilia echinata* (Lam.) E. Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis) começou a ser intensamente explorado (PINTO et al., 2009; TABARELLI et al., 2010).

Hoje, a Mata Atlântica é um dos mais importantes *hotspots* mundiais, encontrando-se em 4º lugar, por ser uma das regiões mais ricas e ameaçadas do mundo (MYERS et al., 2000). De acordo com Silva et al. (2014), *hotspots* são biomas que contém mais de 70% de redução de sua área coberta por floresta e alta taxa de biodiversidade com grande quantidade de endemismo, tornando-se áreas de extrema importância conservacionistas.

No entanto, a importância da Floresta Atlântica não está exclusivamente atrelada a sua biodiversidade, somam-se a estes outros benefícios sociais e ambientais, tais como: controle climático, depuração do ar, manutenção dos mananciais hídricos, estabilidade geomorfológica e beleza paisagística, além de possuir um patrimônio histórico e cultural de valor inestimável (SILVA JUNIOR, 2004).

Na Região Nordeste do Brasil a Mata Atlântica apresenta uma pequena parte da sua vegetação original, dispersa na forma de pequenos fragmentos circundados por áreas abertas, canaviais ou localizados dentro de áreas urbanas (RANTA et al., 1998).

Os estudos biológicos da Floresta Atlântica localizada no Nordeste do Brasil são da mais absoluta urgência por causa da escassez de áreas bem preservadas e da extrema vulnerabilidade do bioma como um todo, uma vez que os estudos dessa preservação são mais acentuados nos Estados do Sudeste e Sul do Brasil. O conhecimento e a distribuição da biodiversidade são condições adequadas para medidas de conservação e recuperação do ecossistema (RÊGO; HOEFLICH, 2001).

Dentre os Estados mais desmatados dessa região, encontra-se Pernambuco, pois a ação antrópica transformou as áreas de Mata Atlântica situadas no litoral pernambucano em vários fragmentos de diferentes tamanhos, formas, graus de isolamento, tipos de vizinhança e histórico de perturbação, que acabou comprometendo, dessa forma, a composição, estrutura e dinâmica da floresta (VIANA, 1990).

A fragmentação florestal é geralmente definida como um processo em que um grande habitat de floresta contínua é transformado em uma série de pequenos fragmentos, isolados uns dos outros por uma matriz de habitats diferentes da original (VIANA, 1990; LAURENCE et al., 2001).

Como os fragmentos possuem área menor que o original, os mesmos abrigam um número menor de espécies e de populações, o que reduz a probabilidade de persistência de sua biodiversidade tanto em escala local quanto regional (BRANDÃO, 2013). Para Gascon et al. (2000), as extinções associadas à perda de habitat podem diminuir de forma drástica a biodiversidade nos fragmentos menores que 100 ha e imersos em matrizes antrópicas. Essa intensa fragmentação torna o ecossistema frágil, despertando preocupações, evidenciando a necessidade de estudos que visem subsidiar ações que mantenham a sustentabilidade dos fragmentos florestais (GENELETTI, 2004).

2.2 DINÂMICA FLORESTAL

As comunidades florestais representam a agregação final das espécies após uma série de associações que podem ter iniciado de uma sucessão primária ou secundária (PIRES O'BRIEN; O'BRIEN, 1995). A sucessão natural das espécies se constitui numa sequência de mudanças estruturais e florísticas decorrente de um distúrbio no ambiente da floresta

relacionado com o tamanho do distúrbio ou clareira, permitindo a entrada de luz até o solo, ao banco de sementes e ao potencial vegetativo das espécies (CARVALHO, 1997).

A formação de clareiras é o início da dinâmica de uma floresta, provocando mudanças nas características edafoclimáticas, dando início ao processo de sucessão vegetal (CARVALHO, 1997). A clareira é definida como uma abertura no dossel da floresta ocasionada pela queda de árvores ou de parte de suas copas. Em cada caso, formam-se clareiras de tamanhos diferentes, sendo assim a dinâmica da floresta, relacionada à sucessão vegetal, ocorre de forma diferenciada em relação ao processo de formação das clareiras

A dinâmica procura descrever o processo de alteração na vegetação em diferentes escalas espaciais e temporais com respeito as mudanças na sua composição e estrutura, sendo a sucessão um caso especial de sua dinâmica (PICKETT et al., 2008).

Nos processos da dinâmica, indivíduos de várias espécies se estabelecem, crescem, reproduzem e morrem. Os indivíduos que morrem são substituídos pelo crescimento dos indivíduos vizinhos ou pelo estabelecimento de novos indivíduos da mesma ou de diferentes espécies. Cada uma dessas mudanças ao longo do tempo interpreta-se como uma transição de um estágio sucessional para outro (MOSCOVICH, 2006).

As dinâmicas estrutural e florística são causadas por uma gama de fatores, em que a simples queda de um indivíduo arbóreo na floresta ou outros distúrbios em escala maior, como a exploração da floresta e sua fragmentação, os surtos de incêndios, furacões, deslizamentos e enchentes proporcionam um forte efeito sobre a composição florística e estrutura das árvores e suas comunidades (JOHNSON; MIYANISHI, 2007).

O ponto mais alto do processo dinâmico é uma comunidade na qual o ingresso, crescimento e mortalidade se constituem nos fatores básicos ao desenvolvimento da estrutura diamétrica, os quais dependem do meio ambiente, fatores bióticos, composição de espécies e densidade. O que implica dizer que os fatores diretamente relacionados com o desenvolvimento de distribuições diamétricas são as taxas de ingresso, crescimento e mortalidade, ou seja, as mudanças em números de novos indivíduos do povoamento, incremento do diâmetro e perdas por mortalidade (SANQUETTA et al., 2001).

Neste sentido, o estudo dos processos dinâmicos (crescimento, mortalidade e ingresso) de uma floresta é de grande importância, visto que estes parâmetros indicam o crescimento e as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura (HOSOKAWA et al., 1998).

2.2.1 Crescimento e Incremento

O termo crescimento se refere ao aumento das dimensões de um ou mais indivíduos em uma floresta ao longo de um determinado período de tempo, sendo verificado pelo avanço de suas dimensões físicas, como o diâmetro, a altura, o volume, a área basal, etc. (ASSMANN, 1970; VANCLAY, 1994; SCHNEIDER, 2009).

Davis e Johnson (1987) definiram cinco tipos diferentes de crescimento da floresta:

1. Crescimento líquido excluindo ingresso, como o crescimento das árvores sobreviventes.
2. Crescimento líquido incluindo ingresso, como o crescimento das árvores sobreviventes, adicionando-se o volume das árvores recrutadas, no período de crescimento.
3. Crescimento bruto excluindo ingresso, como o crescimento das árvores sobreviventes adicionando-se o volume das árvores mortas no período de crescimento.
4. Crescimento bruto incluindo ingresso, como sendo o crescimento das árvores sobreviventes, adicionando-se o volume das árvores mortas no período de crescimento e das árvores recrutadas.
5. Mudanças líquidas, consistem na diferença entre o volume existente no final do período de crescimento e o volume existente no início do período de crescimento.

O incremento geralmente é expresso por um dos seguintes tipos, de acordo com Campos e Leite (2009) e Schneider e Schneider (2008):

- 1) Incremento corrente anual (ICA) que corresponde ao valor do aumento da produção no período de um ano;
- 2) Incremento médio anual (IMA) é a produção até uma idade particular dividida por essa idade, ou seja, a taxa média do aumento da produção desde a implantação do povoamento até uma idade particular;
- 3) Incremento periódico (IP) é o incremento durante um determinado período de tempo;
- 4) Incremento periódico anual (IPA), algumas vezes chamado incremento periódico anual médio, representa a diferença de produção entre duas idades dividida pelo período, em anos, ou seja, incremento médio num determinado período de tempo.

De acordo com Carvalho (1997), existe variação de crescimento entre espécies, assim como pode haver variação dentro de uma mesma espécie e entre indivíduos. Essas diferenças no crescimento ocorrem devido a importantes fatores como: disponibilidade de luz, fertilidade dos solos, regimes pluviométricos, idade da floresta, grupos ecológicos predominantes, características genéticas da espécie, grau de sanidade das árvores, entre outros.

2.2.2 Recrutamento ou Ingresso

O recrutamento, que também é conhecido como ingresso, refere-se às árvores que ingressaram em um levantamento, mas que não foram mensuradas anteriormente por não terem atingido o diâmetro mínimo pré-determinado no monitoramento da floresta (CAMPOS; LEITE, 2009; PINTO, 2008).

Os ingressos são obtidos pelo uso de parcelas permanentes convencionais (SILVA et al., 2001a; TSUCHIYA et al., 2006) e as taxas de ingressos são obtidas simplesmente pela contagem das árvores. A sua dinâmica está relacionada à densidade do povoamento, mortalidade de árvores, histórico da exploração, tipo de floresta, presença de árvores portaseementes, dinâmica de clareiras, e outros fatores empiricamente determináveis na parcela (PINTO, 2008)

O conhecimento das taxas de ingressos é de grande importância, uma vez que a sustentabilidade de uma população florestal, entre outros fatores, depende do processo de substituição de indivíduos, tanto em decorrência da renovação natural das populações quanto após algum distúrbio, pois a regeneração das florestas depende, principalmente, do recrutamento de indivíduos, a partir da chuva de sementes que foi dispersa no local (ALVAREZ-BUYLLA; GARCIA-BARRIOS, 1991).

2.2.3 Mortalidade

Considerada como um dos mais importantes fatores que influenciam a dinâmica, a mortalidade refere-se ao número de árvores que foram medidas inicialmente e que morreram durante o período de crescimento considerado (SANQUETTA et al, 1996; CAMPOS; LEITE, 2009), podendo também ser expressa como uma taxa explicitada pela razão entre o número de indivíduos que morreram e o total existente anteriormente ao evento causador da morte (VANCLAY, 1994).

Diversos fatores podem causar a mortalidade em povoamentos florestais, entre os quais estão: idade ou senilidade, competição, enfermidades ou pragas, condições climáticas adversas, fogos naturais, anelamento, envenenamento e corte ou abate de árvore (SANQUETTA et al, 1996).

O padrão de mortalidade das árvores está fortemente ligado a longevidade natural das espécies, à distribuição nas classes de tamanho, à abundância relativa das espécies, e ao tamanho e número de clareiras. As perdas de árvores influenciam as condições do

microambiente e, conseqüentemente na taxa de crescimento de árvores vizinhas, ou seja, a morte de uma árvore pode aumentar ou decrescer a probabilidade da morte de outras (SWAINE et al., 1987).

2.3 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

A estrutura de uma floresta se baseia, principalmente, na distribuição de árvores e de suas dimensões em relação a uma unidade de área, resultado das características do crescimento das espécies florestais, dos fatores ambientais e das atividades de manejo (MIGUEL et al., 2010).

Neste contexto, Machado et al. (2009) afirmam que o conhecimento da distribuição diamétrica de uma floresta se torna uma ferramenta importante no levantamento da estrutura horizontal de uma floresta, pois possibilita distinguir e caracterizar diferentes tipologias florestais, além de ser um potente indicador do estoque de crescimento florestal, avaliando a intensidade de regeneração e fornecendo subsídios para tomada de decisões e do planejamento do manejo a ser aplicado em determinada área.

Quando é realizado um inventário florestal permanente, com repetidas medições, a distribuição diamétrica corresponde uma importante ferramenta para avaliar a dinâmica da floresta, possibilitando, desta forma, previsões sobre o desenvolvimento das comunidades florestais (GÜL et al., 2005; MACHADO et al., 2009).

Os primeiros estudos sobre distribuição diamétrica foram desenvolvidos por De Liocourt em 1898, que lançou a teoria de que a distribuição diamétrica em florestas heterogêneas segue uma distribuição em forma de “J” invertido, onde o número de árvores nas classes diamétricas sucessivas decresce numa progressão constante. Dessa forma, o manejo dessas florestas resultaria na aproximação de uma distribuição balanceada, capaz de assegurar uma produção sustentada (MACHADO et al., 2009). Neste sentido, Meyer (1952) utilizou o modelo de regressão simples para estimar o número de indivíduos nas classes diamétricas de modo a balancear a floresta.

No Brasil, o estudo das distribuições diamétricas tem sido muito utilizado como ferramenta para o manejo de florestas, sendo também difundido e aplicado na Europa e Estados Unidos por ser um método fácil e eficiente na caracterização de um povoamento (BARTOSZECK et al., 2004).

De acordo com Scolforo (2006) as distribuições diamétricas são classificadas em: unimodal, multimodal e decrescente. O termo unimodal caracteriza uma distribuição em forma

de monte ou sino que apresenta um único ponto de maior frequência, como é visto no caso da curva de distribuição normal e são características de florestas equiâneas.

Já a distribuição multimodal apresenta mais de um ponto de maior frequência e tem pouca importância nas pesquisas florestais por não ocorrer naturalmente. Pode ocorrer em qualquer povoamento florestal que seja aplicado um sistema de exploração em certas classes diamétricas (UMAÑA; ALENCAR, 1998; SCOLFORO, 2006; HERRERA et al., 2009).

A distribuição diamétrica decrescente tem por característica apresentar uma curva cuja frequência diminui ao aumentar a classe de diâmetro, sendo denominada de “J” invertido por apresentar uma forma típica de uma distribuição exponencial negativa e esse tipo de distribuição é muito comum em florestas naturais de composição variada em espécies e idade (SCHAAF et al., 2006)

A análise das distribuições diamétricas de um povoamento florestal considera a frequência por classe de diâmetro, sendo possível descrever uma floresta ou os indivíduos de uma espécie em termos de abundância (n/ha) (CUNHA et al., 2002), sendo bem correlacionados também com variáveis importantes do povoamento, tais como: volume e a área basal, no qual proporcionará conclusões sobre a estrutura da floresta, permitindo obter informações bastante valiosas tanto para fins econômicos quanto para fins biológicos (BAILEY; DELL, 1973; CUNHA et al., 2002; ARCE, 2004; SCHNEIDER, 2009).

Para poder organizar e entender uma distribuição diamétrica é necessário o conhecimento correto de como distribuir o número de classe de diâmetro numa determinada amostra de dados (FERREIRA, 2011). Neste sentido, para que seja possível a construção das distribuições de frequência diamétrica é necessário, segundo Leão (2006), que:

- As classes tenham amplitudes iguais, com a escolha dos limites nos intervalos entre duas possíveis observações;
- O número de intervalos não deve ultrapassar a vinte classes;
- A escolha dos limites deve facilitar o agrupamento;
- A marcação dos pontos médios deve ser entre os intervalos;
- Na construção de histogramas, cada retângulo deverá ter uma área proporcional à frequência relativa correspondente ou à frequência absoluta.

Além disto, pode-se basear na construção de uma tabela de classes de frequência utilizando critérios empíricos para determinar o número de classe diamétrica para um determinado tamanho de amostra (Tabela 1).

Tabela 1: Critério para determinar o número de classes diamétricas.

Tamanho da Amostra (n)	Número de Classe (c)
30 a 50	5 a 7
51 a 100	6 a 10
101 a 250	7 a 12
Acima de 250	10 a 20

Fonte: Leão (2006)

Um outro procedimento metodológico menos subjetivo e muito utilizado na literatura é baseado na utilização da regra de Sturges, no qual se pode estabelecer de forma mais prática o número de classes a partir da seguinte fórmula:

$$n = 1 + 3,33\log N \quad \text{Eq.(1)}$$

Em que:

n = número de classes

N = número de observações.

O número de classes também pode ser definido pelas seguintes fórmulas:

- Dixon e Kronmal (1965): $n = 10 * \log N$ Eq.(2)

- Velleman (1976): $n = 2 * \sqrt{N}$ Eq.(3)

- Angeline e Milone: $n_c = 2 * \ln N$ Eq.(4)

- Raiz quadrada: $n_c = N^{1/2}$ Eq.(5)

- Amplitude de classe: $n_c = A_T/h$ Eq.(6)

Já Crespo (2009) descreve a regra que associa n e N de uma maneira diferente, obtendo resultado similar quando comparado a fórmula clássica de Sturges.

$$n = \sqrt{N} \quad \text{Eq.(7)}$$

Com a definição do número de classes diamétricas, pode-se determinar o intervalo de classe diamétrica por meios da amplitude total da amostra:

$$IC = A/n \quad \text{Eq.(8)}$$

Em que:

IC = intervalo de classe

A = amplitude entre o maior e menor valor de diâmetro da amostra de dados

n = número de classes

Nas práticas dendrométricas, em florestas plantadas os intervalos nas classes diamétricas variam em torno de 2 a 3 cm, já em florestas heterogêneas esse intervalo se mostra com valores em torno de 5 a 10 cm (IMANÑA, 2002).

A distribuição diamétrica de um povoamento florestal é facilmente avaliada por meio da medição direta das árvores, com os diâmetros agrupados em classes. No entanto, somente o conhecimento acerca da distribuição diamétrica atual de um povoamento nem sempre é suficiente (ARAÚJO JUNIOR et al., 2010). Quando se deseja analisar o crescimento e a produção por classe de diâmetro, é necessário empregar modelos de distribuição diamétrica, que são baseados em Funções de Densidade de Probabilidade (FDP), que permitem obter a probabilidade das árvores ocorrerem dentro de intervalos ou classes de diâmetro, em que haja um limite inferior e outro superior (SCOLFORO, 2006).

Carelli Netto (2008) ressalta que o estudo da distribuição diamétrica, por meios de formulações matemáticas, exerce uma grande importância para o bom planejamento e para o controle das atividades florestais, além de ser um instrumento para a predição da produção e do crescimento das árvores.

Deste modo, é possível se fazer a predição da produção florestal por meio do uso das funções de densidade de probabilidade (FDP), avaliando e selecionando a mais eficiente, capaz de exprimir a real distribuição diamétrica, e assim utilizar a função selecionada nos modelos de prognose (FERREIRA, 2011).

Algumas funções de densidade de probabilidade se ajustam melhor do que outras dependendo da estrutura da floresta e de como os diâmetros se dispõem nos intervalos de classes. Além disso, alguns métodos de ajuste apresentam melhores estimativas do que outros (ORELLANA, 2009).

Para realizar o ajuste de distribuições diamétricas, as funções mais usuais são: Weibull, Normal, Log-normal, Gamma, Beta e Hiperbólica.

2.3.1 Distribuição Weibull

A distribuição Weibull foi proposta inicialmente por Fisher e Tippett em 1928, sendo desenvolvida em 1939 pelo físico sueco Walodi Weibull, em um estudo sobre resistência dos materiais (SILVINO et al., 2007).

No campo florestal, Bailey e Dell (1973) foram os primeiros a empregar a função de densidade de probabilidade de Weibull para o ajuste da distribuição diamétrica. A distribuição de Weibull é a mais utilizada devido a sua alta flexibilidade e a possibilidade de se ajustar a uma infinidade de formas de curvas, sendo seu uso ideal para qualquer tipo de floresta (CAMPOS; LEITE, 2009; BINOTI et al., 2010). Scolforo (2006), destaca ainda que um dos motivos que fazem a distribuição Weibull ser aplicada em muitas situações é a íntima relação entre os parâmetros e o comportamento da distribuição.

A função de Weibull pode ser apresentada em dois e três parâmetros, conforme Campos e Leite (2009):

- Weibull 2 parâmetros

$$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma}\right] \quad \text{Eq.(9)}$$

$$X \geq 0, \beta > 0 \text{ e } \gamma > 0$$

- Weibull 3 parâmetros

$$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma}\right] \quad \text{Eq.(10)}$$

$$\alpha \leq x < \infty, \alpha \geq 0, \beta > 0 \text{ e } \gamma > 0$$

Em que:

α = parâmetro de locação;

β = parâmetro de escala;

γ = parâmetro de forma;

x = variável de interesse (diâmetro).

O parâmetro (γ), denominado de parâmetro de forma, é o responsável pela grande variedade de forma que a distribuição Weibull pode assumir. Quando $\gamma < 1$, a função é decrescente de maneira abrupta; quando $\gamma = 1$ a função é exponencial negativa; para valores

onde $\gamma > 1$ a função é unimodal; quando $1 < \gamma < 3,6$ a distribuição tem assimetria positiva; quando $\gamma = 3,6$ é aproximadamente uma distribuição normal e quando $\gamma > 3,6$ a distribuição tem assimetria negativa (BAKER et al., 2005; SCHNEIDER et al., 2008).

De acordo com Barra (2004) e Campos e Leite (2009) existem diferentes métodos apropriados para o ajuste da função de densidade de probabilidade de Weibull, entre eles estão os métodos da máxima verossimilhança, métodos dos momentos, métodos dos percentis e método gráfico. Conforme Scolforo (2006), o método dos percentis apresenta uma forma mais simples de se obter os parâmetros da distribuição de Weibull.

2.3.2 Distribuição Normal

A distribuição Normal é considerada a mais importante entre as várias distribuições contínuas existentes. Seu estudo teve início no século dezoito, quando uma análise de erros experimentais originou uma curva em forma de sino (FREUND; SIMON, 2000; CARELLI NETTO, 2008).

De acordo com Carelli Netto (2008), embora a distribuição Normal tenha sido utilizada pela primeira vez em 1733, por De Moivre, recebe também o nome de distribuição Gaussiana, em homenagem ao cientista alemão Karl Friedrich Gauss, o primeiro a aplicá-la em 1809, sendo as suas propriedades matemáticas posteriormente estudadas por De Moivre, Laplace e Gauss.

A distribuição Normal é amplamente empregada no campo de estatística experimental (STEPKA et al., 2011) e na área de ciências florestais e biológicas, pois a maioria das variáveis biométricas são aproximadamente normais, e as variáveis que não apresenta distribuição normal, pode ser facilmente transformada em variáveis normais (AMARAL, 1996).

De acordo com Scolforo (2006) e Campos e Leite (2009) a distribuição normal é representada pela função densidade de probabilidade da seguinte forma:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2\right) \quad \text{Eq.(11)}$$

Em que:

σ^2 = variância;

σ = desvio padrão;

μ = média;

x = variável de interesse (diâmetro).

Estes parâmetros indicam uma distribuição normal se apresentarem as seguintes dimensões e limites:

$$-\infty < x < \infty,$$

$$-\infty < \mu < \infty,$$

$$\sigma^2 > 0.$$

Uma das características mais importantes consideradas na distribuição Normal é que a mesma depende apenas dos dois valores ou parâmetros μ (média) e σ (desvio padrão). Há uma e só uma distribuição Normal com uma dada média e um dado desvio padrão. O gráfico dessa distribuição é uma curva em forma de sino que se prolonga indefinidamente em ambas as direções (FERREIRA, 2011).

Segundo Freund e Simon (2000), a distribuição Normal pode apresentar diferentes curvas dependendo do valor da média e do desvio padrão, sendo elas denominadas como:

- Platicúrtica: distribuição que se apresenta com maior desvio padrão e se mostra mais achatada, apontando uma maior dispersão em torno da média.
- Leptocúrtica: distribuição que tem um menor desvio padrão, apresenta um pico mais relevante com uma maior concentração em torno da média.
- Mesocúrtica: curva normal padronizada.

De acordo com os mesmos autores as distribuições normais com o mesmo desvio padrão e com médias diferentes possuem a mesma dispersão, porém diferem quanto à localização.

2.3.3 Distribuição Log-Normal

A distribuição Log-normal refere-se à função cuja transformação logarítmica da variável “x” apresenta distribuição Normal (GUIMARÃES, 2002). Tradicionalmente, a média e o desvio-padrão são dois parâmetros necessários para especificar um Log-normal, uma vez que são os mesmos parâmetros utilizados na distribuição Normal (CARELLI NETTO, 2008).

A função de densidade de probabilidade Log-normal é expressa da seguinte maneira:

$$f(x) = \frac{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^2\right]}{x\sigma\sqrt{2\pi}}, x \geq 0 \quad \text{Eq.(12)}$$

Em que:

σ = desvio padrão;

μ = média;

x = variável aleatória.

A distribuição Log-normal além de ser utilizada no campo das ciências florestais, é também muito utilizada em outras ciências como a hidrologia e hidroclimatologia (LYRA et al., 2006). Carelli Netto (2008) ressalta ainda que, a distribuição Log-normal é comumente utilizada para análise geral de confiabilidade, contudo, na área florestal, geralmente não apresenta vantagem se comparada a outras distribuições. Essa distribuição é utilizada de forma expressiva em dados de fenômenos meteorológicos, a exemplo de análise de precipitações mensais ou locais, assim como de velocidade de vento ou chuva.

A distribuição Log-normal apresenta uma particularidade que é uma certa sensibilidade quando se faz referência a dimensão da amostra. Isto implica dizer que quando uma amostra tem um número de elementos insuficiente ocorre um ajuste na sua curva, mostrando-se truncada no ponto em que a amostra está representada por um ou poucos indivíduos (CARELLI NETTO, 2008; FERREIRA, 2011).

2.3.4 Distribuição Gamma

A função Gamma (Equação 14) foi introduzida em 1729 pelo matemático suíço Leonhard Euler (GUIMARÃES, 2002). De acordo com Scolforo (1998), essa distribuição é considerada uma função flexível, podendo assumir ou se ajustar a diferentes tipos de curvas, passando por diversos graus de assimetria e além disso, pode ser aplicada tanto em florestas nativas quanto florestas plantadas.

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} \exp^{-x/\beta}}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \quad \text{Eq.(13)}$$

Em que:

α e β = parâmetros a serem estimados;

Γ = função Gamma;

x = variável de interessa.

Existem diferentes modos de ajustar a distribuição Gamma, podendo-se destacar o método da máxima verossimilhança e dos momentos. No entanto, Scolforo (2006) indica como mais eficiente o método dos momentos para estimativa dos parâmetros da função Gamma, por apresentar maior facilidade nos cálculos.

2.3.5 Distribuição Beta

A distribuição Beta foi desenvolvida por Pearson em 1894 e introduzida no campo florestal por Zöhrer (FINGER, 1992). É uma função bastante flexível, podendo assumir uma grande variedade de formas para uma ampla faixa de distribuições (FINGER, 1992; CUNHA 1994; SCOLFORO, 1998; CUNHA, 2002) e pode ser utilizada tanto para florestas nativas como para plantadas, e ajustar-se a diferentes tipos de curvas, passando por diferentes graus de assimetria (STEPKA et al., 2011). Esta função de densidade de probabilidade tem limites definidos entre o menor e maior valor, os quais restringem todos os valores de diâmetro dentro desses limites (SCOLFORO, 1998; SCOLFORO, 2006).

De acordo com Scolforo (2006), a função de densidade de probabilidade de Beta é definida por:

$$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \cdot \frac{1}{(x_{\max}-x_{\min})^{\alpha+\beta-1}} \cdot (x-x_{\min})^{\alpha-1} \cdot (x_{\max}-x)^{\beta-1} \quad \text{Eq.(14)}$$

Em que:

x = variável aleatória

d_{\max} e d_{\min} = valores máximos e valores mínimos da variável aleatória

α e β = parâmetros a serem estimados

Γ = função Gamma

Diversos autores afirmam que existem diferentes formas para estimar os parâmetros α e β na função Beta, podendo ser utilizados os método dos momentos, da média aritmética e variância, da verossimilhança, dentre outros. No entanto, o método dos momentos é mais utilizado devido a sua praticidade nos cálculos (UMAÑA; ALENCAR, 1998; ORELLANA, 2009).

Sendo assim, pelo métodos dos momentos os parâmetros α e β podem ser estimados de acordo com Finger (1982):

$$\alpha = \frac{(\bar{d}-d_{\min})((d_{\max}-\bar{d})(\bar{d}-d_{\min})-\sigma^2)}{\sigma^2(d_{\max}-d_{\min})} \quad \text{Eq.(15)}$$

$$\beta = \frac{(d_{\max}-\bar{d})((d_{\max}-\bar{d})(\bar{d}-d_{\min})-\sigma^2)}{\sigma^2(d_{\max}-d_{\min})} \quad \text{Eq.(16)}$$

Em que:

\bar{d} = média da variável aleatória diâmetro

d_{\max} e d_{\min} = diâmetro máximo e diâmetro mínimo

σ^2 = variância da variável aleatória diâmetro

A forma da distribuição Beta é definida pelos parâmetros α e β , o que implica dizer que eles determinam e modificam a forma da curvatura da distribuição de acordo com os valores fixados para cada parâmetro. Se $\sigma = \beta$ a distribuição é simétrica, se $\sigma > \beta$ a assimetria é negativa e no caso de $\sigma < \beta$, sua assimetria é positiva.

2.3.6 Distribuição Hiperbólica

Guimarães (2002) propôs uma nova função de densidade de probabilidade para descrever distribuições de diâmetros definida como função Hiperbólica. Essa função gera distribuições com pontos de inflexão, variando desde zero até o limite superior definido por $\tanh(1) = 0,76$. Isso confere a essa função maior flexibilidade quando comparado com a função Weibull, cujos pontos de inflexão variam entre zero e o limite de $(1-1/e) = 0,63$ (GUIMARÃES, 2002; LEITE et al., 2010; BINOTI et al., 2011).

A função hiperbólica de quatro parâmetros (4P) proposta por Guimarães (2002) é definida por:

$$f(x) = \left\{ \omega \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x-\alpha}{\beta} \right)^{(\gamma-1)} \left(1 - \tanh \left(\frac{x-\alpha}{\beta} \right)^\gamma \right)^2 \right\} \quad \text{Eq.(17)}$$

Em que:

α = parâmetro de locação;

β = parâmetro de escala ($\beta > 0$);

γ = parâmetro de forma ($\gamma > 0$);

ω = parâmetro assintótico, sendo o número de árvores da parcela;

x = centro de classe de diâmetro ($x > 0$).

A função Hiperbólica de três parâmetros (3P) pode ser descrita como:

$$f(x) = \left\{ \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x-\alpha}{\beta} \right)^{(\gamma-1)} \left(1 - \tanh \left(\frac{x-\alpha}{\beta} \right)^\gamma \right)^2 \right\} \quad \text{Eq.(18)}$$

Em que:

α = parâmetro de locação;

β = parâmetro de escala ($\beta > 0$);

γ = parâmetro de forma ($\gamma > 0$);

x = centro de classe de diâmetro ($x > 0$).

A supressão do parâmetro de locação da função caracteriza a função hiperbólica de dois parâmetros (2P), conforme apresentado abaixo:

$$f(x) = \left\{ \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x}{\beta} \right)^{(\gamma-1)} \left(1 - \tanh \left(\frac{x}{\beta} \right)^\gamma \right)^2 \right\} \quad \text{Eq.(19)}$$

Em que:

β = parâmetro de escala ($\beta > 0$);

γ = parâmetro de forma ($\gamma > 0$);

x = centro de classe de diâmetro ($x > 0$).

O parâmetro de locação pode ser substituído pelo diâmetro mínimo do povoamento ($\alpha = d_{\min}$), sendo ajustado da seguinte forma:

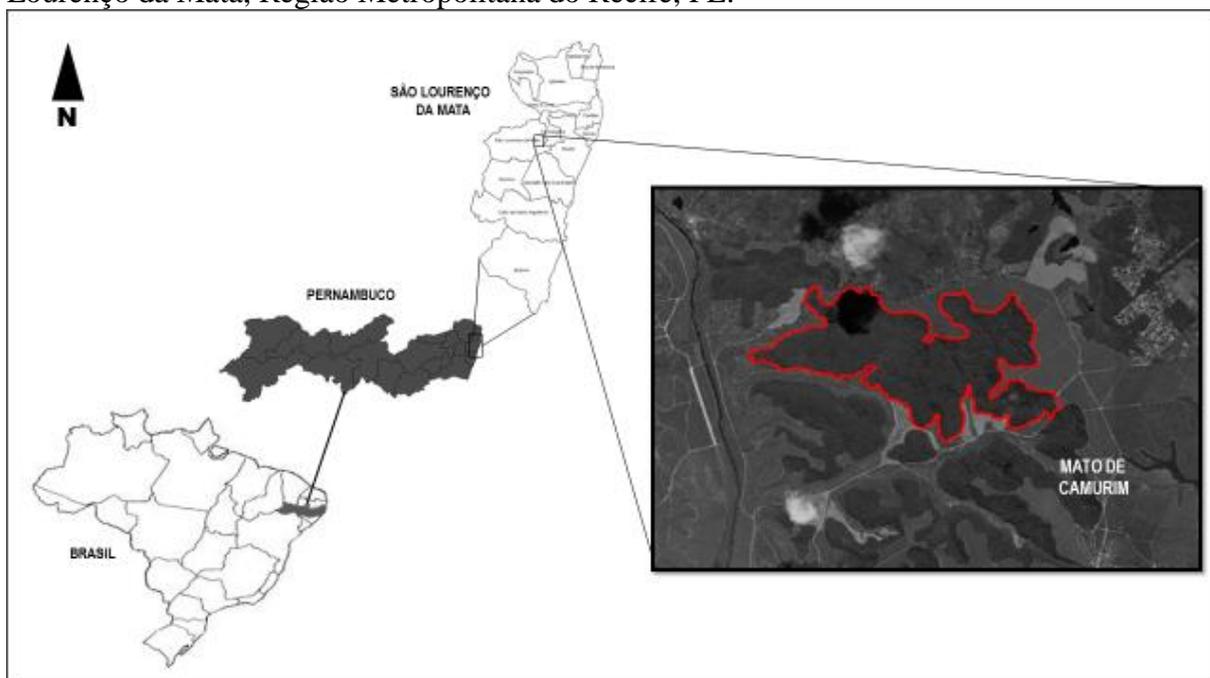
$$f(x) = \left\{ \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x-d_{\min}}{\beta} \right)^{(\gamma-1)} \left(1 - \tanh \left(\frac{x-d_{\min}}{\beta} \right)^\gamma \right)^2 \right\} \quad \text{Eq.(20)}$$

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área está situada em um fragmento de Mata Atlântica, conhecido localmente como Mata do Camurim, que pertence à Usina Petribú S/A e está localizado no município de São Lourenço da Mata, região metropolitana do Recife-PE, entre as coordenadas UTM 25M 270073E e 9121870S (Figura 1).

Figura 1: Localização fragmento florestal do Engenho Camurim, no município de São Lourenço da Mata, Região Metropolitana do Recife, PE.



O fragmento possui um área de 243,40 ha e sua vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 2012). O clima da região é do tipo As', segundo a classificação de Köppen, tendo características de clima tropical chuvoso com verão seco. Os índices pluviométricos chegam a 1.500 mm anuais, com o período chuvoso e concentração de chuvas nos meses de abril a julho, e os demais meses secos (ALVAREZ et al., 2013).

De acordo com o ZAPE (Zoneamento Agroecológico de Pernambuco) os solos predominantes da região são do tipo Latossolos Amarelos; Podzólicos Vermelho-Amarelo e Amarelo e Gleissolos (Silva et al. 2001b).

3.2 COLETA DOS DADOS

Para este estudo foram utilizados dados oriundos de um inventário florestal realizado em 2013, na Mata do Camurim no Município de São Lourenço da Mata (SANTOS, 2014). De posse desses dados foi realizado a remedição em 2016 de todos os indivíduos arbóreos contidos em parcelas permanentes instaladas no fragmento.

Em 2013 foram alocadas, sistematicamente, 40 parcelas permanentes nas dimensões de 10 m x 25 m (250 m²), equidistantes 25 m umas das outras. Todas as unidades amostrais foram georreferenciadas com o auxílio de um receptor Global Position System (GPS).

Em cada parcela foram mensurados, com o auxílio de uma fita métrica, todos os indivíduos arbóreos com circunferência a 1,30 do solo (CAP) igual ou maior que 15 cm. Todos os indivíduos mensurados em 2013 receberam placas de PVC (5 x 5 cm), fixados com pregos, com uma numeração progressiva.

Após o inventário de todos os indivíduos arbóreos, foram realizadas coletas e triagens do material botânico fértil para realizar, posteriormente, a identificação das espécies por meio de comparação com exsicatas no Herbário Sérgio Tavares (HST) do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DCFL/UFRPE).

A identificação taxonômica seguiu o sistema de classificação de Angiosperm Phylogeny Group (APG III, 2009) e a correção da grafia e as autorias dos nomes científicos das espécies foram realizadas através dos sites Missouri Botanical Garden (<http://www.mobot.org>) e o Tropicos (<http://www.tropicos.com>).

No ano 2016, foram remensurados todos os indivíduos arbóreos de ambos os fragmentos florestais e considerado ingresso todas as árvores vivas não marcadas no primeiro levantamento que apresentaram o nível de inclusão de CAP \geq 15 cm. Foram contabilizados também todos os indivíduos mortos.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

3.3.1 Estrutura horizontal

A caracterização da estrutura horizontal foi realizada pelas estimativas dos parâmetros fitossociológicos visando identificar as dez espécies de maior Valor de Importância (VI) a partir dos dados obtidos no monitoramento de 2016. Para isto, foram avaliadas as estimativas de

Frequências, Densidades e Dominâncias absolutas e relativas. O somatório das estimativas desses parâmetros relativizados indicam as espécies com maior Valor de Importância.

3.3.2 Dinâmica florestal

Para avaliar a dinâmica do fragmento florestal, foram efetuados os cálculos do incremento periódico anual em diâmetro e área basal, as taxas de ingresso e as taxas de mortalidade. Estes valores foram calculados para o fragmento e por classe diamétrica.

- Incremento

As estimativas de incremento periódico anual em diâmetro (IPA_d) foram obtidas pela seguinte fórmula:

$$IPA_d = \frac{DAP_{2i} - DAP_{1i}}{P} \quad \text{Eq.(21)}$$

Em que:

IPA_d = incremento periódico anual;

DAP_{2i} e DAP_{1i} = variável considerada (DAP da árvore viva) na segunda e primeira medição;

P = Período entre a primeira e última medição em anos.

A partir dos dados de áreas basais foram calculados os crescimentos brutos e líquidos, incluindo e excluindo ingresso, utilizando as seguintes expressões:

$$Cb = Gf - Gi \quad \text{Eq.(22)}$$

$$Cbi = Gf - Gi + I \quad \text{Eq.(23)}$$

$$Cl = Gf - Gi - M \quad \text{Eq.(24)}$$

$$Cli = Gf - Gi + I - M \quad \text{Eq.(25)}$$

Em que

Cb = crescimento bruto, excluindo o ingresso;

Cbi = crescimento bruto, incluindo o ingresso;

Cl = crescimento líquido, excluindo o ingresso;

Cli = crescimento líquido, incluindo o ingresso;

Gf = área basal (m^2/ha) da árvores remanescentes (árvores vivas nos dois inventários);

- Ingresso

Os indivíduos considerados ingressantes foram aqueles que apresentaram o CAP < 15 cm no primeiro levantamento e que no segundo levantamento atingiram o critério de inclusão de CAP ≥ 15cm. Estimou-se a taxa de ingresso da seguinte forma:

$$I_i(\%) = \left(\frac{n_i}{N_i * P} \right) . 100 \quad \text{Eq.(26)}$$

Em que:

I_i (%) = taxa anual de ingresso;

n_i = número de árvores ingressantes no período de monitoramento;

N_i = número de árvores vivas no final do período de monitoramento;

P = período entre o primeiro e o segundo levantamento.

- Mortalidade

Os indivíduos considerados mortos foram aqueles que no primeiro levantamento estavam vivos e que no segundo levantamento estavam mortos. Estimou-se a taxa de mortalidade da seguinte forma:

$$M_i(\%) = \left(\frac{n_i}{N_i * P} \right) . 100 \quad \text{Eq.(27)}$$

Em que:

M_i (%) = taxa anual de mortalidade;

n_i = número de árvores mortas no período de monitoramento;

N_i = número de árvores vivas no início do período de monitoramento;

P = período entre o primeiro e o segundo levantamento.

3.3.3 Estrutura diamétrica

A distribuição diamétrica foi realizada o fragmento florestal, bem como para suas dez espécies de maior valor de importância. O número de classes diamétrica foi determinada pelas as seguintes fórmulas:

- Sturges: $n_c = 1 + 3,33 * \text{Log}(N)$ Eq.(28)

- Dixon e Kronmol: $n_c = 10 * \text{Log}(N)$ Eq.(29)

- Velleman: $n_c = 2 * \sqrt{N}$ Eq.(30)

- Angeline e Milone: $n_c = 2 * \text{Ln}N$ Eq.(31)

- Raíz quadrada: $n_c = N^{1/2}$ Eq.(32)

- Amplitude de classe: $n_c = A_T/h$ Eq.(33)

Em que:

n_c = número de classes;

N = número de indivíduos amostrados;

A_T = amplitude total;

h = amplitude da classe, que nesse caso foi constante e igual a 10.

O intervalo de classe foi definido de acordo com Spiegel (2006).

$$IC = \frac{H}{n_c} \quad \text{Eq.(34)}$$

$$H = d_{m\acute{a}x} - d_{m\acute{i}n} \quad \text{Eq.(35)}$$

Em que:

IC = Intervalo entre as classes;

H = amplitude entre o maior e o menor diâmetro.

Após determinar o número de classes diamétricas pelas fórmulas citadas foi escolhida a fórmula que melhor descreveu o conjunto de dados e a partir disto foi realizado o ajuste da distribuição diamétrica.

3.3.4 Modelagem da distribuição diamétrica

Para verificar o padrão da distribuição diamétrica para o fragmento e para as dez espécies com maior VI, o ajuste do número de indivíduos por classe diamétrica foi testado e analisado pelas seguintes Funções de Densidade Probabilística (FDP):

- **Função Gamma**

$$f(x) = \frac{(d-d_{\min})^{\alpha-1} \cdot e^{-\left(\frac{1}{\beta}\right) \cdot (d-d_{\min})}}{\beta^{\alpha} \cdot \Gamma(\alpha)} \quad \text{Eq.(36)}$$

Em que:

d = diâmetro central de cada classe;

d_{min} = diâmetro mínimo dos dados do povoamento;

Γ = função Gamma;

α e β = parâmetros de forma e escala a serem estimados;

e = exponencial.

O método de estimativa utilizado para obter os parâmetros da função de Gamma foi o dos momentos, sendo:

$$\hat{\beta} = \frac{s_x^2}{(\bar{d} - d_{\min})} \quad \text{Eq.(37)}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{(\bar{d} - d_{\min})^2}{s_x^2} \quad \text{Eq.(38)}$$

- **Função Beta**

$$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \cdot \frac{1}{(d_{\max} - d_{\min})^{\alpha+\beta-1}} \cdot (d - d_{\min})^{\alpha-1} \cdot (d_{\max} - d)^{\beta-1} \quad \text{Eq.(39)}$$

Em que:

d = variável aleatória;

d_{max} e d_{min} = valores máximos e valores mínimos da variável aleatória;

α e β = parâmetros a serem estimados;

Γ = função Gamma.

O procedimento para a obtenção do valor da função Beta foi semelhante ao da distribuição Gamma.

O método de estimativa utilizado para obter os parâmetros da função de Beta foi os dos momentos, sendo:

$$\hat{\alpha} = \frac{(\bar{d} - d_{\min}) \cdot ((d_{\max} - \bar{d}) \cdot (\bar{d} - d_{\min})) - s^2}{s^2 \cdot (d_{\max} - d_{\min})} \quad \text{Eq. (40)}$$

$$\hat{\beta} = \frac{(d_{\max} - \bar{d}) \cdot ((d_{\max} - \bar{d}) \cdot (\bar{d} - d_{\min})) - s^2}{s^2 \cdot (d_{\max} - d_{\min})} \quad \text{Eq. (41)}$$

Em que:

\bar{d} = diâmetro médio;

d_{\min} = diâmetro mínimo;

d_{\max} = diâmetro máximo;

σ^2 = variância;

- **Função Normal**

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2\right) \quad \text{Eq. (42)}$$

Em que:

x = variável diâmetro;

σ^2 = variância;

σ = desvio padrão da variável aleatória;

μ = média aritmética do diâmetro.

- **Função Log-Normal**

$$f(x) = \frac{\exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^2\right]}{x\sigma\sqrt{2\pi}}, \quad x \geq 0 \quad \text{Eq. (43)}$$

Em que:

$\ln x$ = Logaritmo neperiano do diâmetro;

μ = é a média aritmética do logaritmo neperiano do diâmetro;

σ = é o desvio padrão Logaritmo neperiano do diâmetro.

Foi realizada a logaritmização dos valores de todos os diâmetros em estudo, para assim se obter os valores estimados pela distribuição log-normal. A média e a variância foram obtidas dos valores logaritmizados do diâmetro, conforme:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln d \quad \text{Eq.(44)}$$

$$\sigma_d^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \ln d^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n \ln d)^2}{n}}{n} \quad \text{Eq.(45)}$$

Em que:

d = diâmetro de cada classe;

n = número total de dados amostrados.

- **Função Weibull 2 parâmetros**

$$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp \left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma} \right] \quad \text{Eq.(46)}$$

Em que:

β = parâmetro de escala;

γ = parâmetro de forma;

x = variável de interesse (diâmetro).

- **Função Weibull 3 parâmetros**

$$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp \left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^{\gamma} \right] \quad \text{Eq.(47)}$$

Em que:

α = parâmetro de locação;

β = parâmetro de escala;
 γ = parâmetro de forma;
 x = variável de interesse (diâmetro).

- **Função Hiperbólica**

$$f(x) = \left\{ \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x-d_{\min}}{\beta} \right)^{(\gamma-1)} \left(1 - \tanh \left(\frac{x-d_{\min}}{\beta} \right)^\gamma \right)^2 \right\} \quad \text{Eq.(48)}$$

Em que:

d_{\min} = diâmetro mínimo;
 β = parâmetro de escala ($\beta > 0$);
 γ = parâmetro de forma ($\gamma > 0$);
 x = centro de classe de diâmetro ($x > 0$).

De acordo com Binoti et al. (2011), o parâmetro de locação pode ser substituído pelo diâmetro mínimo do povoamento ($\alpha = d_{\min}$).

Para a compilação dos dados e estimar os parâmetros pelo método dos momentos das funções Normal, Log-normal, Gamma e Beta foi utilizado o Microsoft Office Excel 2010 e para determinar os parâmetros das funções Weibull 2 parâmetros, Weibull 3 parâmetros e Hiperbólica foi empregada a ferramenta de análise de dados Solver, pois, segundo Lima (2014), otimiza a minimização do soma de quadrado de resíduos por meio da interação numérica, reportando assim os valores dos parâmetros pelos modelos, substituindo-se, desta forma valores iniciais arbitrários atribuídos a eles.

4.3.5 Teste de aderência

Após os ajustes das funções, foi verificada a aderência aos dados obtida por cada função nos diferentes intervalos de classe por meio do erro padrão da estimativa e pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

- Erro padrão da estimativa (Syx%)

O Erro Padrão de Estimativa foi calculado pela fórmula normalmente aplicada para avaliar a regressão em modelos matemáticos, sendo:

$$Syx(\%) = \left(\frac{Syx}{\bar{Y}} \right) * 100 \quad \text{Eq.(49)}$$

$$Syx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-p}} \quad \text{Eq.(50)}$$

Em que:

n = número total de indivíduos;

Y_i = número de indivíduos observados na classe *i*;

\hat{Y}_i = número de indivíduos estimados na classe *i*;

p = número de parâmetros na função.

- Kolmogorov-Smirnov

Este teste foi utilizado para comparar a precisão das frequências estimadas por meio dos modelos de distribuição diamétrica testados com as frequências observadas, conforme a Equação 52.

$$Dcal = \frac{SUP \cdot |Fo(x) - Fe(x)|}{n} \quad \text{Eq.(51)}$$

Em que:

F_{o(x)} = é a frequência acumulada observada;

F_{e(x)} = a frequência estimada pela função densidade de probabilidade;

N = número de observações;

Dcal = Valor D calculado.

A razão (D) foi comparado com o valor da tabela de Kolmogorov- Smirnov. Este teste foi utilizado para testar as seguintes hipóteses para o nível = 1% de significância do teste bilateral: H₀ = os diâmetros observados seguem as distribuições propostas. H₁ = os diâmetros observados não seguem as distribuições propostas.

Assim, as melhores funções foram escolhidas para predizer a estrutura diamétrica da vegetação do fragmento da Mata Atlântica estudado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

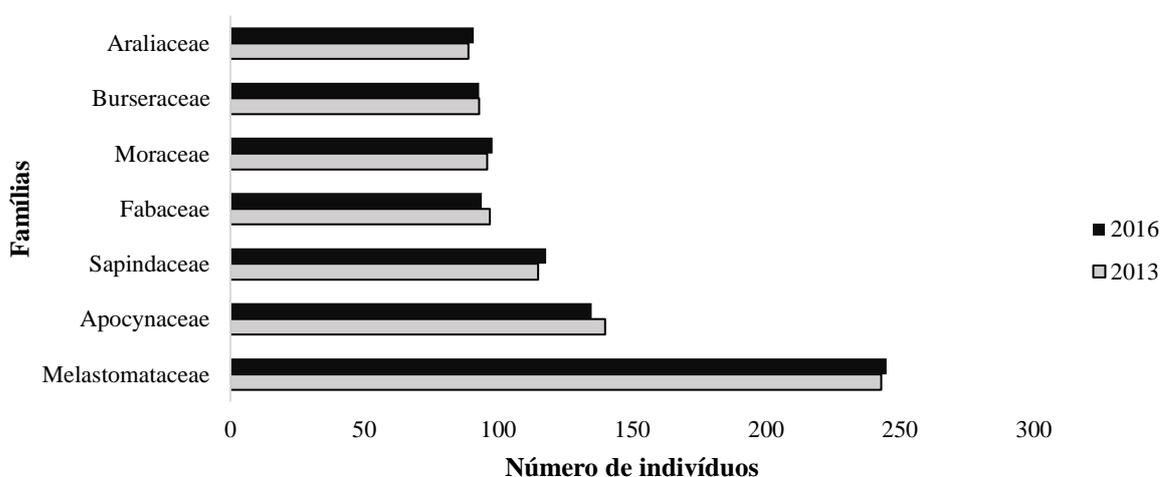
No levantamento de 2016, na Mata do Camurim, foram contabilizados 1361 indivíduos pertencentes a 88 espécies, 65 gêneros e 36 famílias. Entre as espécies, duas foram identificadas apenas em nível de gênero e quatro em nível de família (Tabela 2).

Tabela 2: Número de indivíduos, espécies, gêneros e famílias nos levantamentos de 2013 e 2016 na Mata do Camurim, localizado no Município de São Lourenço da Mata – PE.

Mata do Camurim	2013	2016
Indivíduos	1359	1361
Espécies	90	88
Gêneros	65	65
Famílias	36	36

No levantamento de 2013, realizado por Santos (2014), as famílias com maior número de indivíduos na Mata do Camurim foram Melastomataceae, Apocynaceae, Sapindaceae, Fabaceae, Moraceae, Burseraceae e Araliaceae, representando juntas 66,67% dos indivíduos amostrados. Para o levantamento de 2016, as famílias com a maior riqueza de indivíduos foram as mesmas e juntas somaram 64, 22% do total de indivíduos amostrados (Figura 2).

Figura 2: Famílias com maiores números de indivíduos que ocorrem na Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata, Pernambuco.



4.1 ESTRUTURA HORIZONTAL

No levantamento de 2016, na Mata do Camurim, foi encontrada uma densidade absoluta de 1361 ind.ha⁻¹, com área basal de 25,28 m².ha⁻¹ (Tabela 3). Um estudo realizado em um

fragmento de Mata Atlântica no município de Sirinhaém-PE por Silva et al. (2012) foi encontrado uma densidade absoluta de 1307 ind.ha⁻¹ com uma área basal de 26,74 m².ha⁻¹, sendo estes resultados muito próximos ao encontrado neste trabalho.

Costa Junior et al. (2007), no levantamento fitossociológico realizado num fragmento de Mata Atlântica no município de Catende-PE, encontrou uma densidade absoluta inferior ao encontrado nesse estudo (1049 ind.ha⁻¹) e área basal similar (23,59 m².ha⁻¹). Já Silva Junior et al. (2008), trabalhando em um fragmento de Mata Atlântica, Floresta Ombrófila Densa, no município de Cabo de Santo Agostinho, encontrou uma densidade absoluta inferior (1166 ind.ha⁻¹) e uma área basal superior (32,58 m².ha⁻¹) ao da área de estudo, podendo considerar que essa floresta se encontra em estágio de desenvolvimento mais avançado.

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros fitossociológicos das espécies no fragmento de Floresta Ombrófila Densa Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata, PE. Dados em ordem decrescente de VI. Em que: Ni – Número de indivíduos da espécie i; DA- Densidade absoluta em ind/ha; DR- Densidade relativa em %; FA- Frequência absoluta em %; FR- Frequência relativa em %; DoA- Dominância absoluta em m²/ha; DoR- Dominância relativa em %; e VI- Valor de importância.

Espécie	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VI
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	75	5,41	4,08	16,15	67,5	5,42	26,98
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	93	6,75	2,79	11,05	75	6,02	23,82
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	157	11,49	0,75	2,97	62,5	5,02	19,48
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	126	9,19	1,32	5,20	47,5	3,82	18,21
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	90	6,52	0,88	3,46	55	4,42	14,41
<i>Miconia affinis</i> DC.	74	5,41	0,58	2,31	65	5,22	12,94
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	74	5,49	0,58	2,28	62,5	5,02	12,78
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	18	1,33	1,92	7,60	30	2,41	11,34
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	70	5,11	0,51	2,01	45	3,61	10,74
<i>Cupania oblongifolia</i> Cong.	59	4,37	0,52	2,06	50	4,02	10,45
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	39	2,89	1,07	4,22	22,5	1,81	8,92
<i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez	15	1,11	1,37	5,40	25	2,01	8,52
<i>Cupania revoluta</i> Rolfe	36	2,67	0,37	1,46	50	4,02	8,14
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	37	2,74	0,99	3,91	15	1,20	7,86
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	23	1,70	0,70	2,78	32,5	2,61	7,09
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	20	1,48	0,71	2,82	32,5	2,61	6,91
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	14	1,04	0,59	2,33	27,5	2,21	5,57
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) F. Muell.	31	2,30	0,61	2,42	7,5	0,60	5,32
<i>Protium giganteum</i> Engl.	24	1,78	0,44	1,74	20	1,61	5,12
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	8	0,59	0,65	2,58	12,5	1,00	4,18
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	18	1,33	0,46	1,81	12,5	1,00	4,15
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	15	1,11	0,12	0,49	20	1,61	3,21

Continua...

Tabela 3: continuação...

Espécie	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VI
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	19	1,41	0,06	0,23	17,5	1,41	3,04
<i>Himathanthus phagedaenicus</i> (Mart.) Woodson	11	0,82	0,09	0,36	22,5	1,81	2,98
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	13	0,96	0,04	0,18	22,5	1,81	2,95
<i>Inga ingoides</i> (Rich.) Willd.	9	0,67	0,28	1,12	12,5	1,00	2,79
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby	12	0,89	0,13	0,53	15	1,20	2,63
<i>Casearia javitensis</i> Kunth	12	0,89	0,06	0,25	15	1,20	2,35
<i>Virola gardneri</i> (A. DC.) Warb.	5	0,37	0,26	1,01	10	0,80	2,19
<i>Sclerolobium densiflorum</i> Benth.	4	0,30	0,31	1,21	7,5	0,60	2,11
<i>Casearia silvestris</i> Sw.	10	0,74	0,05	0,21	12,5	1,00	1,95
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	7	0,52	0,06	0,22	15	1,20	1,94
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	9	0,67	0,04	0,16	12,5	1,00	1,83
<i>Pera ferruginea</i> (Schott) Müll. Arg.	5	0,37	0,07	0,28	12,5	1,00	1,65
<i>Myrcia racemosa</i> Barb. Rodr.	7	0,52	0,03	0,13	12,5	1,00	1,65
<i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L. Rico	2	0,15	0,24	0,94	5	0,40	1,49
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	5	0,37	0,12	0,46	7,5	0,60	1,43
<i>Cordia toqueve</i> Aubl.	4	0,30	0,09	0,36	7,5	0,60	1,26
<i>Croton</i> sp.	6	0,44	0,09	0,34	5	0,40	1,19
<i>Licania</i> sp.	4	0,30	0,07	0,27	7,5	0,60	1,17
<i>Sorocea hilarii</i> Gaudich.	4	0,30	0,01	0,04	10	0,80	1,14
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers.	5	0,37	0,03	0,14	7,5	0,60	1,11
<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers ex Benth.	8	0,59	0,07	0,27	2,5	0,20	1,07
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	2	0,15	0,12	0,47	5	0,40	1,02
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	4	0,30	0,08	0,31	5	0,40	1,01
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	3	0,22	0,04	0,15	7,5	0,60	0,97
Indeterminada	1	0,07	0,17	0,69	2,5	0,20	0,96
<i>Miconia hypoleuca</i> (Benth.) Triana	4	0,30	0,02	0,07	7,5	0,60	0,96
<i>Miconia pyrifolia</i> Naudin	3	0,22	0,03	0,13	7,5	0,60	0,96
<i>Eugenia</i> sp.	3	0,22	0,01	0,06	7,5	0,60	0,88
<i>Plathymenia foliolosa</i> Benth.	2	0,15	0,06	0,25	5	0,40	0,80
<i>Luehea ochrophylla</i> Mart.	2	0,15	0,05	0,21	5	0,40	0,76
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	2	0,15	0,05	0,21	5	0,40	0,76
<i>Andira nitida</i> Mart. ex Benth.	3	0,22	0,01	0,05	5	0,40	0,67
<i>Guatteria pogonopus</i> Mart.	3	0,22	0,01	0,03	5	0,40	0,65
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	5	0,37	0,02	0,08	2,5	0,20	0,65
<i>Rapanea guianensis</i> Aubl.	2	0,15	0,02	0,10	5	0,40	0,65
<i>Luehea paniculata</i> Mart.	2	0,15	0,02	0,09	5	0,40	0,64
Inderteminada 1	2	0,15	0,02	0,07	5	0,40	0,62
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	2	0,15	0,01	0,05	5	0,40	0,60
Indeterminada 5	2	0,15	0,01	0,03	5	0,40	0,58
<i>Cupania paniculata</i> Cambess.	2	0,15	0,01	0,03	5	0,40	0,58

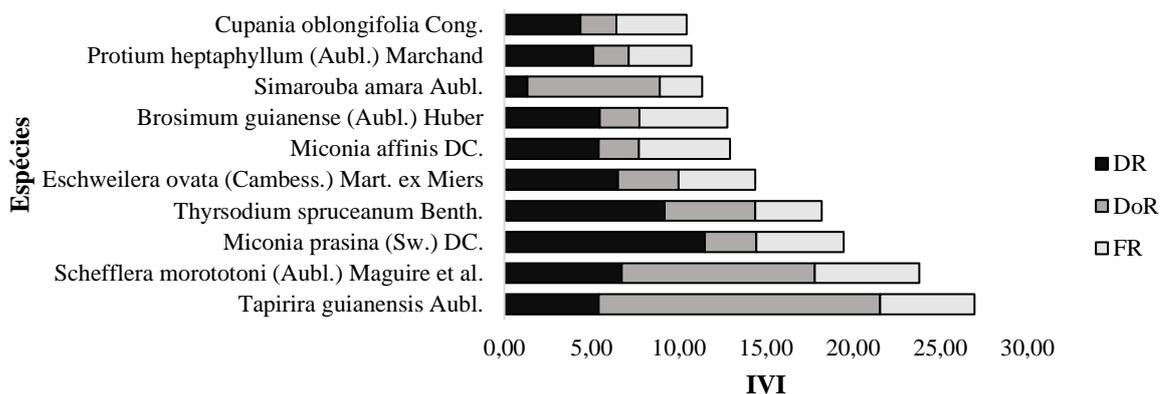
Continua...

Tabela 3: continuação...

Espécie	DA	DR	DoA	DoR	FA	FR	VI
<i>Mangifera indica</i> L.	1	0,07	0,06	0,22	2,5	0,20	0,50
<i>Gustavia augusta</i> L.	3	0,22	0,01	0,05	2,5	0,20	0,47
<i>Campomanesia dichotoma</i> (O. Berg) Mattos	2	0,15	0,03	0,11	2,5	0,20	0,46
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	1	0,07	0,04	0,15	2,5	0,20	0,42
<i>Aegiphila pernambucensis</i> Moldenke	2	0,15	0,02	0,07	2,5	0,20	0,42
<i>Annona</i> sp.	2	0,15	0,02	0,06	2,5	0,20	0,41
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) R.A. Howard	2	0,15	0,01	0,05	2,5	0,20	0,40
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	2	0,15	0,01	0,03	2,5	0,20	0,37
<i>Ouratea polygyna</i> Engl.	2	0,15	0,01	0,02	2,5	0,20	0,37
<i>Mabea piriri</i> Aubl.	1	0,07	0,02	0,09	2,5	0,20	0,36
Indeterminada 4	1	0,07	0,01	0,04	2,5	0,20	0,32
<i>Spondias mombin</i> L.	1	0,07	0,01	0,04	2,5	0,20	0,31
<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	1	0,07	0,01	0,04	2,5	0,20	0,31
<i>Myrcia</i> sp.	1	0,07	0,01	0,04	2,5	0,20	0,31
<i>Ocotea gardneri</i> (Meisn.) Mez	1	0,07	0,01	0,03	2,5	0,20	0,30
<i>Talisia esculenta</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	1	0,07	0,01	0,03	2,5	0,20	0,30
<i>Miconia multiflora</i> Cogn. ex Britton	1	0,07	0,01	0,02	2,5	0,20	0,30
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron	1	0,07	0,00	0,02	2,5	0,20	0,29
<i>Maytenus obtusifolia</i> Mart.	1	0,07	0,00	0,01	2,5	0,20	0,29
<i>Myrcia silvatica</i> Barb. Rodr.	1	0,07	0,00	0,01	2,5	0,20	0,29
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	1	0,07	0,00	0,01	2,5	0,20	0,29
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	1	0,07	0,00	0,01	2,5	0,20	0,29
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	1	0,07	0,00	0,01	2,5	0,20	0,29
Inderteminada 1	1	0,07	0,00	0,01	2,5	0,20	0,28
<i>Pouteria grandiflora</i> (A.DC.) Baehni	1	0,07	0,00	0,01	2,5	0,20	0,28
<i>Swartzia pickelii</i> Killip ex Ducke	1	0,07	0,00	0,01	2,5	0,20	0,28
<i>Eugenia umbrosa</i> O. Berg	1	0,07	0,00	0,01	2,5	0,20	0,28
Total	1361	100	25,28	100	1245	100	300

As dez espécies que apresentaram o maior valor de importância em ordem decrescente foram *Tapirira guianensis* Aubl., *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire et al., *Miconia prasina* (Sw.) DC., *Thyrsodium spruceanum* Benth., *Eschweilera ovata* (Cambess.) Mart. ex Miers, *Miconia affinis* DC., *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber, *Simarouba amara* Aubl., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Cupania oblongifolia* Cong. (Figura 3). Essas espécies juntas somaram 61,43% da densidade, 55,09% da dominância, 44,98% da frequência e 53,72% do valor de importância dos indivíduos.

Figura 3: Espécies com maiores valores de importância na Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata, PE.



Verificou-se que a dominância relativa foi uma das principais responsáveis pelo destaque das espécies *Tapirira guianensis* e *Schefflera morototoni*. Quanto a *Simarouba amara* não se destacaria entre as espécies de maior valor de importância devido a sua baixa densidade, porém os poucos indivíduos amostrados possuem grandes diâmetros, influenciando de forma direta na dominância e fazendo com que esta espécie apareça entre as primeiras no ranking.

As espécies *Miconia prasina* e *Thyrsodium spruceanum* foram as que apresentaram as maiores densidades, contudo, apesar do elevado número de indivíduos, essas espécies apresentam diâmetros menores, o que levou essas espécies para a terceira e quarta colocação geral. As demais espécies se destacaram principalmente pelo elevado número de indivíduos amostrados.

Diversos autores analisando levantamentos fitossociológicos realizados em áreas de Floresta Atlântica na Zona da Mata do estado de Pernambuco também encontraram *Tapirira guianensis*, *Eschweilera ovata*, *Thyrsodium spruceanum*, *Schefflera morototoni*, *Brosimum guianense* e *Protium heptaphyllum* no ranking de classificação do valor de importância das espécies (BRANDÃO et al., 2009; SILVA JUNIOR et al., 2008; BRANDÃO, 2013). Pode-se afirmar que essas espécies podem ser importantes no contexto da restauração ecológica por conseguirem se desenvolverem bem em áreas que sofrem ou sofreram perturbações causadas pela fragmentação.

4.2 DINÂMICA FLORESTAL

No primeiro levantamento, em 2013, foram amostrados 1359 indivíduos (SANTOS, 2014). Após o segundo levantamento, em 2016, 1361 indivíduos foram contabilizados como

vivos, dos quais 1297 foram sobreviventes do primeiro levantamento, representado sobrevivência de 95,44% do total de indivíduos inicial (Tabela 4).

Tabela 4: Dinâmica florestal no fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata – PE, entre os anos de 2013 e 2016, totalizando um intervalo de três anos.

Levantamento	Mata do Camurim
Inicial	1359
Final	1361
Sobreviventes	1297
Mortas	62
Recrutas	64
Taxa anual de mortalidade (%)	1,52
Taxa anual de recrutamento (%)	1,57

Observa-se que no período de monitoramento de três anos (2013-2016) foi contabilizada uma taxa de recrutamento de 4,70%, ou seja, 1,57% ao ano e para a mortalidade uma taxa de 4,57%, sendo 1,52% ao ano. Estes dados indicam uma pequena superioridade do recrutamento, ou seja, os indivíduos saíram do sistema (morreram) e foram repostos por novos indivíduos (recrutamento), podendo indicar que a floresta encontra-se em equilíbrio.

Pode-se observar que houve ingresso apenas na primeira classe diamétrica (Tabela 5). E em relação a mortalidade por classe de DAP, observou-se que na sua maioria, os indivíduos mortos estão concentrados nas classes inferiores, havendo uma redução à medida que as classes diamétricas vão aumentando.

Tabela 5: Número de árvores ingressantes e mortas e taxa anual de recrutamento e mortalidade, por classe diamétrica e para o fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.

Centro de Classe DAP	Nº de Ingressos	Taxa anual de Ingresso	Nº de Mortos	Taxa anual de Mortalidade
7,27	64	1,57	35	0,86
12,27	0	0,00	11	0,27
17,27	0	0,00	7	0,17
22,27	0	0,00	1	0,02
27,27	0	0,00	1	0,02
32,27	0	0,00	2	0,05
37,27	0	0,00	4	0,10
42,27	0	0,00	0	0,00
47,27	0	0,00	0	0,00
52,27	0	0,00	0	0,00
57,27	0	0,00	1	0,02
Floresta	64	1,57	62	1,52

A primeira classe apresentou o maior número de indivíduos mortos. Esse alto índice de indivíduos mortos na primeira classe de DAP pode ser explicada pela maior concentração de indivíduos nessa classe. Esse fato pode estar atrelado ainda pela grande competição existente na floresta, onde inúmeras espécies competem por espaço, luz, água e outros fatores do meio. Já nas classes com DAPs maiores, a competição diminui e a mortalidade geralmente é provocada por fatores bióticos (morte por senilidade ou enfraquecimento por cipós) e/ou abióticos (vento, raios) (CORAIOLA, 2003).

O fragmento apresentou um IPA médio em diâmetro, no período analisado, de aproximadamente 0,28 (cm ano⁻¹). A primeira classe diamétrica (7,27 cm) apresentou o menor incremento médio (0,18 cm ano⁻¹), sendo inferior à média do fragmento. A sétima classe (37,27 cm) se destaca por apresentar o maior incremento em DAP (75 cm ano⁻¹) (Tabela 6).

Tabela 6: Número de indivíduos e Incremento periódico médio anual (cm ano⁻¹) em diâmetro por classe diamétrica e para o fragmento da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata –PE.

Centro de Classe DAP	Nº de indivíduos	IPA
7,27	761	0,18
12,27	267	0,34
17,27	157	0,45
22,27	66	0,42
27,27	40	0,42
32,27	18	0,51
37,27	18	0,75
42,27	11	0,64
47,27	12	0,46
52,27	3	0,45
57,27	8	0,31
Floresta	1361	0,28

De uma forma geral, constatou-se que a medida que aumenta o DAP das árvores a taxa de incremento periódico anual médio também aumenta. A tendência do aumento do crescimento prevalece até que as árvores atinjam a fase mais adulta.

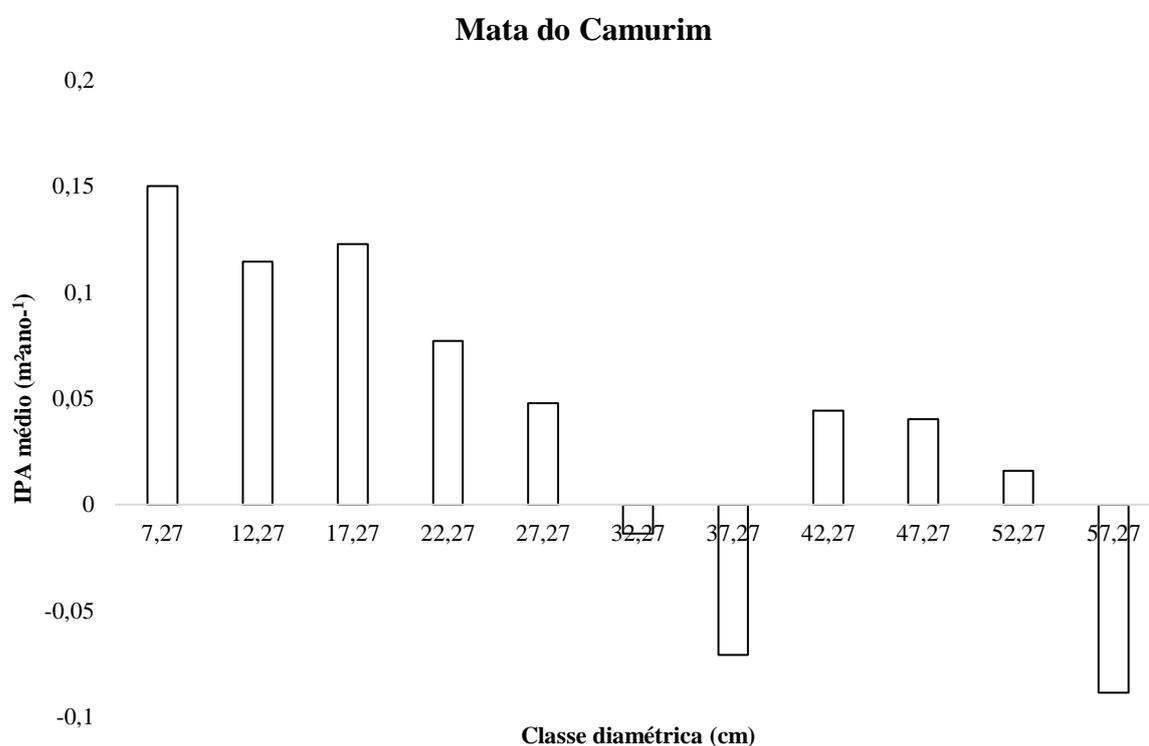
Observa-se que no fragmento de São Lourenço o crescimento líquido, incluindo e excluindo ingresso, foi negativo, resultado da mortalidade natural ocorrida durante o período de crescimento (Tabela 7).

Tabela 7: Crescimento periódico em área basal (m^2/ha), observado no período de monitoramento o fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata (2013-2016).

Fragmento	Gf	Gi	M	I	Cb	Cbi	Cl	Cli
Mata do Camurim	24,3135	23,1391	1,4973	0,1432	1,1744	1,3176	-0,3229	-0,1797

Em relação ao incremento periódico médio anual em área basal por classe diamétrica foi possível observar que as primeiras classes apresentaram um maior incremento em área basal, apresentando uma curva com tendência exponencial negativa (Figura 4), indicando, de modo geral, uma redução no estoque em função do número de indivíduos.

Figura 4: Incremento periódico anual médio em área basal por classe diamétrica no fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata –PE.



As classe que apresentaram um valor negativo de incremento periódico anual em área basal é explicado pelo fato das perdas por mortalidade e/ou pelas imigrações de indivíduos para classes diamétricas superiores terem sido maiores do que os em ganhos em crescimento e ingresso.

4.3 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

O maior diâmetro encontrado na área, tanto no levantamento de 2013 quanto no de 2016, foi de 67,48 cm (Tabela 8). Verificou-se que houve um acréscimo de apenas dois indivíduos no período de 2013 a 2016 e que o DAP médio apresentou valores crescentes.

Tabela 8: Estatísticas descritivas dos conjuntos de dados da variável DAP para a Comunidade arbustiva-arbórea encontrados no fragmento da Mata do Camurim, localizados no município de São Lourenço da Mata-PE.

Estatística	Mata do Camurim	
	2013	2016
Frequência absoluta	1359	1361
Média DAP	11,76	12,21
DAP mínimo	4,77	4,77
DAP máximo	67,48	67,48
Amplitude	62,71	62,71
Variância	78,56	79,71
Desvio padrão	8,86	8,93
Coefficiente de variação	75,35	73,11

O número máximo de classes necessário para expressar a distribuição diamétrica para o os dois levantamentos foi obtido a partir da fórmula de Velleman (Tabela 9), em que o número de classe determinado foi de 74. A fórmula que levou em consideração a raiz quadrada do número de árvores e a fórmula de Dixon e Kronmol também apresentaram um elevado número de classes diamétricas para o fragmento florestal, com 37 e 31 classes, respectivamente.

Tabela 9: Número de classes diamétricas segundo as fórmulas para o fragmento florestal Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.

Ano	N° Árvores	Fórmulas					
		Sturges	Dixon e Kronmol	Velleman	Angelini e Milone	Raiz Quadrada	Amplitude da Classe
2013	1359	11,43	31,33	73,73	14,43	36,86	6,27
2016	1361	11,44	31,34	73,78	14,43	36,89	6,27

Logo, é possível perceber que o resultado obtido por estas fórmulas está totalmente fora de contexto lógico-científico, levando em consideração que elas determinaram um elevado número de classe de diâmetro para reagrupar os indivíduos com o intuito de descrever a respectiva distribuição diamétrica do fragmento.

Desta forma, ressalta-se que as fórmulas de Velleman, Dixon e kronmol e raiz quadrada determinaram números de classes discrepantes, contrariando os princípios estatísticos de distribuição de frequência.

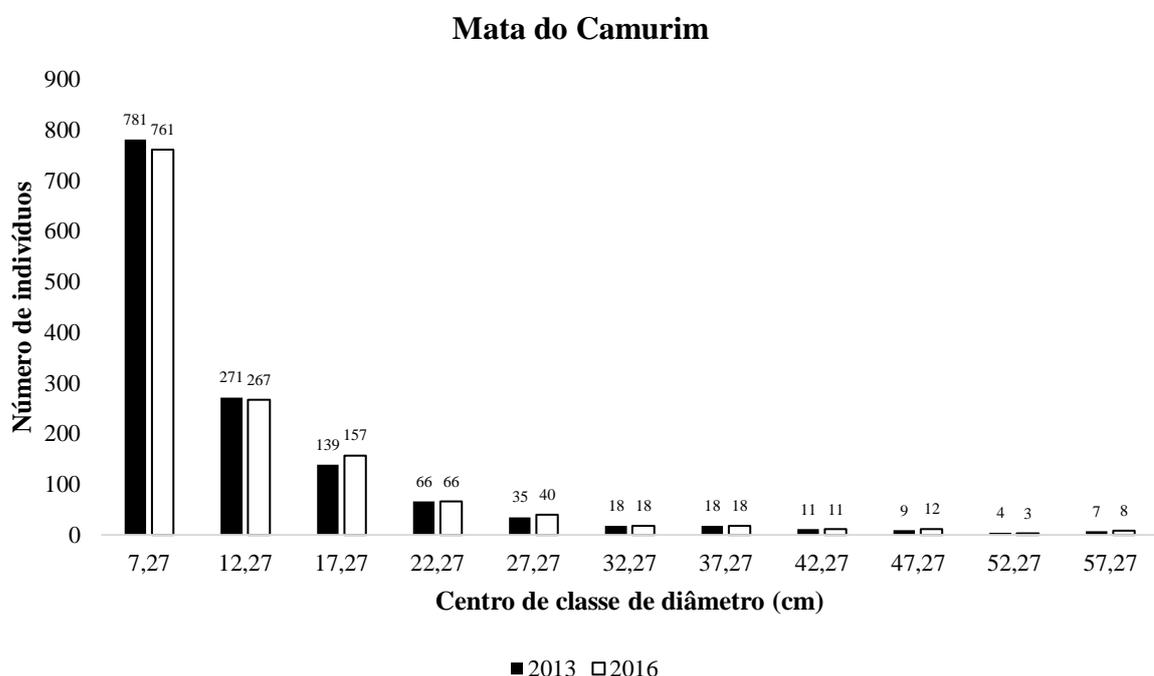
A fórmula de amplitude de classe determinou um número de classe muito baixo quando comparado com o resultado das demais fórmulas, o que faz com que esta fórmula também não seja adequada para descrever a distribuição diamétrica do fragmento em questão.

É de extrema importância que a distribuição de frequências conte com um número adequado de classes, pois se o número de classe for muito escasso, os dados originais ficarão muito comprimidos, fazendo com que pouca informação seja extraída do resultado. Se, por outro lado, forem utilizadas muitas classes, haverá algumas com frequência nula ou muito pequena, e o resultado será uma distribuição irregular e prejudicial à interpretação do estudo (TOLEDO; OVALLE, 1991).

Para a fórmula de Angelini e Milone o número de classe determinado foi de 14 para todos os levantamentos, e mesmo se admitindo que essa fórmula também possa ser utilizada para determinar o número de classes para a distribuição diamétrica, ela definiu um maior número de intervalos se comparado àquele encontrado a partir da fórmula de Sturges, que foi de 11 classes.

Em suma, para evitar que ocorra uma baixa frequência ou até mesmo a ausência de indivíduos nas classes superiores, entende-se que a fórmula de Sturges atendeu plenamente a determinação do número ideal de classes diamétricas para definir a distribuição diamétrica do fragmento estudado. Sendo assim, por meio da fórmula de Sturges foi determinado 11 classes diamétricas, com intervalos de 5 cm. A primeira classe foi de 4,77 a 9,77 (centro de classe 7,27) e a última classe foi $\geq 57,27$ (Figura 5).

Figura 5: Distribuição diamétrica dos indivíduos do fragmento florestal da Mata do Camurim, localizados no município de São Lourenço da Mata - PE, para os anos 2013 e 2016.



A maior frequência de indivíduos nas primeiras classes de diâmetros (centro de classes menores) foi observada nos dois anos de monitoramento. Verificou-se que à medida que aumenta o diâmetro (centro de classes maiores) diminui a frequência dos indivíduos nas classes, sendo esse comportamento esperado para florestas inequidistantes, na qual a curva da distribuição diamétrica assemelha-se ao “J” invertido. Resultados como esses são encontrados em diversos trabalhos realizados em Mata Atlântica (AUSTREGÉSILO et al., 2004; ALVES JUNIOR et al., 2009; BRANDÃO, 2013; BATISTA, 2014).

Alves Junior et al. (2009) afirmam que o comportamento da distribuição diamétrica em forma de “J” invertido indica que a regeneração ocorre de forma contínua, garantindo a perpetuação das espécies na comunidade. No entanto, Lamprecht (1986) ressalta que a distribuição diamétrica, quando analisada para toda a comunidade, ainda não permite prognóstico sobre as taxas de regeneração de espécies isoladas, pois suas distribuições podem apresentar características muito distintas.

Schaaf et al. (2006) adverte ainda que embora a quantidade elevada de indivíduos nas classes inferiores possa sugerir que as espécies estarão garantidas na estrutura futura da floresta, a distribuição diamétrica é um reflexo das características autoecológicas das espécies, ou seja, não é o fato de possuir maior densidade que as espécies irão garantir sua manutenção na comunidade, mas sim sua capacidade de competir dentro do seu nicho ecológico.

Com relação a dinâmica da distribuição diamétrica, pode-se observar que no primeiro centro de classe houve uma redução no número de indivíduos do primeiro levantamento para o segundo. Esta diminuição está relacionada com a taxa de mortalidade, na qual a maioria dos indivíduos que morreram pertencem a primeira classe de diâmetro, bem como o movimento de indivíduos para uma classe superior.

Foi possível observar também que com o passar do tempo alguns indivíduos estão migrando para classes superiores, o que implica dizer que esses indivíduos estão se estabelecendo na área.

Para as dez espécies de maiores, o número de classes diamétricas variou entre cinco e oito classes, enquanto que o intervalo de classe variou entre dois e nove (Tabela 10). A *Simarouba amara* foi a espécie que apresentou o menor número de classe, devido ao baixo número de indivíduos, no entanto, apesar de apresentar poucos indivíduos, esses indivíduos possuem uma grande variação diamétrica (10,5 a 59,21 cm) o que acarretou em um intervalo de nove centímetros entre as classes diamétricas.

Vale ressaltar, que para a análise da distribuição diamétrica a variável mais importante é a densidade absoluta, e a espécie *Simarouba amara* apesar de estar no ranking das dez espécies de maior valor de importância apresentou baixa densidade, o que pode comprometer significativamente o estudo da sua distribuição diamétrica.

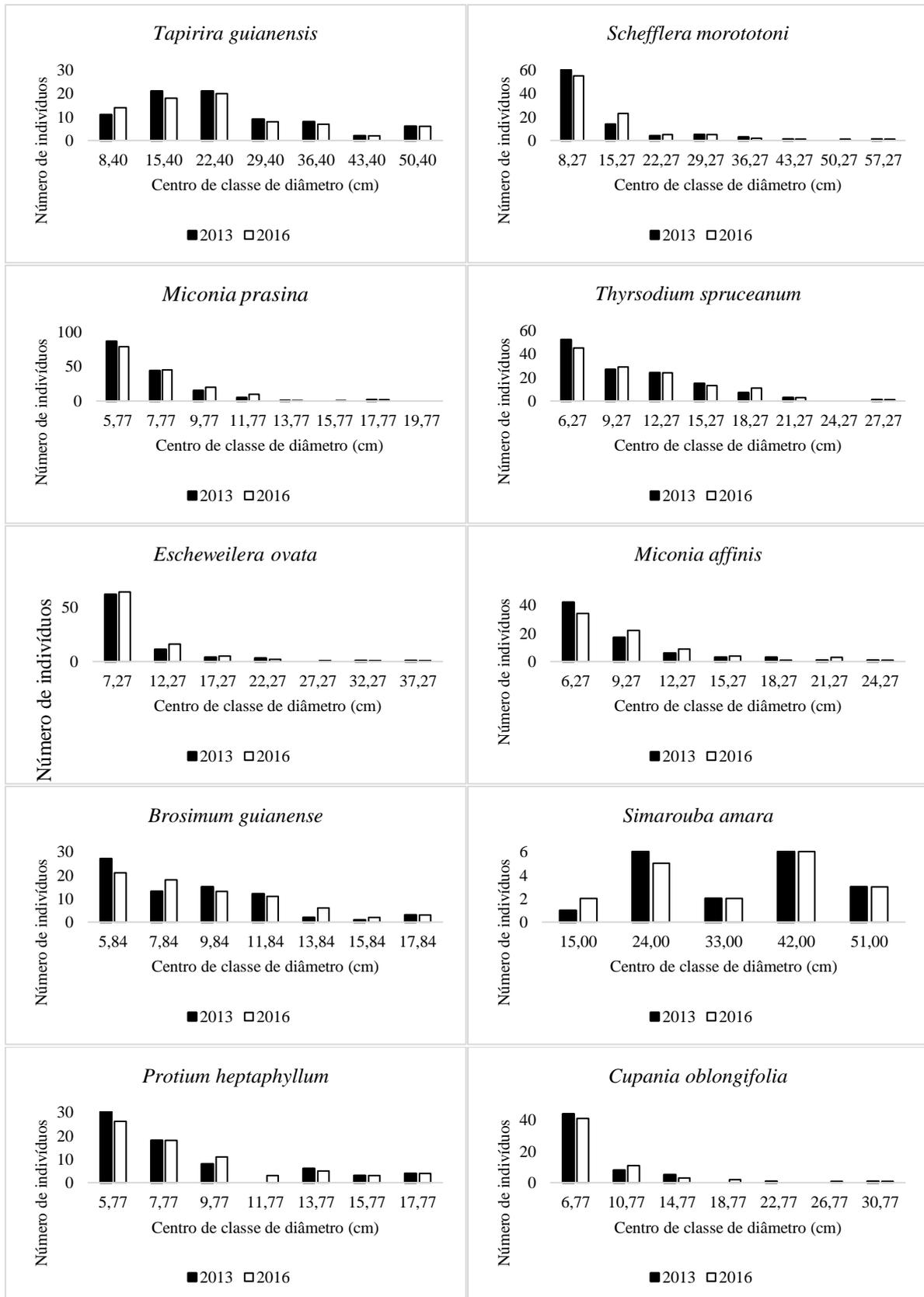
Tabela 10: Número de classes de diâmetro e seus respectivos intervalos entre classes obtidos pela metodologia de Sturges para as espécies de maior VI encontrados no levantamento de 2013 e 2016 no fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata-PE.

Espécies	Nº de indivíduos		Nº de Classe	Intervalo de classe (cm)
	2013	2016		
<i>Tapirira guianensis</i>	78	75	7	7
<i>Schefflera morototoni</i>	88	93	7	7
<i>Miconia prasina</i>	153	157	8	2
<i>Thyrsodium spruceanum</i>	129	126	7	3
<i>Eschweilera ovata</i>	82	90	7	5
<i>Miconia affinis</i>	73	74	7	3
<i>Brosimum guianense</i>	73	74	7	2
<i>Simarouba amara</i>	18	18	5	9
<i>Protium heptaphyllum</i>	70	70	7	2
<i>Cupania oblongifolia</i>	59	59	6	4

Ao avaliar o número de indivíduos nas classes de diâmetro por espécie (Figura 6), pode-se observar que apenas *Tapirira guianensis* e *Simarouba amara* não apresentaram maior concentração de indivíduos na primeira classe diamétrica (centro de classe 8,4 e 15 cm, respectivamente). As demais espécies, assim como a comunidade, apresentaram uma distribuição típica de florestas naturais, assemelhando-se ao “J” invertido.

A *Tapirira guianensis* é uma espécie pioneira e, provavelmente, está passando por um processo de seleção natural. Já a *Simarouba amara*, como já era esperado, ao analisar sua distribuição diamétrica se pode constatar uma distribuição irregular, com pouquíssimos indivíduos na primeira classe e na classe central. Tal comportamento se deve, possivelmente, por não haver um ambiente propício ao desenvolvimento desta espécie, tendo em vista que é do grupo sucessional da secundária inicial.

Figura 6: Distribuição diamétrica dos indivíduos das dez espécies de maior VI no fragmento florestal da Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata - PE, para os anos 2013 e 2016.



Sendo assim, é possível afirmar que essas espécies influenciaram de forma direta a distribuição diamétrica do fragmento estudado, onde a vegetação possui muitos indivíduos de pequenas dimensões, concentrando grande densidade de árvores nas menores classes de diâmetros.

As espécies *Schefflera morototoni*, *Miconia prasina*, *Thyrsodium spruceanum*, *Miconia affinis*, *Brosimum guianense*, *Protium heptaphyllum* e *Cupania oblongifolia* apresentaram um decréscimo no número de indivíduos na primeira classe diamétrica, que pode ser explicada pela taxa de mortalidade ter sido superior a taxa de ingresso na primeira classe dessas espécies ou pela migração dos indivíduos para as classes superiores.

Com base nesse resultado e no encontrado na distribuição diamétrica do fragmento, é possível afirmar que houve uma redução na densidade da comunidade desse fragmento na menor classe diamétrica.

4.4 AJUSTE DOS MODELOS DE DIATRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

De acordo com os resultados encontrados, pode-se verificar que as funções Log-Normal e Weibull 2P foram as que apresentaram os piores ajustes para o conjunto de dados tanto para o fragmento como para as dez espécies de maior valor de importância (Tabelas 11 e 12). O baixo ajuste apresentado pela função Log-Normal pode ser explicado pela utilização dos valores de média e desvio padrão da população, pois de acordo com Lima (2014), quando os diâmetros possuem uma alta variabilidade entre si se pode justificar a não regularidade da distribuição, sendo necessários modelos que expressem a estrutura da vegetação por meio de transformação de variáveis ou modelos que possuem parâmetros com métodos de estimativas com buscas mais aprimoradas.

Ainda de acordo com o autor, a baixa aderência da função de Weibull 2P pode estar relacionada à ausência do parâmetro de locação (α) correspondente ao diâmetro mínimo da floresta que controla a posição da curva sobre o eixo das abscissas, sendo assim a sua ausência assume o valor zero.

Tabela 11: Parâmetros estimados das funções de distribuição diamétrica para o fragmento florestal e para as espécies de maior VI encontrados na Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata - PE. Em que: (1) = *Tapirira guianensis*, (2) = *Schefflera morototoni*, (3) = *Miconia prasina*, (4) = *Thyrsodium spruceanum*, (5) = *Eschweilera ovata*, (6) = *Miconia affinis*, (7) = *Brosimum guianense*, (8) = *Simarouba amara*, (9) = *Protium heptaphyllum*, (10) = *Cupania oblongifolia*.

Função	Coeficiente	Fragmento	Espécies									
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Normal	μ	12,21	23,39	13,06	7,48	10,57	9,41	9,08	9,37	34,51	8,85	4,87
	σ	8,93	12,21	9,83	2,30	4,66	6,04	4,30	3,38	13,33	3,85	5,75
Log-Normal	μ	2,32	3,00	2,37	1,97	2,27	2,12	2,12	2,18	3,46	2,10	2,14
	σ	0,56	0,59	0,60	0,27	0,42	0,46	0,41	0,35	0,45	0,38	0,40
Gamma	α	0,69	2,29	0,71	1,38	1,55	0,59	1,00	1,79	3,24	1,12	0,82
	β	10,72	8,06	11,66	1,96	3,75	7,88	4,29	2,53	7,40	3,63	5,56
	$\Gamma(\alpha)$	1,31	1,16	1,28	0,89	0,89	1,52	1,00	0,93	2,53	0,94	1,14
Beta	α	0,68	2,26	0,69	1,29	1,49	0,56	0,93	0,93	3,20	1,04	0,78
	β	4,53	2,77	3,02	4,40	3,73	3,75	2,48	2,48	1,67	2,28	3,66
	$\Gamma\alpha$	1,34	1,14	1,32	0,90	0,89	1,59	1,04	1,04	2,43	0,98	1,18
	$\Gamma\beta$	12,11	1,64	2,03	10,08	4,33	4,45	1,31	1,31	0,90	1,15	3,96
	$\Gamma\alpha+\beta$	32,83	25,39	4,18	71,10	33,88	9,01	3,01	3,01	19,89	2,73	10,69
Weibull 2P	β	2,87	5,39	3,28	2,35	2,82	2,77	2,63	2,72	10,46	2,48	2,58
	γ	0,88	0,72	0,88	0,90	0,83	0,91	0,88	0,85	0,78	0,87	0,91
Weibull 3P	α	5,44	5,40	4,44	4,67	5,01	5,39	4,28	5,08	0,31	4,85	5,17
	β	6,01	20,15	7,52	2,92	6,82	3,39	4,73	5,34	41,54	4,26	2,89
	γ	0,75	1,50	1,09	1,21	1,09	0,80	1,32	1,18	2,75	1,03	0,84
Hiperbólica	α	5,62	3,98	4,77	4,81	5,24	5,51	4,53	5,15	0,01	4,87	5,28
	β	9,67	25,40	10,11	3,81	9,47	5,24	5,98	7,10	47,41	5,75	4,37
	γ	0,60	1,37	0,87	0,95	0,89	0,64	1,03	0,99	2,41	0,84	0,67

Tabela 12: Teste de Kolmogorov-Smirnov e ranking de classificação para os modelos de distribuição diamétrica ajustados para o fragmento florestal e para as espécies de maior VI encontrado na Mata do Camurim, localizado no município de São Lourenço da Mata - PE. Em que: (1) = *Tapirira guianensis*, (2) = *Schefflera morototoni*, (3) = *Miconia prasina*, (4) = *Thyrsodium spruceanum*, (5) = *Eschweilera ovata*, (6) = *Miconia affinis*, (7) = *Brosimum guianense*, (8) = *Simarouba amara*, (9) = *Protium heptaphyllum*, (10) = *Cupania oblongifolia*.

Função	Estatística	Fragmento	Espécies									
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Normal	Freq. Obs./ha.	1361	75	93	157	126	90	74	74	18	70	59
	Freq. Est./ha.	1089,99	69,90	74,92	139,47	113,07	70,69	62,69	67,39	16,43	59,77	48,66
	Dcal	0,367**	0,173 ^{n.s.}	0,339**	0,234**	0,189**	0,401**	0,254**	0,177 ^{n.s.}	0,099 ^{n.s.}	0,279**	0,418**
	Dtab (1%)	0,044	0,188	0,169	0,130	0,145	0,172	0,189	0,189	0,384	0,195	0,212
	Syx(%)	89,97	6,06	27,25	43,08	21,89	43,56	34,82	15,64	2,73	25,21	37,87
	Ranking	5°	4°	5°	5°	5°	5°	5°	5°	5°	1°	5°
Log-Normal	Freq. Obs./ha.	1361	75	93	157	126	90	74	74	18	70	59
	Freq. Est./ha.	709,20	42,43	51,99	40,42	50,76	37,77	27,91	24,59	7,27	24,55	22,65
	Dcal	0,479**	0,434**	0,441**	0,743**	0,597**	0,580**	0,623**	0,668**	0,596**	0,649**	0,621**
	Dtab (1%)	0,044	0,188	0,169	0,130	0,145	0,172	0,189	0,189	0,384	0,195	0,212
	Syx(%)	90,1	7,44	27,49	76,05	32,20	46,60	35,88	28,32	4,35	32,59	41,76
	Ranking	6°	6°	6°	7°	6°	6°	6°	6°	6°	6°	6°
Gamma	Freq. Obs./ha.	1361	75	93	157	126	90	74	74	18	70	59
	Freq. Est./ha.	1210,17	74,49	81,15	163,45	130,08	70,62	72,12	75,02	16,72	68,69	53,87
	Dcal	0,125**	0,048 ^{n.s.}	0,151 ^{n.s.}	0,050 ^{n.s.}	0,078 ^{n.s.}	0,235**	0,033 ^{n.s.}	0,072 ^{n.s.}	0,162 ^{n.s.}	0,046 ^{n.s.}	0,166 ^{n.s.}
	Dtab (1%)	0,044	0,188	0,169	0,130	0,145	0,172	0,189	0,189	0,384	0,195	0,212
	Syx(%)	36,01	3,63	8,94	7,25	8,81	22,89	6,67	6,87	3,29	6,40	14,82
	Ranking	3°	3°	3°	3°	3°	3°	1°	3°	4°	3°	3°
Beta	Freq. Obs./ha.	1361	75	93	157	126	90	74	74	18	70	59
	Freq. Est./ha.	1234,037	75,19	84,02	161,38	128,71	72,84	72,97	70,70	17,02	69,81	54,99
	Dcal	0,152**	0,270**	0,185**	0,082 ^{n.s.}	0,126 ^{n.s.}	0,251**	0,121 ^{n.s.}	0,093 ^{n.s.}	0,301 ^{n.s.}	0,149 ^{n.s.}	0,230**
	Dtab (1%)	0,044	0,188	0,169	0,130	0,145	0,172	0,189	0,189	0,384	0,195	0,212
	Syx(%)	50,21	9,44	13,64	18,39	15,93	26,51	12,75	6,98	4,27	15,93	21,64
	Ranking	4°	5°	4°	4°	4°	4°	4°	4°	5°	4°	4°

Continua...

Tabela 12: Continuação...

Função	Estatística	Fragmento	Espécies									
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Weibull 2P	Freq. Obs./ha.	1361	75	93	157	126	90	74	74	18	70	59
	Freq. Est./ha.	465,28	31,00	34,65	44,88	43,22	29,52	23,64	23,36	6,31	20,96	18,32
	Dcal	0,658**	0,587**	0,627**	0,716**	0,654**	0,672**	0,680**	0,684**	0,649**	0,701**	0,690**
	Dtab (1%)	0,044	0,188	0,169	0,130	0,145	0,172	0,189	0,189	0,384	0,195	0,212
	Syx(%)	91,2	9,55	28,06	76,04	33,40	51,94	37,37	28,57	4,64	33,60	43,78
	Ranking	7°	7°	7°	6°	7°	7°	7°	7°	7°	7°	7°
Weibull 3P	Freq. Obs./ha.	1361	75	93	157	126	90	74	74	18	70	59
	Freq. Est./ha.	1361,18	75,11	88,89	156,50	127,96	88,74	71,32	73,78	15,71	68,54	57,70
	Dcal	0,010 ^{n.s.}	0,003 ^{n.s.}	0,044 ^{n.s.}	0,008 ^{n.s.}	0,017 ^{n.s.}	0,014 ^{n.s.}	0,036 ^{n.s.}	0,018 ^{n.s.}	0,127 ^{n.s.}	0,035 ^{n.s.}	0,022 ^{n.s.}
	Dtab (1%)	0,044	0,188	0,169	0,130	0,145	0,172	0,189	0,189	0,384	0,195	0,212
	Syx(%)	5,96	3,44	3,45	3,45	5,40	1,30	3,85	3,34	2,74	6,50	2,30
	Ranking	2°	1°	2°	1°	1°	2°	3°	2°	2°	2°	2°
Hiperbólica	Freq. Obs./ha.	1361	75	93	157	126	90	74	74	18	70	59
	Freq. Est./ha.	1363,96	73,96	88,93	156,88	129,46	88,84	71,36	74,20	15,81	67,69	57,78
	Dcal	0,009 ^{n.s.}	0,009 ^{n.s.}	0,044 ^{n.s.}	0,008 ^{n.s.}	0,027 ^{n.s.}	0,013 ^{n.s.}	0,036 ^{n.s.}	0,013 ^{n.s.}	0,130 ^{n.s.}	0,033 ^{n.s.}	0,021 ^{n.s.}
	Dtab (1%)	0,044	0,188	0,169	0,130	0,145	0,172	0,189	0,189	0,384	0,195	0,212
	Syx(%)	5,89	3,47	3,33	3,49	6,05	1,21	3,71	3,24	2,77	5,40	2,24
	Ranking	1°	2°	1°	2°	2°	1°	2°	1°	3°	1°	1°

** = altamente significativo; n.s. = não significativo

Em relação aos melhores ajustes, as funções Weibull 3P e Hiperbólica foram as que mais se destacaram no ranking de classificação, visto que, em sua maioria, assumiram o primeiro ou segundo lugar na colocação geral.

A função Weibull 3P desde sua introdução no setor florestal tem sido utilizada por vários autores para o ajuste de distribuições de diâmetros devido essa alta flexibilidade, podendo assumir uma ampla variedade de formas de distribuição de frequência por classe de diâmetro (BAILEY; DELL, 1973; NOGUEIRA et al., 2006; CAMPOS; LEITE, 2009; CARELLI NETTO, 2008; BINOTI et al., 2011; LANA et al., 2013).

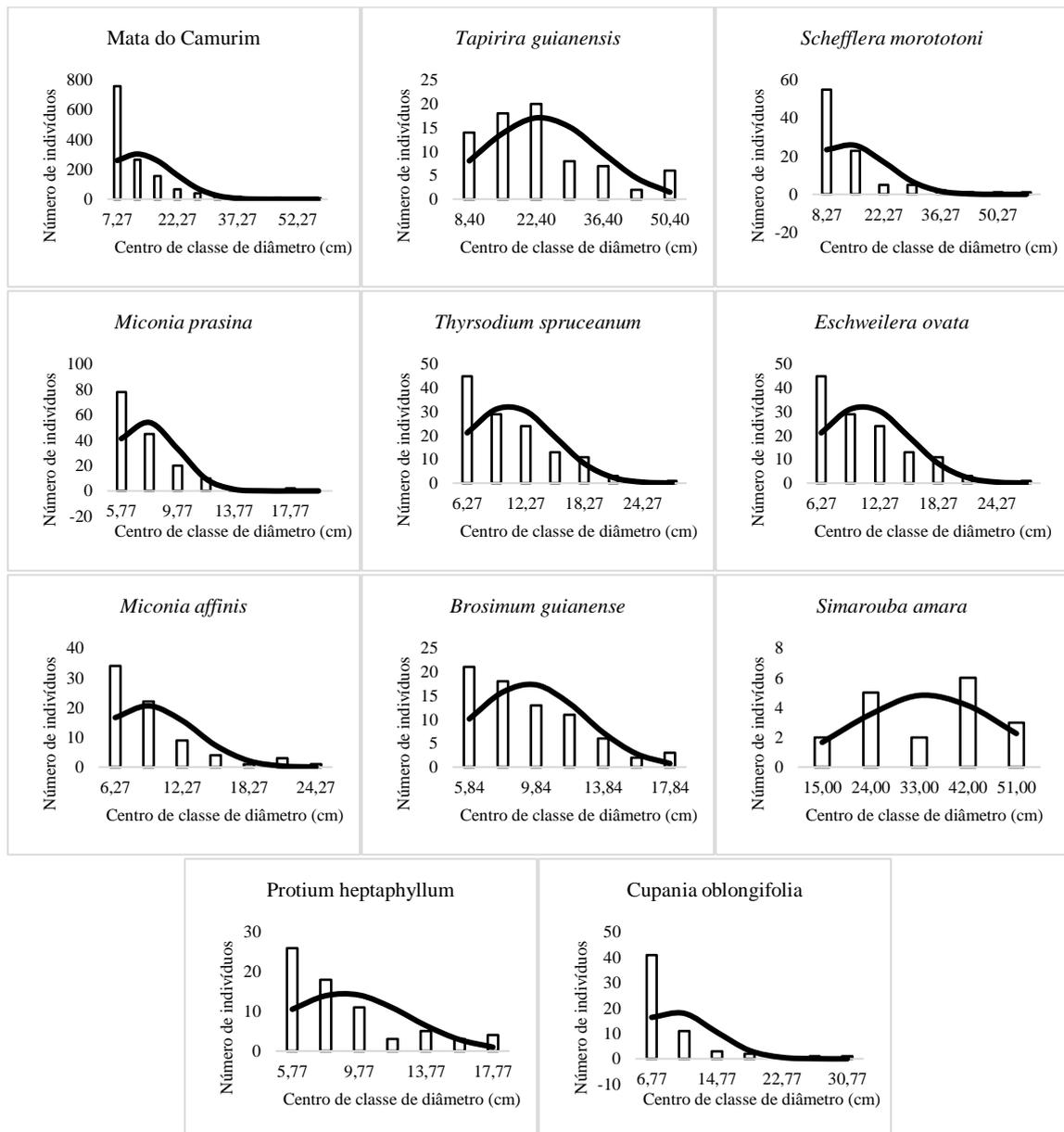
De acordo com Binoti et al. (2011), a função Hiperbólica gera distribuições com pontos de inflexão, variando desde zero até o limite superior definido por $\tanh(1) = 0,76$, atribuindo a essa função maior flexibilidade quando comparado com a função Weibull, cujos pontos de inflexão variam entre zero e o limite de $(1-1/e) = 0,63$.

Analisando os resultados do ajuste das funções para o fragmento, observou-se que a função Hiperbólica foi a que melhor se ajustou, seguida da função de Weibull 3P, tendo um erro padrão da estimativa (Syx%) de 5,89 e 5,96%, com um Dcal igual a 0,009 e 0,010 respectivamente, para um Dtab igual a 0,044. Essas funções conseguiram estimar a frequência de indivíduos totais de 1363,96 e 1361,18, respectivamente, chegando muito próximo ao valor da frequência observada do fragmento, que foi de 1361 indivíduos.

Em relação as espécies de maior valor de importância, as únicas que não apresentaram a função Hiperbólica ou Weibull 3P com o melhor ajuste foram *Miconia affinis* e *Simarouba amara*. Onde a função Gamma foi a que melhor se ajustou aos dados da espécie *Miconia affinis*, com um Dcal igual a 0,033, para um Dtab igual a 0,189 e um Syx de 6,67%. Já para a espécie *Simarouba amara* a função Normal foi a que obteve um melhor ajuste para o conjunto de dados, com o Dcal igual a 0,099 para o Dtab igual a 0,384 e um Syx de 2,73%.

Ao analisar a função Normal, percebe-se que na maioria das vezes ela subestima a frequência dos indivíduos nas primeiras classes e na última e superestima as classes intermediária (Figuras 7). Essa baixa aderência pode ser explicada por essa função possuir baixa flexibilidade para gerar curvas do tipo decrescente. Resultados semelhantes a este foram encontrados por Lima (2014), que estudando a vegetação Caatinga encontrou um baixo ajuste para a função Normal. Já Machado et al. (2009), estudando o comportamento de funções de densidade probabilística no ajuste da distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, encontraram maior ajuste na estimativa de frequências de indivíduos a partir da Função Normal.

Figura 7: Curvas de ajuste da função Normal para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.



A função Log-Normal e a função Weibull 2P, para todos os casos, como verificado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e pelo erro padrão da estimativa, apresentaram os piores ajustes, com subestimativas de frequência dos indivíduos para praticamente todas as classes diamétricas do fragmento estudado e de todas as espécies de maior valor de importância (Figuras 8 e 9).

Figura 8: Curvas de ajuste da função Log-Normal para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.

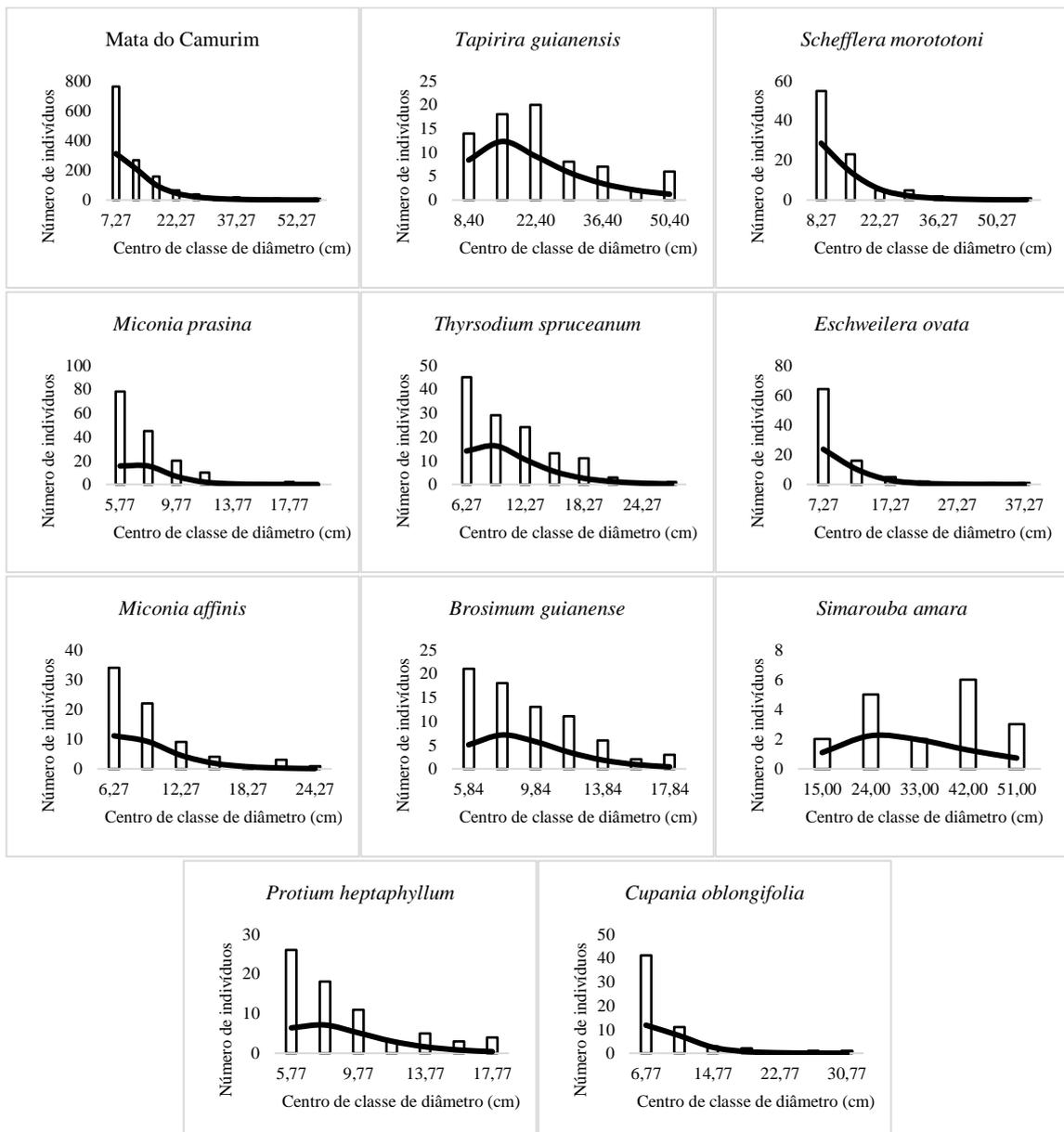
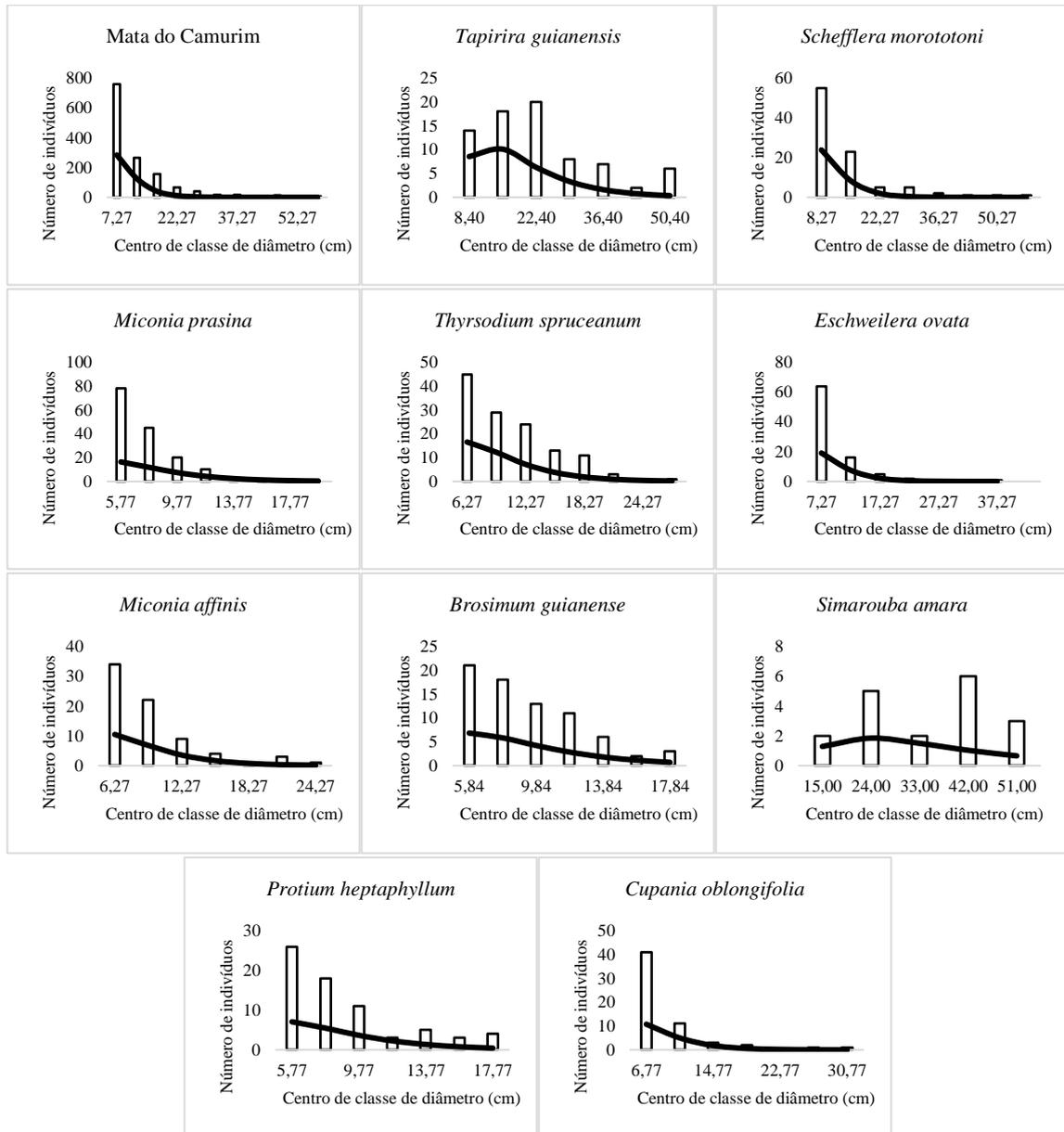
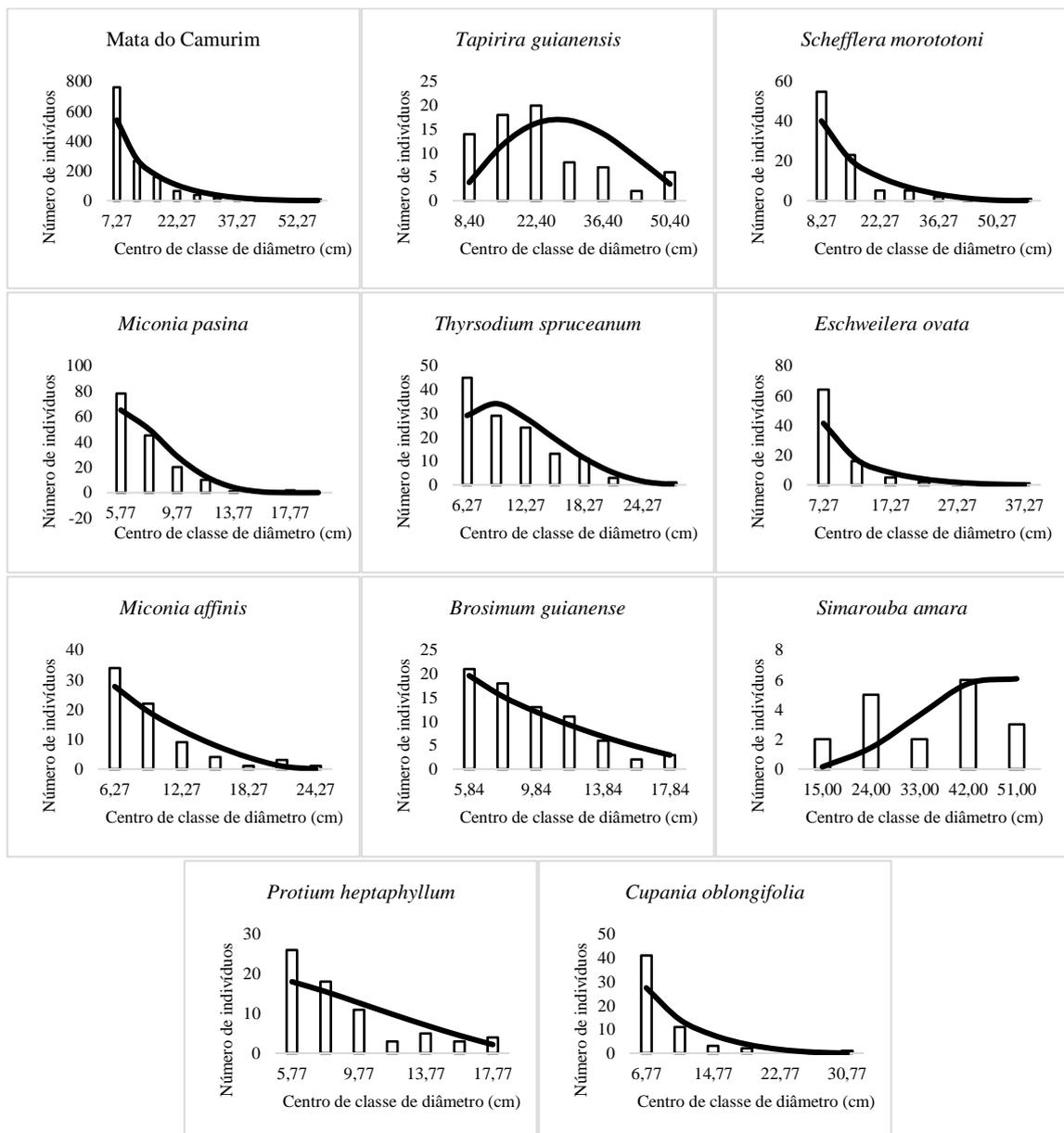


Figura 9: Curvas de ajuste da função Weibull 2P para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.



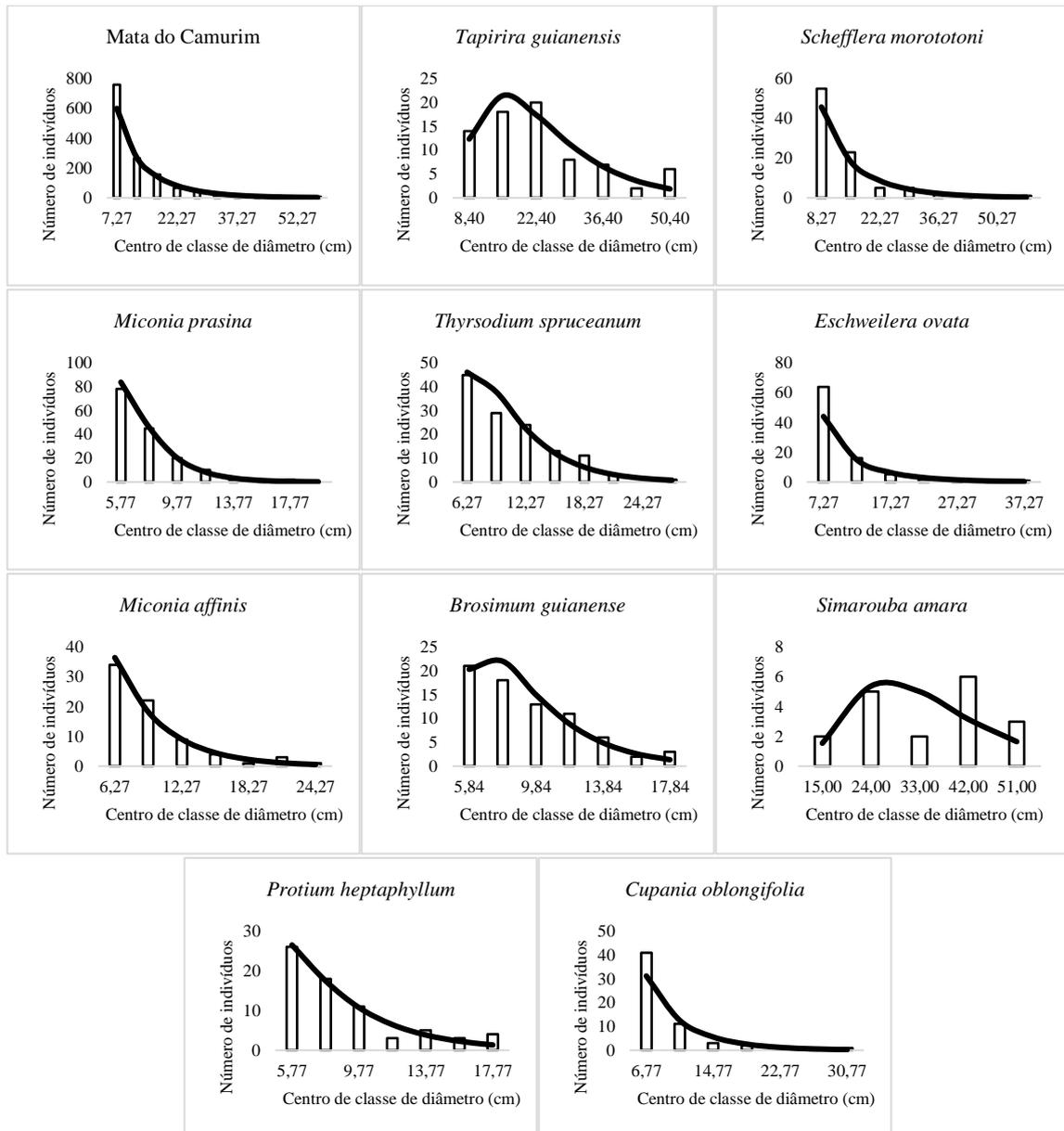
A função Beta apresentou subestimativas em todas as primeiras classes, mas apesar disso, de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov, ela apresentou um bom ajuste para as espécies *Miconia prasina*, *Thyrsodium spruceanum*, *Miconia affinis*, *Brosimum guianense*, *Simarouba amara* e *Protium heptaphyllum* (Figura 10).

Figura 10: Curvas de ajuste da função Beta para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.



De uma forma geral, a função Gamma apresentou um bom ajuste para a frequência dos indivíduos, com exceção do fragmento florestal e da espécie *Eschweilera ovata*, por ter subestimado o número de indivíduos da primeira e das últimas classes (Figura 11).

Figura 11: Curvas de ajuste da função Gamma para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.



As funções Weibull 3P e Hiperbólica apresentaram um maior desempenho em todos os casos, conforme indica os valores do teste de Kolmogorov-Smirnov, apresentando formas muito parecidas e praticamente as mesmas estimativas do número total de árvores tanto para o fragmento florestal como para as espécies de maior valor de importância. Em ambas as funções não houve um padrão quanto a subestimativa ou superestimativa do número de árvores entre as classes diamétricas (Figura 12 e 13).

Figura 12: Curvas de ajuste da função Weibull 3P para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.

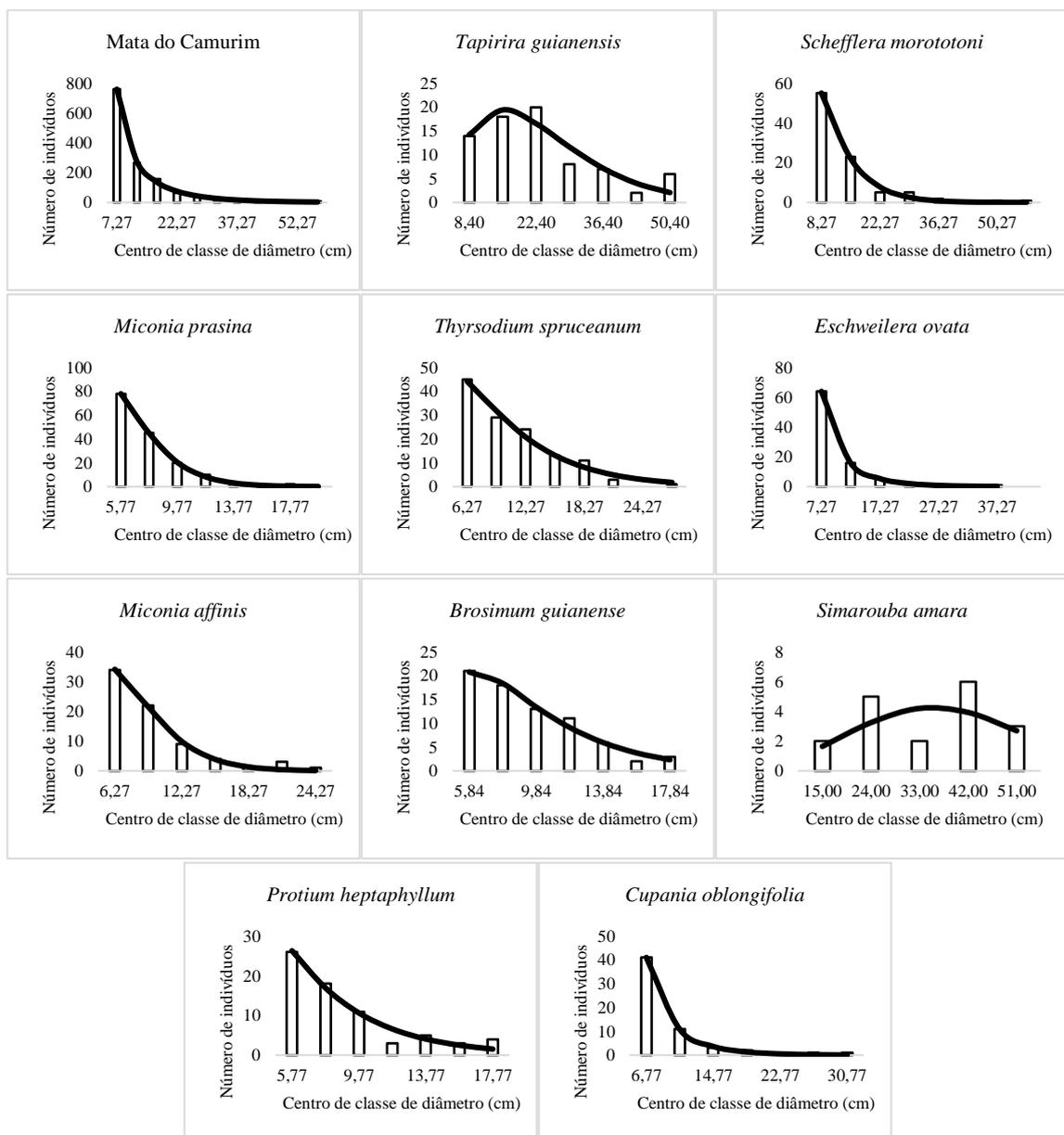
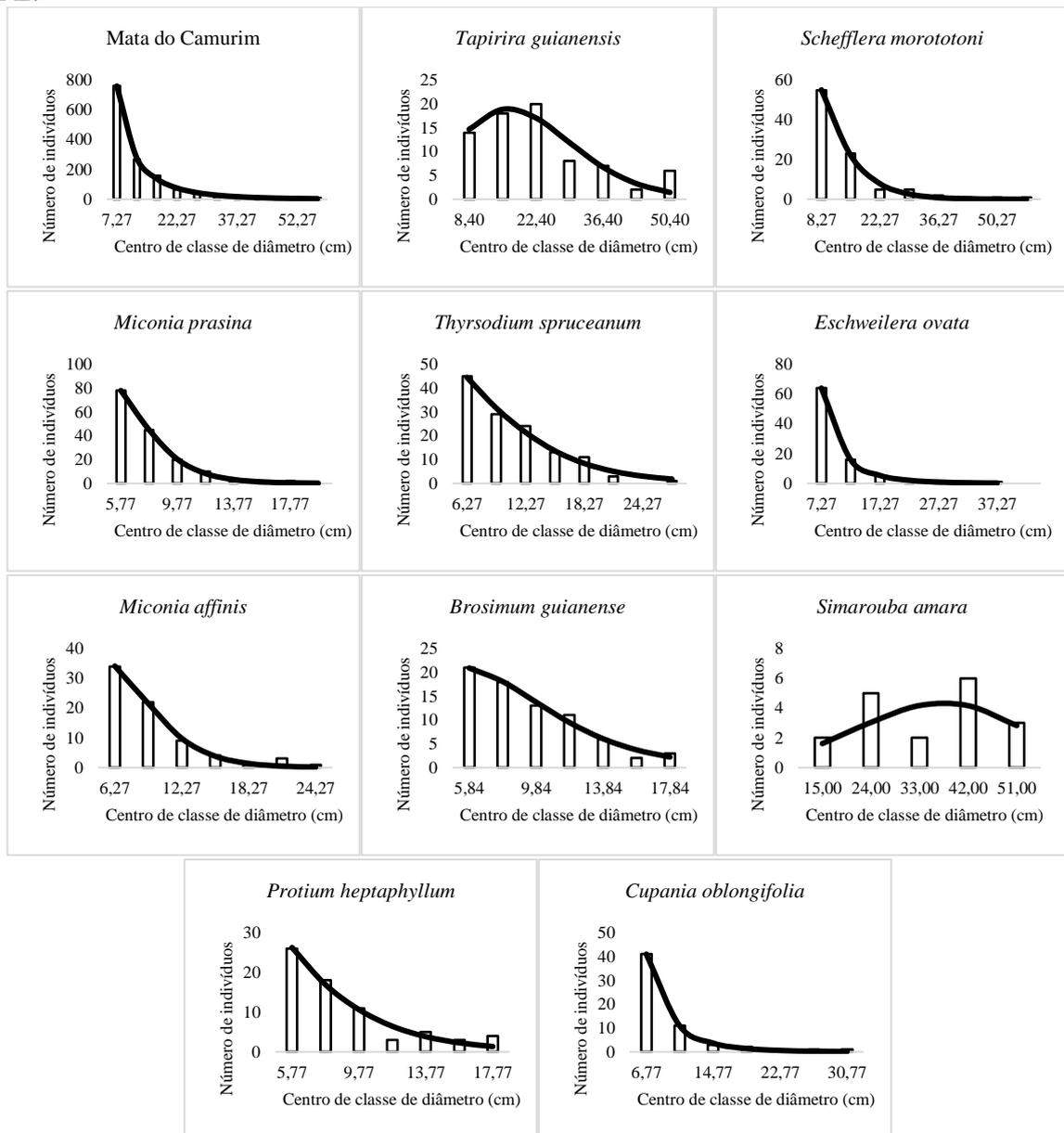


Figura 13: Curvas de ajuste da função Hiperbólica para o fragmento florestal da Mata do Camurim e para as dez espécies de maior VI localizado no município de São Lourenço da Mata – PE.



Analisado as curvas de ajuste para a espécie *Simarouba amara*, pode-se perceber que apesar do teste de K-S ter indicado um bom ajuste para as funções Normal, Gamma, Beta, Weibull 3P e Hiperbólica, os números de indivíduos foram subestimados ou superestimados em praticamente todas as classes diamétricas.

5 CONCLUSÕES

O fragmento estudado encontram-se em equilíbrio, apresentando taxas de recrutamento e mortalidade muito próximas. E o incremento periódico anual em diâmetro, de uma forma geral, aumentou a medida em que as classes diamétricas foram aumentando.

A fórmula de Sturges foi a que determinou o número mais adequado de classes de diâmetro para definir a distribuição diamétrica do fragmento estudado, evitando a ausência de indivíduos nas classes superiores.

O fragmento apresentou um padrão de distribuição diamétrica típico de florestas naturais, em forma de “J” invertido, com elevado número de indivíduos nas primeiras classes diamétricas e à medida que as classes de diâmetro foram aumentado o número de indivíduos foram decrescendo.

No ajuste da distribuição diamétrica do fragmento e das dez espécies de maior valor de importância, de uma forma geral, as funções Hiperbólica e Weibull 3P foram os que apresentaram maior aderência aos dados.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ-BUYLLA, E. R.; GARCIA-BARRIOS, R. Seed and forest dynamics: a theoretical framework and an example from the Neotropics. **American Naturalist**, Chicago, v.137, n.2, p.133 -154, 1991.

ALVAREZ et al. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALVES JUNIOR, F.T. et al. Estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Atlântica em matriz de cana-de-açúcar, Catende, Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 13, n. 3, p. 328–333, 2009.

AMARAL, P. **Introdução à quimiometria**: erros na análise estatística. Lisboa: Universidade de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia, 1996.

ARAÚJO JR., C. A.; NOGUEIRA, G. S.; OLIVEIRA, M. L. R.; MIRANDA, R. O. V.; CASTRO, R. V. O.; PELLI, E. Projeção da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto em diferentes amplitudes de classe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 11, p. 1275-1281, 2010.

ARCE, J. E. Modelagem da estrutura de florestas clonais de *Populus deltoides* Marsh. por meio de distribuição diamétrica probabilísticas. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 14, n.1, p. 149-164, 2004.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**: studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands. New York: Pergamon Press, 1970. 506 p.

AUSTREGÉSILO, S. L., et al. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Estacional Semidecidual secundária. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 227-232, 2004.

BAILEY, R.L.; DELL, T.R. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, New Orleans, v.19, n.2, p.97-104, 1973.

BAKER, J. P. et al. Disturbance History and Historical Stand Dynamics of a Seasonal Tropical Forest in Western Thailand. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 3, n. 75, p. 317-343, 2005.

BARRA, O. S. V. et al. Proposta metodológica para o ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3P. **Floresta**, Curitiba-PR, v.34, n.3, p.387-393, 2004.

BARTOSZECK, A. C. P. S. et al. A distribuição diamétrica para bracatingais em diferentes idades, sítios e densidade na região metropolitana de Curitiba. **Revista Floresta**, v. 34, n. 3, p. 305-323, 2004.

BATISTA, A. P. B. **Dinâmica e predição da estrutura diamétrica de dois fragmentos de floresta atlântica no nordeste do Brasil**. 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

BINOTI, D. H. B. et al. Eficiência das funções Weibull e Hiperbólica para descrição de distribuições diamétricas de povoamentos de *Tectona grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.2, p.299-306, 2011.

BINOTI, D. H. B.; et al. Uso da função Weibull de três parâmetros em um modelo de distribuição diamétrica para plantios de eucalipto submetido a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n.1, p. 147-156, 2010.

BRANDÃO, C. F. L. S. **Estrutura do componente arbóreo e da regeneração natural em fragmentos de floresta atlântica de diferentes tamanhos, em Sirinhaém, Pernambuco**. 2013. 108 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) –Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

BRANDÃO, C. F. L. S. et al. **Estrutura fitossociológica e classificação sucessional do componente arbóreo em um fragmento de floresta atlântica em Igarassu – Pernambuco**. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 4, n. 1, p. 55-61, 2009.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 543p.

CARELLI NETTO, C. **Dinâmica da distribuição diamétrica de Povoamentos de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e espaçamentos**. 2008. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CARVALHO, J.O.P. **Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. Curso de Manejo Florestal Sustentável**. Curitiba: EMBRAPA Florestas, 1997.

CAPOBIANCO, J. P. R. (Org.). **Dossiê Mata Atlântica 2001**. Brasília: Instituto Socioambiental, 2001. 407 p.

CORAIOLA, M. **Dinâmica de uma floresta estacional semidecidual - MG: abordagem com processos de amostragem em múltiplas ocasiões**. 2003. 183 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

COSTA JUNIOR, R. F. et al. Florística Arbórea de um fragmento de floresta Atlântica em Catende, Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.4, p.297-302, 2007.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2009. 218 p.

CUNHA, U. S. **Distribuições diamétricas e relações hipsométricas de uma floresta tropical úmida de 1000 ha, estação experimental de Curuá-Una, Santarém – Brasil**. 1994. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

CUNHA, V. S. et al. Novo método “UPLOT-DAP” para representação gráfica de distribuição diamétrica. **Floresta**, Curitiba, n. 32, v. 2, p. 205 – 217, 2002.

DAVIS, L S., JOHNSON, K.N. **Forest management**. 3 ed. New York: Me Graw Hill. 1987. 790 p.

FELFILI, J. M.; SILVA JUNIOR, M. C.; NOGUEIRA, P. E. Levantamento da vegetação arbórea na região de Nova Xavantina, MT. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, n.3, 63-81p. 1998.

FERREIRA, J. C. S. **Análise da estrutura diamétrica em povoamentos de florestas plantadas a partir de funções de densidade de probabilidade**. 2011. 116f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

FINGER, C. A. G. **Distribuição de diâmetros em acácia negra, *Acacia mearnsii* de Wild em diferentes povoamentos e idades**. 1982. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1982.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/Fatec, 1992. 269 p.

FREUND, J. E.; SIMON, G. A. **Estatística aplicada**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000. 404 p.

GASCON, C.; WILLIANSO, G.B.; FONSECA, G. A. B. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science**, New York, USA, v. 288, p. 1356-1358, 2000.

GENELETTI, D. Using spatial indicators and value functions to assess ecosystem fragmentation caused by linear infrastructures. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.5, p.1-15, 2004.

GUIMARÃES, D. P. **Uma função hiperbólica de distribuição probabilística de alta flexibilidade**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 40p.

GÜL, A. U. et al. Calculation of uneven-aged stand structures with the negative exponential diameter distribution and Sterba's modified competition density rule. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 214, p. 212-220, 2005.

HERRERA, H. A. et al. Análise florística e fitossociológica do componente arbóreo da floresta ombrófila mista presente na reserva florestal embrapa/epagri, caçador, SC –Brasil. **Floresta**, Curitiba, PR, v.39, n.3, p. 485-500, 2009.

HOSOKAWA, R.T.; MOURA, J.B.; CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: UFPR, 1998. 162p.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. ver. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271p.

IMAÑA, E.J. **Variáveis dendrométricas**. Brasília: Universidade de Brasília, departamento de engenharia florestal, 2002. 102 p.

JOHNSON, E. A.; MIYANISHI, K. **Plant disturbance ecology: the process and the response**. Oxford, UK. Elsevier, 2007. 720 p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura en los trópicos**. Gottingen: Instituto de Silvicultura de la Universidad de Gottingen, 1986. 335 p.

LANA, M. D. et al. Distribuição diamétrica de *Eschweilera ovata* em um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa - Igarassu, PE. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 59 - 68, 2013.

LAURENCE, W. F. et al. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. **Journal of Ecology**, London, n. 82, p. 105-116. 2001.

LEÃO, D. **Estatística Básica**. Estatcamp Consultoria em Estatística e Qualidade: São Carlos, 2006. 113p.

LEITE, H. G. et al. Avaliação do ajuste das funções weibull e hiperbólica a dados de povoamentos de eucalipto submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.2, p. 305-311, 2010.

LIMA, R. B. **Distribuição diamétrica e volumetria em vegetação de Caatinga arbustiva-arbórea, Floresta – PE**. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife. 2014.

LYRA, G. B. et al. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira, Venezuela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 205-215, 2006.

MACHADO, E. L. M. et al. Flutuações temporais nos padrões de distribuição diamétrica da comunidade arbóreo-Arbustivo e de 15 populações em um Fragmento Florestal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 4, p. 723-732, 2010.

MACHADO, S. A. et al. 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, 2009.

MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of Forestry**, 50: p 85-92, 1952.

MIGUEL, E.P. et al. Using the Weibull function for prognosis of yield by diameter class in *Eucalyptus urophylla* stands. **Cerne**, Lavras, v. 16, n.1, p. 94-104, 2010.

MOSCOVICH, F.A. **Dinâmica de crescimento de uma floresta ombrófila mista em Nova Prata, RS**. 2006. 135f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2006.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; Fonseca, G. A. B., Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n. 403, p. 853 - 858, 2000.

NOGUEIRA, G. S. et al. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.377-287, 2006.

ORELLANA, E. **Funções densidade de probabilidade no ajuste da distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, Irati, PR.** 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2009.

PICKETT, S.T.A.; CADENASSO, M.L.; MEINERS, S.J. Ever since Clements: from succession to vegetation dynamics and understanding to intervention. **Applied Vegetation Science**, v. 12, p. 9-21. 2008.

PINTO, A. C. M. **Dinâmica de uma floresta de terra firme manejada experimentalmente na região de Manaus (AM).** 2008. 167 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2008.

PINTO, L. P. et al. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica:** referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, p. 10-14. 2009.

PIRES O' BRIEN, M. J.; O' BRIEN, C. M. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais.** Belém: FCAP, 1995. 400 p.

RÊGO, G.M.; HOEFLICH, V.A. **Contribuição da pesquisa florestal para um ecossistema em extinção: Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 80 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 21).

RANTA, P. et al. The fragmented atlantic rain forest of Brasil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity & Conservation**, v.7, n.3, p.385-403, 1998.

SANQUETTA, C. R. et al. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 65-78, 1996.

SANQUETTA, C. R. et al. Projeção da distribuição diamétrica de fragmentos de florestas semidecíduas com matriz de transição. **Ciências Exatas e Naturais**, Curitiba, v. 3, n.1, p. 75-85, 2001.

SANTOS, R.O. et al. Distribuição diamétrica de uma comunidade arbórea na Floresta Estadual do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**. Macapá, v. 6, n. 2, p. 24-31, 2016.

SANTOS, W. B. dos. **Estrutura do componente arbóreo da borda e interior do fragmento de floresta ombrófila, Mata do Camurim, em São Lourenço da Mata - PE, Brasil.** 2014. 90 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 2014.

SCHAAF, L.B. et al. Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.283-295, 2006.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo florestal: planejamento da produção florestal.** Santa Maria, RS, UFSM, 2009. 613 p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal.** 2ª ed. Santa Maria: FACOS/ UFSM, 2008, 560 p.

SCHNEIDER, P.R et al. Estimativa dos parâmetros da função de densidade probabilística de Weibull por regressão aninhada em povoamentos desbastados de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 18, p. 381-392, 2008.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: Modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras, UFLA/FAEPE, p.393, 2006.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 441 p.

SCOLFORO, J.R.S., PULZ, F.A., MELLO, J.M. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural. In: SCOLFORO, J.R.S. (Org.) **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, p.189-246, 1998.

SILVA JUNIOR, J. F. **Estudo fitossociológico em um remanescente de floresta atlântica visando dinâmica de espécies florestais arbóreas no município do Cabo de Santo Agostinho, PE**. 2004. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004.

SILVA JÚNIOR, J. F. S. et al. Fitossociologia do componente arbóreo em um remanescente de floresta atlântica no município do Cabo de Santo Agostinho, PE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.3, n.3, p. 276-282, 2008.

SILVA, F. B. R. et al. **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco. Recife: Embrapa Solos UEP Recife**; Governo do Estado de Pernambuco– Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. 2001b.

SILVA, J. N. M. et al. **Crescimento, mortalidade e recrutamento em florestas de terra firme da Amazônia Oriental: observações nas regiões do Tapajós e Jari**. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G. (Ed.). *A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto EMBRAPA/DFID*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, p. 291–308. 2001a.

SILVA, R. K. S. et al. Estrutura e síndromes de dispersão de espécies arbóreas em um trecho de mata ciliar, Serinhaém, Pernambuco, Brasil. *Pesquisa florestal brasileira*, Colombo, v. 32, n. 69, p. 1-11, 2012.

SILVA, R. V. et al. Theory and practice in the collective management of natural resources - a case study in settlements of land reform of the Brazil Pernambuco South Mata meso-region. **Acervo On-line de Mídia Regional**, v.9, n.10, p.138-152, 2014.

SILVINO, A. N. O. et al. Determinação de vazões extremas para diversos períodos de retorno para o rio Paraguai utilizando métodos estatísticos. **Geociências**. São Paulo, v. 26, n. 4, p. 369-378, 2007.

SIMINSKI, A. et al. Sucessão florestal secundária no município de São Pedro de Alcântara, litoral de Santa Catarina: Estrutura e diversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v.14, n.1, p.21-33, 2004.

SOUZA, D. R. et al. Análise estrutural em Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Mossoró-RN, v.30, n.1, p.75-87, 2006.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 3ª Ed.: Pearson Makron Books, 2006. 643p.

STEPKA T. F.; LISBOA, G. S.; KURCHAIT, S. M. Funções densidade de probabilidade para a estimativa da distribuição diamétrica em povoamento de *Eucalyptus* sp na região centro-sul do Paraná. **Ambiência Guarapuava** (PR), v.7 n.3 p. 429-43, 2011.

STERBA, H. Equilibrium curves and growth models to deal with forests in transition to uneven-aged structure – application in two sample stands. **Silva Fennica**, v.4, n.38, p.413-423, 2004.

SWAINE, M. D.; HALL, J. B.; ALEXANDER, I. J. Tree population dynamics at Kade, Ghana (1968-1982). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.3, n.4, p.331-345, 1987.

TABARELLI, M. et al. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human modified landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, p. 2328-2340, 2010.

TOLEDO, G. L.; OVALLE, I. I. **Estatística básica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1991. 459 p

TSUCHIYA, A. et al. Growth of tree and microclimates in a gap dependent Forest in Central Amazonia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, PA, v. 1, n. 2, p. 47–63, 2006.

UMANÃ, C. L. A.; ALENCAR, J. C. Distribuições diamétricas da floresta tropical úmida em uma área no município de Itacoatiara – AM. **Acta Amazonica**, Manaus- AM, v.28, n. 2, p.167-190, 1998.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield**: applications to mixed tropical forests. Waallingford: CAB International, 1994, 312 p.

VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos de florestas naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6. 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS, 1990. p. 113 – 118.