



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**LARISSA CORRÊA LOPES QUADROS OLIVEIRA**

**PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E CICLO DE CORTE DE  
ESPÉCIES ARBÓREAS CLASSIFICADAS EM GRUPOS ECOLÓGICOS EM  
UMA FLORESTA TROPICAL DE TERRA FIRME**

**BELÉM – PARÁ  
BRASIL  
2017**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**LARISSA CORRÊA LOPES QUADROS OLIVEIRA**

**PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E CICLO DE CORTE DE  
ESPÉCIES ARBÓREAS CLASSIFICADAS EM GRUPOS ECOLÓGICOS EM  
UMA FLORESTA TROPICAL DE TERRA FIRME**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, para obtenção do título de Doutora em Ciências Florestais.

Orientador: Fernando Cristóvam da Silva Jardim

Co-orientador: João Olegário Pereira de Carvalho

**BELÉM – PARÁ  
BRASIL  
2017**

---

Oliveira, Larissa Correa Lopes Quadros

Prognose da Distribuição Diamétrica e Ciclo de Corte de espécies arbóreas classificadas em grupos ecológicos em uma floresta tropical de Terra Firme / Larissa Correa Lopes Quadros Oliveira. – Belém, PA, 2017. 111 f.

Tese ( Doutorado em Ciências Florestais: área de concentração Ciências Florestais ) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2017.

Orientador: Dr. Fernando Cristóvam da Silva Jardim.

1. Manejo florestal 2. Prognose - Floresta Tropical de Terra Firme  
3. Ciclo de corte - Espécies arbóreas comerciais 4. Floresta Tropical de Terra Firme I. Jardim, Fernando Cristóvam da Silva, (orient.) II. Título

**CDD – 634.92**

---



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

LARISSA CORRÊA LOPES QUADROS OLIVEIRA

**PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E CICLO DE CORTE DE  
ESPÉCIES ARBÓREAS CLASSIFICADAS EM GRUPOS ECOLÓGICOS EM  
UMA FLORESTA TROPICAL DE TERRA FIRME**

Tese submetida à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para obtenção do título de Doutora em Ciências Florestais.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Fernando Cristóvam da Silva Jardim – Orientador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA

Dra. Roberta de Fátima Rodrigues Coelho – 1º Examinador  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ-IFPA

Dr. Paulo Luiz Contente de Barros – 2º Examinador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA

Dr. Alessandro Silva do Rosário – 3º Examinador  
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ-UEPA

Dr. José Natalino Macedo Silva – 4º Examinador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA

A minha mãe **Denise Lopes**

Aos meus avós **Laura e Daniel Lopes**

Ao meu esposo **Marcelo Oliveira**

Ao meu filho **Tomás Oliveira**

**Eu dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre iluminar os meus passos e ter me permitido chegar até aqui. Pela força que me deu, todos os dias, para a conclusão da tese.

A minha mãe Denise e meu avós Daniel e Laura, que me incentivaram a estudar e se dedicaram a minha formação profissional e pessoal.

A minha irmã Daniella e meus sobrinhos Daniel e Maria Paula, pelo amor e carinho dispensados a mim.

Ao meu esposo Marcelo, pelo amor, carinho, companheirismo e, principalmente, pela paciência que teve comigo no decorrer da elaboração da tese.

Ao meu filho Tomás, que me mostra todos os dias que sou capaz de superar tudo por amor!

Ao meu orientador, Fernando Jardim, que me acompanhou desde o primeiro semestre da graduação e que sempre me orientou com dedicação e paciência. Obrigada pelos conselhos profissionais e pela amizade. O tenho com maior estima como professor, orientador, pesquisador e pessoa.

As minhas amigas Jaqueline Gomes, Daiana Monteiro, Joice Silva e Ana Muniz, pela amizade desde o início da Universidade e pela ajuda que vocês me deram na elaboração da tese. Sou muito grata a vocês!

A Maira Rodrigues, minha amiga bióloga que conheci em São Luís e que mesmo distante se disponibilizou em me ajudar com as espécies do trabalho.

A Universidade Federal Rural da Amazônia e seu corpo docente, pela oportunidade de realizar este curso.

Aos Doutores Roberta de Fátima Rodrigues Coelho, Paulo Luiz Contente de Barros, Alessandro Silva do Rosário, José Natalino Macedo Silva e Silvane Vatrás, por aceitarem serem membros da banca examinadora da minha tese e pelas contribuições.

Ao professor Dr. Rodrigo Geroni, que mesmo a distância e sem me conhecer ajudou-me com os modelos de prognose.

Ao professor Dr. Edson Marcos Leal Soares Ramos pelas valiosas contribuições na análise estatística.

Aos meus irmãos na fé, que me apoiaram nos meus momentos difíceis, seja com orações ou disponibilidade para eu ter um pouco de tempo para estudar.

Aos meus amigos do trabalho (INCRA), pela companhia, compreensão e apoio nas horas difíceis de conciliação entre trabalho e tese.

E a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização dessa pesquisa.

*Há pessoas que desejam saber só por saber, e isso é curiosidade; outras, para alcançarem fama, e isso é vaidade; outras, para enriquecerem com a sua ciência, e isso é um negócio torpe; outras, para serem edificadas, e isso é prudência; outras, para edificarem os outros, e isso é caridade.*

São Tomás de Aquino

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1-Forma e amplitude da distribuição diamétrica, de acordo com Jardim (2015). ....	35
Tabela 1.2- Classes de diâmetro para distribuição diamétrica de espécies arbóreas com DAP $\geq$ 5cm, em floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará.....	36
Tabela 1.3-Resultado do teste de igualdade de Médias dos grupos .....	38
Tabela 1.4-Autovalor (componentes principais), Percentual de Variância e Correlação Canônica da Função Discriminante.....	39
Tabela 1.5-Coefficientes de Classificação da Função Discriminante Linear de Fisher. ....	39
Tabela 1.6-Quantidade e Percentual de Observações Classificadas. ....	40
Tabela 1.7-Lista das espécies arbóreas com DAP $\geq$ 5 cm por grupos ecológicos em uma floresta tropical de terra firme localizada em Moju, Pará. G.E.: grupos ecológicos; G.E.2: grupos ecológicos após análise discriminante.....	61
Tabela 1.8-Lista das espécies arbóreas com DAP $\geq$ 5 cm por grupos ecológicos em uma floresta tropical de terra firme localizada em Moju, Pará. G.E.: grupos ecológicos; G.E.2: grupos ecológicos após análise discriminante (continuação).....	62
Tabela 1.9-Lista das espécies arbóreas com DAP $\geq$ 5 cm por grupos ecológicos em uma floresta tropical de terra firme localizada em Moju, Pará. G.E.: grupos ecológicos; G.E.2: grupos ecológicos após análise discriminante (continuação).....	63
Tabela 2.1 -Classes de diâmetro para distribuição diamétrica de espécies arbóreas com DAP $\geq$ 5cm, em floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará.....	19
Tabela 2.2 -Número de árvores/hectare que mudaram de estado, por classe de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies tolerantes. ....	23
Tabela 2.3 -Número de árvores/hectare que mudaram de estado, por classe de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies intolerantes.....	23
Tabela 2.4 -Número de árvores/hectare que mudaram de estado, por classe de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies intermediárias.....	24
Tabela 2.5 -Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies tolerantes. ....	25
Tabela 2.6 -Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies intolerantes.....	25
Tabela 2.7 -Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies intermediárias.....	26
Tabela 2.8 -- Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, para o ano 2004, das espécies tolerantes.....	26
Tabela 2.9 -Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, para o ano 2004, das espécies intolerantes.....	27
Tabela 2.10 -Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, para o ano 2004, das espécies intermediárias. ....	27
Tabela 2.11 -Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies tolerantes utilizando o método Matriz de Transição. ....	28
Tabela 2.12 -- Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies intolerantes utilizando o método Matriz de Transição. ....	28
Tabela 2.13- Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies intermediárias utilizando o método Matriz de Transição.....	28



Tabela 2.14 - Prognose da distribuição diamétrica para os anos 2004, 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação com intervalo de 3 anos para as espécies tolerantes. ....	76
Tabela 2.15 -Prognose da distribuição diamétrica para os anos 2004, 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação com intervalo de 3 anos para as espécies intolerantes.....	77
Tabela 2.16 -Prognose da distribuição diamétrica para os anos 2004, 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação com intervalo de 3 anos para as espécies intermediárias.....	78
Tabela 2.17 -Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies tolerantes.....	79
Tabela 2.18 -Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies intolerantes.....	79
Tabela 2.19 -Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies intolerantes.....	80
Tabela 2.20 -Tabela resumo dos Indivíduos/hectare projetados e reais para os anos 2007 e 2010 utilizando os métodos Matriz de Transição e Razão de Movimentação para os grupos de espécies Tolerantes, Intolerantes e Intermediárias. ....	81
Tabela 2.21 -Teste de Aderência Kolmogorov-Smirnov (K-S) para as projeções realizadas para os anos 2007 e 2010, pelo método Matriz de Transição e Razão de Movimentação, para espécies divididas em três grupos ecológicos.....	81
Tabela 3.1 -Espécies planejadas para colheita em 1997 de 200 ha de uma Floresta Tropical de Terra Firme, no município de Moju, estado do Pará.....	92
Tabela 3.2 -Espécies comerciais remanescentes presentes na área amostral do projeto “Avaliação da dinâmica florestal após exploração madeireira seletiva”, em uma Floresta Tropical de Terra Firme, Moju-Pará, divididas em grupos ecológicos. ....	96
Tabela 3.3 -Matriz de probabilidade de transição com intervalo de 3 anos para as espécies tolerantes. ....	97
Tabela 3.4 -Matriz de probabilidade de transição com intervalo de 3 anos para as espécies intolerantes.....	97
Tabela 3.5 -Matriz de probabilidade de transição com intervalo de 3 anos para as espécies intermediárias.....	98
Tabela 3.6 -Indivíduos/hectare projetados para os anos 2013, 2016, 2019, 2022, 2025 e 2028, por classe diamétrica, para os grupos ecológicos tolerante, intolerante intermediária. N/ha: número de indivíduos por hectare. ....	100
Tabela 3.7 -Prognose da distribuição diamétrica para os anos 2013, 2016, 2019, 2022, 2025 e 2028 utilizando o método Razão de Movimentação com intervalo de 3 anos para as espécies intolerantes.....	100
Tabela 3.8 -Matriz de probabilidade de transição com intervalo de 3 anos para as espécies comerciais exploradas em 1997 em uma floresta tropical de terra firme.....	101
Tabela 3.9 -Matriz de probabilidade de transição com intervalo de 3 anos para as espécies comerciais exploradas em 1997 em um floresta tropical de terra firme.....	102
Tabela 3.10 -Volume estimado para os anos 2013, 2016, 2019, 2022 2025 e 2026 para espécies exploradas divididas em grupos ecológicos.....	103

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1-Distribuição espacial das nove clareiras selecionadas na área do Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. ....	33
Figura 1.2-Desenho esquemático da distribuição espacial das amostras nas clareiras no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, Moju-Pará.....	34
Figura 1.3-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Anacardiaceae). ....	42
Figura 1.4- Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Annonaceae). ....	42
Figura 1.5- Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Apocynaceae) ....	43
Figura 1.6-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Bignoniaceae). ....	43
Figura 1.7-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Boraginaceae). ....	44
Figura 1.8-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Burseraceae). * Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante. ....	44
Figura 1.9-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Burseraceae). ....	45
Figura 1.10-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Cardiopteridaceae).....	45
Figura 1.11-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Caryocaraceae). ....	46
Figura 1.12-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Chrysobalanaceae).....	46
Figura 1.13-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Chrysobalanaceae).....	47
Figura 1.14-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Clusiaceae).....	47
Figura 1.15-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Dichapetalaceae).....	48
Figura 1.16-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Ebenaceae).....	48
Figura 1.17-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Elaeocarpaceae). ....	49
Figura 1.18-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (família Fabaceae). ....	49
Figura 1.19-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Fabaceae). * Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante. ....	50
Figura 1.20-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Fabaceae). ....	50
Figura 1.21-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Fabaceae). ....	51
Figura 1.22-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Fabaceae). ....	51

Figura 1.23-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Goupiaceae). .....	52
Figura 1.24-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Humiriaceae). * Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante. ....	52
Figura 1.25-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Lauraceae). .....	53
Figura 1.26-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Lecythidaceae). * Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante. ....	53
Figura 1.27-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Lecythidaceae). .....	54
Figura 1.28-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Malvaceae). .....	54
Figura 1.29-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Moraceae). *Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante. ....	55
Figura 1.30-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Moraceae). .....	55
Figura 1.31-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Myristicaceae). ....	56
Figura 1.32-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Nyctaginaceae). ....	56
Figura 1.33-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Olacaceae). .....	57
Figura 1.34-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Sapotaceae). .....	57
Figura 1.35-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Sapotaceae). *Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante. ....	58
Figura 1.36-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Sapotaceae). *Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante. ....	58
Figura 1.37-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Simarubaceae). ....	59
Figura 1.38-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Urticaceae). .....	59
Figura 1.39-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Violaceae). .....	60
Figura 1.40-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (família Vochysiaceae). .....	60
Figura 2.1 -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Matriz de Transição para o grupo de espécies tolerantes em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA. ....	83
Figura 2.2 -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação para o grupo de espécies tolerantes em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA. ....	83

Figura 2.3 -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Matriz de Transição para o grupo de espécies intermediárias em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA.....	84
Figura 2.4 -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação para o grupo de espécies intermediárias em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA.....	84
Figura 2.5 -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Matriz de Transição para o grupo de espécies intolerantes em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA.....	85
Figura 2.6 -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação para o grupo de espécies intolerantes em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA.....	85

## SUMÁRIO

RESUMO .....	20
1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	24
REFERÊNCIAS .....	28
ARTIGO 1 .....	30
CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DE ESPÉCIES ARBÓREAS POR MEIO DA ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA .....	30
1.1 INTRODUÇÃO .....	30
1.2 METODOLOGIA .....	32
1.2.1 ÁREA DE ESTUDO .....	32
1.2.2 COLETA DE DADOS .....	33
1.2.3.1 Grupos ecológicos .....	34
1.2.3.2. Análise Discriminante .....	36
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
1.4 CONCLUSÃO .....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
ARTIGO 2 .....	68
PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE GRUPOS ECOLÓGICOS A PARTIR DA MATRIZ DE TRANSIÇÃO E RAZÃO DE MOVIMENTAÇÃO .....	68
2.1 INTRODUÇÃO .....	15
2.2. METODOLOGIA .....	17
2.2.1. ÁREA DE ESTUDO .....	17
2.2.2. COLETA DE DADOS .....	17
2.2.3 ANÁLISE DE DADOS .....	18
2.2.3.1. Prognose da distribuição diamétrica .....	18
2.2.3.2 Matriz de Transição .....	19
2.2.3.3 Razão de Movimentação .....	21
2.2.3.4 Avaliação das prognoses e definição do ciclo de corte .....	22
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
2.3.2 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA VIA RAZÃO DE MOVIMENTAÇÃO .....	29
2.3.3 AVALIAÇÃO DAS PROJEÇÕES DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PARA OS ANOS 2007 E 2010 .....	80
2.4 CONCLUSÃO .....	85

ARTIGO 3 .....	89
PREDIÇÃO DO CICLO DE CORTE DE ESPÉCIES ARBÓREAS COMERCIAIS POR GRUPOS ECOLÓGICOS EM UMA FLORESTA TROPICAL DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA BRASILEIRA .....	89
3.2. METODOLOGIA.....	91
3.2.1. ÁREA DE ESTUDO .....	91
3.2.2 COLETA DE DADOS .....	93
3.2.3 ANÁLISE DE DADOS .....	94
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	95
3.3.1 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA .....	95
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	109

# PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E CICLO DE CORTE DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE UMA FLORESTA TROPICAL DE TERRA FIRME

## RESUMO

A legislação ambiental brasileira estabelece um ciclo de corte inicial de 35 anos para intensidade de corte de 30m<sup>3</sup>/ha e diâmetro mínimo de corte (DMC) de 50 cm para todas as espécies que não possuem DMC específico. Com isso, pesquisas são necessárias para subsidiar os silvicultores à manejarem a floresta visando melhor aproveitamento. Para auxiliar as pesquisas pode-se, analisando a distribuição diamétrica, agrupar as espécies de acordo com as suas características em relação ao crescimento diamétrico, determinando grupos funcionais ou ecológicos. Essa pesquisa teve por objetivo estimar o ciclo de corte para espécies arbóreas comerciais divididas em grupos ecológicos em uma floresta tropical de terra firme, por meio da modelagem Matriz de Transição e Razão de Movimentação. Os resultados devem responder ao problema: qual o ciclo de corte a ser adotado para as espécies arbóreas exploradas em uma Floresta Tropical de Terra Firme? O trabalho está dividido em três perguntas específicas, em que cada uma possui uma hipótese: 1) pergunta: é possível detectar grupos ecológicos a partir da análise da distribuição diamétrica? Hipótese: pode-se dividir as espécies arbóreas em grupos ecológicos após análise da distribuição diamétrica; 2) pergunta: qual modelo possui maior acuracidade por grupos ecológicos para prognose do crescimento diamétrico em uma Floresta Tropical de Terra Firme? Hipótese: um modelo em que os dados estimados se aproximem ao máximo dos valores reais será o mais indicado para prognose em uma Floresta Tropical de Terra Firme; 3) pergunta: o ciclo de corte estabelecido na legislação ambiental é compatível com a recuperação e crescimento das espécies arbóreas? Hipótese: espécies com crescimento rápido recuperam o estoque explorado dentro do ciclo de corte até 35 anos ou menos e espécies com crescimento lento não recuperam. O experimento foi conduzido em 200 ha de uma floresta tropical de terra firme, no campo experimental da EMBRAPA, em Moju, estado do Pará, onde houve exploração seletiva em outubro de 1997. Foram selecionadas 9 clareiras, em torno das quais foram instaladas parcelas amostrais 10 m x 50 m, da bordadura da clareira para dentro da floresta, nas direções norte, sul, leste e oeste, onde foram medidos todos os indivíduos com DAP  $\geq$  5 cm. Os dados foram coletados no período de 1998 a 2010 totalizando 12 anos de monitoramento. A prognose foi realizada com base nos dados obtidos em 1998 e 2001, para os modelos Matriz de Transição e Razão de Movimentação. A eficiência das projeções foi verificada com base nos valores observados, por meio do teste de Kolgomorov- Smirnov. Por fim, a partir da metodologia de maior acuracidade, foi realizada a prognose da espécies comerciais divididas em grupos ecológicos para o ano de 2028, e assim verificar qual o ciclo de corte ideal. Comprovou-se que a distribuição diamétrica pode ser utilizada para classificar as espécies em grupos. A análise discriminante mostrou que 92,4% das espécies foram corretamente classificadas. As projeções realizadas pelos dois métodos não apresentaram diferença significativa entre os valores reais e projetados. Com base nos resultados recomenda-se o método Matriz de Transição para a prognose da distribuição diamétrica para os indivíduos que pertencem ao grupo das espécies tolerantes e intermediárias e indica-se utilizar os dois modelos para as espécies intolerantes. Verificou-se que as espécies tolerantes e intolerantes recuperaram o estoque colhido em um período de 16 anos, indo de encontro à hipótese sobre as espécies com crescimento lento não recuperarem seu volume em 27 anos. As

espécies intermediárias apresentaram um ciclo de corte de 22 anos, 5 anos a menos do estipulado pela lei. Para a exploração florestal é necessário que as espécies sejam classificadas conforme suas demandas ecofisiológicas e se estabeleça um Ciclo de Corte compatível com a recuperação do volume extraído de cada grupo, garantindo a sustentabilidade ambiental e financeira da atividade.

Palavras-chave: manejo florestal, crescimento diamétrico, análise discriminante, matriz de transição, razão de movimentação, Amazônia.



## PROGNOSIS OF THE DIAMETRIC DISTRIBUTION AND CUTTING CYCLE OF TREE SPECIES OF A TERRA FIRME TROPICAL FOREST

### ABSTRACT

The Brazilian environmental legislation establishes an initial cutting cycle of 35 years for cut intensity of  $30\text{m}^3 / \text{ha}$  and minimum cut diameter (DMC) of 50 cm for all species that do not have specific DMC. Thus, research is needed to help foresters to manage the forest for better use. In order to aid the research, one can analyze the diametrical distribution, group the species according to their characteristics in relation to the diametric growth, determining functional or ecological groups. The objective of this research was to estimate the cutting cycle for commercial tree species divided into ecological groups in a tropical mainland forest, through the Transition Matrix model and the Movement Ratio model. The results should answer the problem: what is the cutting cycle to be adopted for the tree species exploited in a Tropical Forest of Terra Firme? The work is divided into three specific questions, each of which has a hypothesis: 1) question: is it possible to detect ecological groups from the analysis of the diameter distribution? Hypothesis: the tree species can be divided into ecological groups after analysis of the diametric distribution; 2) question: which model has the greatest accuracy by ecological groups for the prognosis of the diametric growth in a Tropical Forest of Terra Firme? Hypothesis: a model in which the estimated data approaches the maximum of the real values will be the most suitable for prognosis in a Tropical Forest of Terra Firme; 3) Question: Is the cutting cycle established in environmental legislation compatible with the recovery and growth of tree species? Hypothesis: fast-growing species recover the harvested stock within the cutting cycle up to 35 years or less and slow-growing species do not recover. The experiment was conducted in 200 ha of a terra firme tropical forest at the EMBRAPA experimental field in Moju, state of Pará, where there was selective exploration in October 1997. Nine clearings were selected, around which sample plots were installed 10 mx 50 m, from the edge of the clearing into the forest, in the north, south, east and west directions, where all individuals with  $\text{DBH} \geq 5$  cm were measured. Data were collected from 1998 to 2010 totaling 12 years of monitoring. The prognosis was performed based on data obtained in 1998 and 2001, for the Transition Matrix and Moving Ratio models. The efficiency of the projections was verified based on the values observed, by means of the Kolmogorov-Smirnov test. Finally, from the methodology of greater accuracy, the prognosis of the commercial species divided into ecological groups for the year 2028 was carried out, in order to verify the ideal cutting cycle. It was verified that the diametric distribution can be used to classify the species into groups. The discriminant analysis showed that 92.4% of the species were correctly classified. The projections performed by the two methods did not present significant difference between the actual and projected values. Based on the results it is recommended the Transition Matrix method for the prognosis of the diametric distribution for the individuals belonging to the group of tolerant and intermediate species and it is indicated to use both models for intolerant species. It was found that tolerant and intolerant species recovered the harvested stock over a period of 16 years, going against the hypothesis that slow-growing species did not regain their volume in 27 years. The intermediate species presented a cut cycle of 22 years, 5 years less than stipulated by law. For forest exploitation it is necessary that the species be classified according to their ecophysiological demands and establish a Cycle

of Cut compatible with the recovery of the volume extracted from each group, guaranteeing the environmental and financial sustainability of the activity.

Keywords: forest management, diametric growth, discriminant analysis, transition matrix, movement ratio, Amazon.

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Nas florestas nativas, além de toda a complexidade de sua composição, com um grande número de espécies com as mais diferentes características silviculturais, ecológicas e tecnológicas, poucas são as informações de como as plantas crescem, seja em áreas intactas, exploradas ou em áreas sujeitas a regime de manejo (SCOLFORO et al, 1996). Informações sobre a produção e crescimento das espécies arbóreas, em especial as comerciais, são essenciais para subsidiar as decisões do Manejo Florestal, fornecendo conhecimentos básicos para o silvicultor manejar de acordo com as características das espécies a serem exploradas.

Conhecendo-se o crescimento diamétrico das espécies arbóreas é possível prever o tempo para atingir o diâmetro mínimo para a próxima colheita, ou seja, o ciclo de corte. De acordo com Stepka (2008), um dos importantes pontos a serem abordados para as florestas nativas é a definição do ciclo de corte e também o conhecimento de como o número de árvores por classe de diâmetro evolui ao longo do tempo.

Para explorar a floresta é necessário que os indivíduos arbóreos tenham atingido um tamanho mínimo estabelecido pela legislação florestal, definido como Diâmetro Mínimo de Corte (DMC), que é o diâmetro mínimo de uma árvore a partir do qual é permitido seu corte em um Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS (BRASIL, 2009). Para determinar o ciclo de corte da floresta, que é o período de tempo, em anos, entre sucessivas colheitas de produtos florestais madeireiros (BRASIL, 2009), deve-se conhecer o crescimento diamétrico anual das espécies exploradas.

No Brasil, a exploração florestal deve seguir a legislação ambiental vigente, de acordo com as normas e critérios estabelecidos. Entretanto, não existe uma regra definitiva sobre alguns aspectos primordiais para a execução do Manejo florestal, como a definição do ciclo de corte, como verifica-se na Instrução Normativa nº 5 de 11/12/2006, do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006) e na Resolução CONAMA nº 406 de 06/02/2009 (BRASIL, 2009).

Para auxiliar as pesquisas, pode-se, por meio da distribuição diamétrica, agrupar as espécies de acordo com as suas características em relação ao crescimento diamétrico, determinando grupos funcionais ou ecológicos. A classificação das espécies em grupos

ecológicos é ferramenta essencial para a compreensão do comportamento das espécies e da sucessão ecológica florestal (PAULA et al., 2004).

Para prever a distribuição diamétrica e o comportamento futuro das espécies, pode-se utilizar dos métodos de prognose de crescimento. A prognose pode ser feita por meio de modelos de crescimento, os quais possibilitam a predição de produção em tempos futuros, partindo-se das condições atuais (CHASSOT et al., 2011). De acordo com WOLFF II (2012), modelos matemáticos permitem obter estimativas para diversas variáveis da floresta, possuindo grande importância na modelagem do crescimento e da produção florestal.

Modelos de crescimento são baseados em dados de monitoramento da floresta em determinado período. Sua aplicação em processos dinâmicos de sucessão, crescimento e produção, para fazer predições da dinâmica da estrutura da floresta e indicar a sustentabilidade ecológica e econômica de planos de manejo (SOUZA; SOARES, 2013). Auxiliam os silvicultores a definir o período para intervir na floresta, aumentando a produtividade e definindo diâmetro mínimo de corte e ciclos de corte compatíveis com o desenvolvimento das espécies comerciais.

Em virtude da diversidade que existe entre as classificações dos modelos de crescimento, estes podem ser classificados em três tipos: povoamento total; árvores individuais; e distribuição por classes de tamanho (DANIELS, BURKHART, 1988; VANCLAY, 1994).

Modelos do tipo povoamento total fornecem estimativas do crescimento e ou da produção para o povoamento como um todo (ou para espécies comerciais) (AZEVEDO, 2006) e são baseados em atributos que representam os valores médios da população, como densidade, área basal e volume, que são usados para prever o crescimento ou rendimento da floresta. Informações sobre o crescimento ou a qualidade das árvores individuais não são previstas neste tipo de modelo, logo são necessárias poucas informações para simular o crescimento de um povoamento (VANCLAY, 1994; AZEVEDO; SOUZA; JESUS, 1995; SPATHELF; NUTTO, 2000).

Os principais modelos em nível de povoamento são: o modelo de Shumacher; Logístico; Gompertz; Richards; Cluter; Buckman. O modelo de Cluter é o mais difundido

nas empresas brasileiras para simulação do volume por unidade de área em florestas plantadas (CAMPOS; LEITE, 2013).

Os modelos de árvores individuais requerem particularidades de cada árvore no povoamento (AZEVEDO, 2006). O diâmetro é a variável mais utilizada, porém o modelo pode incluir a localização da árvore, altura e a classe de copa para cada árvore individualmente (AZEVEDO; SOUZA; JESUS, 1995).

Os modelos de distribuição por classe de tamanho consideram o povoamento em termos de distribuição do número de árvores por unidade de área e por classe de tamanho; na maioria dos casos, o tamanho é a classe de diâmetro. Esses modelos abrangem projeção em tabelas de povoamento, função de distribuição de probabilidade, matrizes de transição, modelos de “cohort” (AZEVEDO; SOUZA; JESUS, 1995) e razão de movimentação. Esses modelos são considerados intermediários entre os modelos de povoamento total e os de árvores individuais e podem fornecer informações suficientes para o manejo de florestas naturais inequidêneas, sem a complexidade inerente aos modelos de árvores individuais (AUSTREGÉSILO, et al. 2004).

Nesse contexto, este estudo pretende empregar as técnicas dos modelos de distribuição diamétrica para responder ao seguinte questionamento: Qual o ciclo de corte das espécies arbóreas comerciais exploradas em uma floresta tropical de terra firme? Especificamente procurou-se responder as questões: é possível fazer a divisão de grupos ecológicos baseado na distribuição diamétrica? Qual modelo possui maior precisão por grupos ecológicos para prognose do crescimento diamétrico? O ciclo de corte estabelecido na legislação ambiental é compatível com a recuperação e crescimento das espécies arbóreas? Para responder cada pergunta serão testadas as seguintes hipóteses:

Hipótese 1: a distribuição diamétrica é um instrumento que classifica as espécies em grupos ecológicos, então, a classificação pode ser comprovada estatisticamente;

Hipótese 2: o modelo em que os dados estimados se aproximem ao máximo dos valores reais é o mais indicado para prognose em uma Floresta Tropical de Terra Firme;

Hipótese 3: Espécies intolerantes a sombra e intermediárias recuperam o estoque colhido dentro do ciclo de corte estabelecido por lei e espécies tolerantes a sombra não recuperam.

Com isso, a presente pesquisa tem por objetivo geral estabelecer o ciclo de corte para espécies arbóreas comerciais divididas em grupos ecológicos na Amazônia brasileira.

Como objetivo específico, tem-se:

- Avaliar a formação de grupos ecológicos com base na distribuição diamétrica;
- Selecionar o modelo de distribuição de classe de tamanho (Matriz de Transição ou Razão de Movimentação) por grupos ecológicos para prognose em florestas tropicais de terra firme;
- Realizar a prognose da distribuição diamétrica futura da floresta com o modelo de maior acuracidade e definir o ciclo de corte por grupos ecológicos e de toda a floresta manejada.

Para atender ao objetivo geral, a tese foi organizada em três artigos:

Artigo I: Classificação ecológica de espécies arbóreas baseada na distribuição diamétrica.

Artigo II: Prognose da distribuição diamétrica de grupos ecológicos a partir da matriz de transição e razão de movimentação.

Artigo III: Predição do ciclo de corte de espécies arbóreas comerciais por grupos ecológicos em uma floresta tropical de terra firme.

## REFERÊNCIAS

- AUSTREGÉSILO, S.L.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J.A.A.; SOUZA, A.L.; MEUNIER, I.M.J.; SANTOS, E.S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.227-232, 2004.
- AZEVEDO, C. P. *Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação*. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- AZEVEDO, C.P.; SOUZA, A.L.; JESUS, R.M. Um modelo de matriz de transição para prognose do crescimento de um povoamento natural remanescente não manejado de mata atlântica. **Revista árvore**, v. 19, n. 2, p. 171-186. 1995.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 406, de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, n° 26, 06 de fev. 2009.
- BRASIL, MMA - Ministério do Meio Ambiente. Processo de Tarapoto sobre Critérios e Indicadores de Sustentabilidade da Floresta Amazônica: Validação de 15 Indicadores Priorizados de Sustentabilidade da Floresta Amazônica. Brasília - DF. Relatório Final do Projeto FAO/TCP/RLA 3007(A) - Brasil. 1ª ed. Brasília, DF, 2006. 102p.
- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4ª edição. Viçosa: UFV, 2013. 605p.
- CHASSOT, T.; FLEIG, F.D.; FINGER, C.A.G.; LONGHI, S.J. Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (bertol.) kuntze em floresta ombrófila mista. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 303-313. 2011.
- DANIELS, R.F.; BURKHART H.E. An integrated system of forest stand models. **Forest Ecology and Management**, v. 23, p. 159-77. 1988.
- PAULA, A.; SILVA, A. F.; MARCO-JÚNIOR, P.; SANTOS, F. A. M.; SOUZA, A. L. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma floresta estacional semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, p. 407-423, 2004.
- SCOLFORO, J. R. S., PULZ, F. A., MELLO, J. M. de; OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para o manejo sustentado. **Cerne**, v.2, n.1, 1996.
- SOUZA, A.L.; SOARES, C.P.B. **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa-MG: UFV, 2013. 322p.
- SPATHELF, P.; NUTTO, L. **Modelagem aplicada ao crescimento florestal**. Santa Maria: UFSM, 2000. 70p.

STEPKA, T.F. **Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista por meio de Matriz de Transição e Razão de Movimentação**. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Irati, 2008.

VANCLAY, J.K. Growth models for tropical forests: a synthesis of models and methods. **Forest Science**, v.41, n. 1, p. 7-42. 1995.

VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. CAB International, Department of Economics and Natural Resource, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, Wallingford, UK, 1994. 312 p.

WOLFF II, N. I. Modelagem do crescimento e da produção de *Pinus taeda* L. 62 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Paraná, 2012.



## ARTIGO 1

# CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DE ESPÉCIES ARBÓREAS POR MEIO DA ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA <sup>1</sup>

### Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar os grupos ecológicos com base na distribuição diamétrica das espécies arbóreas. O estudo foi realizado no município de Moju, PA. Foram selecionadas 9 clareiras em torno das quais 4 parcelas amostrais de 500m<sup>2</sup> foram instaladas. Foram medidos todas as árvores com DAP  $\geq$  5 cm. A classificação em grupos ecológicos dividiu as espécies em tolerantes, intolerantes e intermediárias. Aplicou-se a análise discriminante foi aplicada para verificar a pertinência dos grupos formados. Os resultados indicam que a distribuição diamétrica pode ser utilizada para classificar as espécies em grupos. A análise discriminante mostrou que 92,4% das espécies foram corretamente classificadas.

### Palavras-chaves

floresta tropical, manejo florestal, estrutura diamétrica.

### Abstract

The objective of this paper was to evaluate the formation of ecological groups based on the diametric distribution. The study was conducted in Moju, PA. nine gaps were selected around which 4 sample plots of 500m<sup>2</sup> were installed. All individuals with DBH  $\geq$  5 cm were measured. The classification in ecological groups divided the species into tolerant, intolerant and intermediate. The discriminant analysis was applied to verify the pertinence of the groups formed. It was verified that the diameter distribution can be used to classify the species into groups. The discriminant analysis showed that 92.4% of the species were correctly classified.

### key words

tropical forest, forest management, diametric structure.

## 1.1 INTRODUÇÃO

Pesquisas sobre o comportamento das espécies arbóreas são imprescindíveis para manejar a floresta de acordo com os princípios da sustentabilidade, garantindo recursos florestais para as futuras gerações, conforme preconiza o conceito de manejo sustentável

---

<sup>1</sup> Artigo enviado para a revista Espacios e aceito para a publicação.

na Lei Federal brasileira nº 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012). O artigo 3º do Decreto Federal brasileiro nº 5.975 de 2006 (BRASIL, 2006) estabelece os fundamentos técnicos e científicos que o Plano de Manejo Florestal Sustentável deve atender, e para que isso ocorra é fundamental que se conheça a estrutura, dinâmica e as características ecofisiológicas e silviculturais das árvores presentes na floresta a ser explorada.

Para facilitar os estudos, considerando a diversidade de espécies existentes, é necessário um sistema de classificação que possibilite agrupar as espécies de características ecológicas e silviculturais semelhantes, facilitando a proposição de metodologias aplicáveis a cada agrupamento, a escolha das espécies a serem exploradas e definição do diâmetro mínimo de corte e ciclo de corte. De acordo com Vale *et al.* (2011), em meio às dificuldades de se analisar todas as espécies e suas funções no ambiente, agrupar as espécies quanto as suas características funcionais é fundamental para se compreender as suas relações com o local onde elas se encontram distribuídas. Ferraz *et al.* (2004) afirmam que uma classificação facilitará modelar a dinâmica da floresta e o conhecimento pode ser aplicado diretamente na conservação, no manejo sustentado e na reabilitação de áreas degradadas.

Algumas pesquisas têm buscado agrupar as espécies em função de fatores, tais como formas de vidas, tipos funcionais, estratégias de vida, forma de crescimento, fixação de nitrogênio, densidade da madeira, entre outros (Cornelissen *et al.*, 2003; Coelho, Miranda e Mitja, 2012). Entretanto, a classificação baseada na demanda por radiação solar é a mais antiga e comum (Baker, 1949; Budowski, 1965; Denslow, 1980; Hartshorn; 1980; Whitmore, 1984; Swaine e Whitmore, 1988; Kageyama e Castro, 1989; Gandolfi, Leitão Filho e Bezerra, 1995; Hawthorne, 1995; Kageyama e Gandara, 2004; Humbert *et al.*, 2007; Duah-Gyamfi *et al.*, 2014; Soares *et al.*, 2016).

A maior ou menor heliofilia de uma espécie pode ser, preliminarmente, inferida da análise da distribuição diamétrica da mesma (Jones, 1955; Pires, 1981). Souza, Souza e Meira Neto (2012) afirmam que a distribuição diamétrica de uma espécie e de um grupo de espécies está em função, principalmente, das suas exigências ecofisiológicas, e que estas influenciam os regimes de manejo e os tratamentos silviculturais. De acordo com Jardim (2015):

Se uma espécie apresenta distribuição diamétrica na forma exponencial negativa isso indica que, em relação à luz, essa espécie não tem restrições no processo de regeneração natural, ou seja, o recrutamento de plântulas é regular

e constante, compensado pela mortalidade. Espécies com essa característica ecológica são classificadas como tolerantes à sombra, isto é, regeneram e crescem no ambiente de luz difusa do interior da floresta. Se uma espécie apresenta descontinuidades na sua distribuição diamétrica ou mesmo ausência de indivíduos nas classes de DAP inferiores, isso reflete problemas na regeneração natural, muitas vezes devido à dependência de luz para germinação das sementes. Essas espécies são chamadas intolerantes à sombra ou à luz difusa. Espécies cuja distribuição diamétrica têm forma intermediária entre esses dois extremos são chamadas oportunistas ou intermediárias, podendo ser de grandes ou pequenas clareiras, conforme demandem mais ou menos luz para se estabelecerem.

Analisar a distribuição diamétrica das espécies arbóreas fornece informações importantes sobre o comportamento da floresta que são essenciais para as práticas de silvicultura e manejo florestal. Nesse contexto, a pesquisa tem como pergunta: É possível detectar grupos ecológicos a partir da análise da distribuição diamétrica? Para responder a pergunta foi testada a seguinte hipótese: se a distribuição diamétrica classifica as espécies em grupos ecológicos, então a classificação poderá ser comprovada estatisticamente. Com isso, o objetivo da pesquisa foi avaliar a formação de grupos ecológicos com base na distribuição diamétrica.

## **1.2 METODOLOGIA**

### **1.2.1 ÁREA DE ESTUDO**

A área de coleta de dados localiza-se no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, Km 30 da Rodovia PA 150, no município de Moju, Pará, situado entre as latitudes 2°07'30"S e 2°12'06"S e longitudes 48°46'57"W e 48°48'30"W do meridiano de Greenwich. A área possui 1.059 ha, na qual foram explorados seletivamente 200 ha.

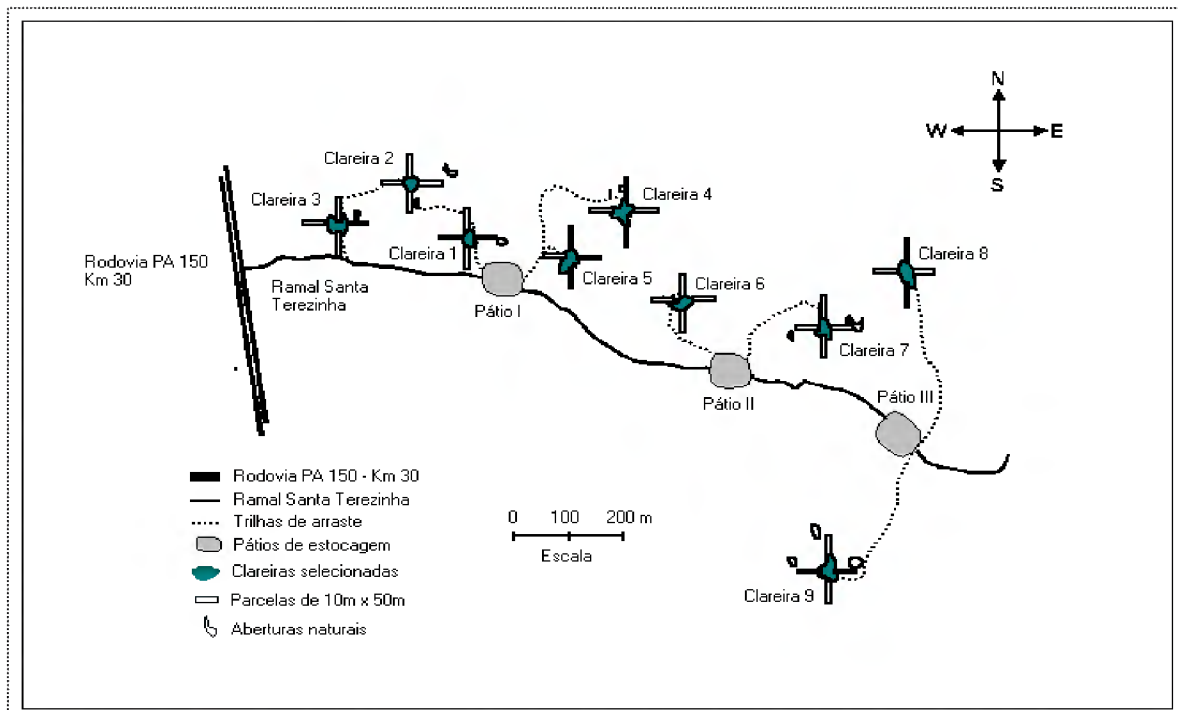
O clima da região é do tipo Am (clima quente e úmido), segundo a classificação de Köppen, com temperaturas médias mensais oscilando entre 21°C e 33°C e a média anual é em torno de 26°C. A precipitação pluviométrica anual varia de 2.000 a 3.000 mm, distribuída irregularmente. A umidade relativa do ar está em torno de 85%. (Silva et al., 2001).

O relevo é plano, com pequenas ondulações. Predomina na área o Latossolo Amarelo distrófico com diferentes texturas ocorrendo também solos Podzólicos Vermelhos-Amarelos, Glei Pouco Úmico e Plintossolo. A tipologia da área experimental é Floresta Ombrófila Densa de terra firme (Silva et al., 2001).

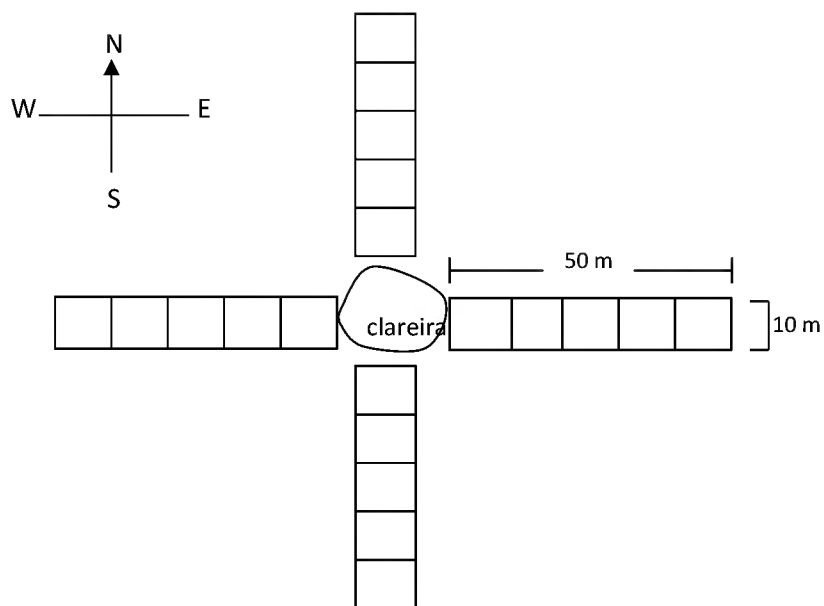
### 1.2.2 COLETA DE DADOS

Dentro da Estação Experimental da Embrapa, foi selecionada uma área de 200 hectares, a qual sofreu exploração florestal seletiva em 1997, através de uma parceria entre a Embrapa e a empresa madeireira Perachi. Nessa área foram selecionadas nove clareiras provenientes da exploração, em torno das quais foi realizada a marcação das parcelas amostrais do projeto “Avaliação da dinâmica florestal após exploração madeireira seletiva” (figura 1.1).

Em cada uma das nove clareiras selecionadas foram instaladas faixas de 10m x 50m, começando na bordadura da clareira para dentro da floresta, nas direções norte, sul, leste e oeste, portanto, quatro faixas por clareira. Dentro dessas parcelas foram inventariadas as árvores com  $DAP \geq 5$  cm, consideradas da população adulta (figura 1.2).



**Figura 1.1-Distribuição espacial das nove clareiras selecionadas na área do Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará.**



**Figura 1.2-Desenho esquemático da distribuição espacial das amostras nas clareiras no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, Moju-Pará.**

As espécies desconhecidas foram identificadas por nomes vulgares e tiveram material vegetativo coletado para a determinação a partir da comparação nos Herbários IAN da Embrapa Amazônia Oriental e do Museu Emílio Goeldi. O sistema de classificação botânica utilizado foi o de “Angiosperm Phylogeny Group” (APG III, 2009) e a nomenclatura botânica conferida com o banco de dados eletrônico disponibilizado pelo Missouri Botanical Garden (Mobot, 2016).

Foram feitas 16 medições entre os anos 1998 e 2010. Para o estudo foi utilizada a medição de 2010.

### **1.2.3 ANÁLISE DE DADOS**

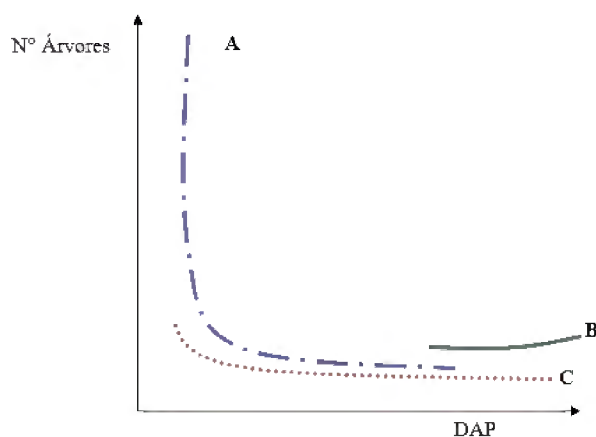
#### **1.2.3.1 Grupos ecológicos**

Para a pesquisa utilizou-se como critério de classificação das espécies em grupos ecológicos o mesmo utilizado por Jardim *et al* (1996), Araújo (2011) e descrito por Jardim

(2015), em que se considera o agrupamento ecológico com base na análise da distribuição diamétrica (tabela 1.1 e figura 1.1).

**Tabela 1.1 - Forma e amplitude da distribuição diamétrica, de acordo com Jardim (2015).**

<b>Tolerantes</b>	<b>Intermediárias</b>	<b>Intolerantes</b>
Distribuição diamétrica contínua e decrescente (J-invertido) com grande número de indivíduos nas classes de tamanho inferiores	Distribuição diamétrica contínua ou não, mais achatada que as tolerantes	Distribuição diamétrica descontínua, carência de indivíduos jovens e muitos indivíduos nas classes superiores



**Figura 1.3 – Forma da distribuição diamétrica para subsidiar o agrupamento ecológico. A: espécies tolerantes; B: espécies intolerantes (pioneiras); C: espécies intermediárias.**

Dessa forma, foram estabelecidos três grupos ecológicos:

- Espécies tolerantes à sombra (T): distribuição diamétrica em forma de J-invertido;
- Espécies intolerantes à sombra (I): distribuição diamétrica descontínua, com ausência de indivíduos nas classes diamétricas de tamanhos menores;
- Espécies intermediárias (In): qualquer espécie que não seja considerada nos grupos anteriores.

A distribuição diamétrica das espécies arbóreas foi analisada a partir do  $DAP \geq 5$  cm para todas espécies com amplitude de 10 cm de diâmetro, conforme Instrução Normativa Brasileira nº 05 de 2006 do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006). (Tabela 2).

**Tabela 1.2 - Classes de diâmetro para distribuição diamétrica de espécies arbóreas com DAP  $\geq$  5cm, em floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará.**

<b>Número</b>	<b>Classe Diamétrica (cm)</b>	<b>Centro</b>
1	$05 \leq \text{DAP} < 15$	10
2	$15 \leq \text{DAP} < 25$	20
3	$25 \leq \text{DAP} < 35$	30
4	$35 \leq \text{DAP} < 45$	40
5	$45 \leq \text{DAP} < 55$	50
6	$55 \leq \text{DAP} < 65$	60
7	$\text{DAP} \geq 65$	65

### 1.2.3.2. Análise Discriminante

Após a classificação dos grupos ecológicos baseados na distribuição diamétrica foi aplicada a análise discriminante para verificar a pertinência dos grupos formados e determinar funções que permitissem classificar as espécies dentro dos grupos ecológicos para os quais apresentam maior probabilidade de pertencerem, bem como verificar a precisão da classificação. Neste caso foi utilizado um procedimento Stepwise conhecido como método do lambda de Wilks para selecionar as variáveis independentes, que são as classes diamétricas (equação 1).

$$\text{Lambda de Wilks} = \frac{SQ_{dg}}{SQT} \quad (1)$$

Em que:

SQ<sub>dg</sub> : soma dos quadrados dos erros (dentro dos grupos)

SQT: soma dos quadrados total.

Após selecionar a primeira variável para a análise, esta foi pareada com as demais, uma vez de cada, para selecionar a segunda melhor variável discriminante. Após a definição das variáveis discriminantes, procedeu-se a determinação das funções discriminantes, importantes na análise das contribuições dessas variáveis. Para a determinação dos coeficientes de classificação da função discriminante linear de Fisher utilizou-se o modelo 1:

$$Z_n = \alpha + \beta_1 \chi_1 + \beta_2 \chi_2 \dots + \beta_n \chi_n \quad (1)$$

em que:

$Z_n$ : variável dependente (grupo ecológico)

$\alpha$ : intercepto

$\chi_n$ : variáveis explicativas (DAP)

$\beta_n$ : coeficientes discriminantes para cada variável explicativa.

Com a determinação das funções discriminantes de Fisher, foi possível separar ou discriminar os grupos ecológicos (tolerante, intolerante e intermediária), tornando-se viável a classificação de novos indivíduos, em um dos grupos determinados.

Foi utilizado o software estatístico SPSS 20, em que aplicou-se a técnica estatística multivariada Análise Discriminante.

### **1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Fez-se a análise de 90 espécies arbóreas, totalizando 59 gêneros e 28 famílias. Após a análise da distribuição de indivíduos por classe de diâmetro foi possível classificar as espécies em tolerantes, intolerantes e intermediárias (figuras 1.3 a 1.40). Verificou-se que os grupos das tolerantes e intermediárias foram os mais expressivos em número de espécies, com o mesmo número de indivíduos (45,55%), seguido do grupo das intolerantes (8,89%) (tabela 1.7).

Ressalta-se que os dados analisados foram coletados 12 anos após exploração florestal seletiva e as clareiras maiores, conseqüentemente, já estavam fechadas, existindo apenas as clareiras naturais. Com isso, era esperado que as espécies tolerantes e intermediárias fossem mais abundantes na floresta.

Esse resultado é consequência das espécies tolerantes não dependerem das clareiras para germinar suas sementes, isso explica a sua forma contínua e decrescente da distribuição de tamanhos de suas populações. Espécies intolerantes, que também podem produzir sementes com regularidade, apresentam distribuição descontínua por depender da formação de clareiras para germinar suas sementes. Espécies intermediárias, que não apresentam padrões típicos de distribuição de tamanho e alternam entre as características de um ou de outro grupo ecológico, podendo ser de pequenas e grandes clareiras. As



distribuições de tamanhos intermediárias entre os dois extremos poderiam mostrar-se de forma contínua, mas não decrescente.

Whitmore (1989) sugeriu que em florestas tropicais onde predominam clareiras pequenas, espécies tolerantes à sombra seriam mais abundantes do que as intolerantes, compondo todas as fases sucessionais do mosaico florestal.

Observação semelhante foi feita por Tabarelli e Mantovani (1997), ao estudarem duas florestas no sudeste do Brasil, em que verificaram que as clareiras naturais apresentaram padrão comum de colonização, caracterizado pela dominância de indivíduos e espécies tolerantes à sombra, principalmente aquelas de sub-bosque.

Oliveira *et al* (2005), ao estudarem as mudanças ocorridas na composição florística e na diversidade de espécies em uma área na Floresta Nacional do Tapajós, após 22 anos de intervenção, constataram que as espécies tolerantes são mais abundantes que as intolerantes, apesar das espécies pioneiras terem se beneficiado da abertura do dossel gerando um aumento no número de indivíduos.

Após o agrupamento, procedeu-se com a Análise Discriminante. Determinaram-se os valores de *Lambda* de Wilks ( $\lambda$ ), *F* e a significância obtida para cada variável, permitindo interpretar a real capacidade de discriminação das classes diamétricas na formação dos grupos (Tabela 1.3). O nível de probabilidade de *F* utilizado foi de 95%.

**Tabela1.3 - Resultado do teste de igualdade de Médias das classes diamétricas.**

Número da classes diamétricas	$\lambda$	<i>F</i>	<i>p</i>
1	0,703	17,992	0,000
2	0,969	1,385	0,256
3	0,926	3,473	0,035
4	0,916	4,008	0,022
5	0,610	27,784	0,000
6	0,682	20,300	0,000
7	0,597	29,343	0,000

A determinação das variáveis com alto poder de discriminação na formação dos grupos é feita comparando-se os menores valores de *Lambda* de Wilks ( $\lambda$ ) e a significância estatística dos maiores valores de *F* (Santos, 2014). Observa-se que a classe diamétrica 7 apresentou o maior valor de *F* (29,343), e conseqüentemente, menor valor de *lambda* de Wilks (0,597), sendo essa a primeira variável a entrar na análise pelo procedimento *stepwise*. Mesmo sabendo que a classe diamétrica 2 não apresentou boas

propriedades discriminantes, optou-se por mantê-la na análise, por considerá-la importante no processo de classificação.

Após a definição das variáveis discriminantes, procedeu-se a determinação das funções discriminantes Lineares de Fisher. Como há somente três grupos (Intermediária; Tolerante e Intolerante), duas funções discriminantes foram definidas para representar 100% da variância total. Na tabela 1.4 são apresentados os autovalores, porcentagem da variância e correlação canônica dessas funções, os quais testam a capacidade relativa na separação dos grupos.

**Tabela 1.4 - Autovalor (componentes principais), Percentual de Variância e Correlação Canônica da Função Discriminante.**

Função	Autovalor	% de Variância	Correlação Canônica
1	2,244	80,30	0,83
2	0,550	19,70	0,60

A primeira função discriminante contribui com 80,3% do total de variância entre os grupos e a segunda com 19,7%. A correlação canônica foi de 0,83 para a primeira função e 0,60 para segunda função. Quanto mais próximos de 1 forem estes valores, mais forte é a correlação entre os escores discriminantes e os grupos formados. Desta forma, as duas funções discriminantes geradas se mostraram necessárias para explicar 100% da variância total.

De acordo com os resultados da classificação da função discriminante linear de Fisher, foram encontrados os coeficientes para cada uma das três funções discriminantes (tabela 1.5). Os valores foram relacionados às classes diamétricas das árvores, para a definição do grupo a que pertence, conforme a função discriminante. Com os resultados obtidos, pôde-se então, afirmar, a qual grupo (Intermediária; Tolerante e Intolerante) pertence cada indivíduo. De acordo com Hair *et al.* (2005), neste método de classificação, os valores de uma observação para as variáveis independentes são inseridos nas funções de classificação e um escore de classificação para cada grupo é calculado para aquela observação. A observação é então classificada no grupo com maior escore de classificação. Dessa forma, cada indivíduo foi classificado no grupo em que o escore discriminante foi maior.

**Tabela 1.5 - Coeficientes de Classificação da Função Discriminante Linear de Fisher.**

Classes diamétricas	Grupos Ecológicos		
	Intermediária	Tolerante	Intolerante
Constante	-0,679	-9,794	-4,950
5 a 15	0,012	-0,006	-0,021
15 a 25	0,075	0,081	0,147
25 a 35	-0,131	-0,207	-0,010
35 a 45	0,261	-1,044	-0,196
45 a 55	0,057	1,294	3,986
55 a 65	-0,634	11,521	5,387
> 65	-0,256	10,140	4,546

De acordo com a análise discriminante, 92,2% das espécies foram corretamente classificadas, sendo que o grupo das tolerantes atingiu a porcentagem de acerto de 90,2%; o grupo das intermediárias 92,7% e o grupo das intolerantes 100% (tabela 1.6). Logo, esta seria a classificação recomendável na formação dos três grupos ecológicos, levando-se em conta a variável analisada (classes diamétricas). Ressalta-se que o comportamento das espécies arbóreas varia de acordo com a localidade, portanto, outros estudos são necessários com essas espécies em diferentes locais para aprimorar a classificação.

**Tabela 1.6 - Quantidade e Percentual de Observações Classificadas dos grupos ecológicos.**

Grupo	Reclassificação dos Grupos			Total	Classificação Corretamente
	Intermediária	Tolerante	Intolerante		
Intermediária	38(92,7%)	3(7,3%)	0(0,0%)	41	
Tolerante	4(9,8%)	37(90,2%)	0(0,0%)	41	92,22%
Intolerante	0(0,0%)	0(0,0%)	8(100%)	8	

Resultado semelhante foi encontrado por Lima, Aparicio e Silva (2014) que obteve 96,76% de acerto ao classificar as espécies de várzea em grupos ecológicos utilizando técnicas de análise multivariada, e por Santos (2004), que obteve 92,86% ao classificar 37 espécies arbóreas em uma Floresta Estacional Semidecidual Secundária de Transição.

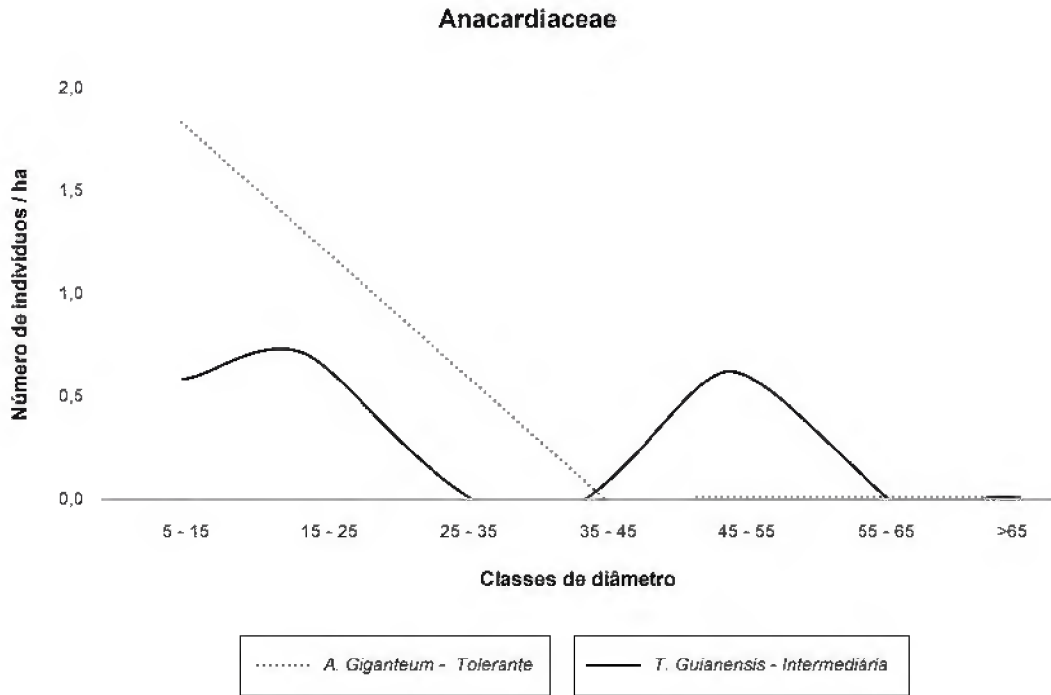
Com a aplicação da análise discriminante, observou-se que sete espécies não corresponderam à classificação proposta por Jardim (2015), sendo necessário reclassificar 7,3% das espécies intermediárias para o grupo das tolerantes (*Pouteria gongrijpii*, *Manilkara paraenses*, *Lecythis pisonis* e *Sacoglottis amazônica*) e 9,8% das espécies tolerantes para o grupo das intermediárias (*Protium paraense*, *Parkia gigantocarpa* e *Clarisia racemosa*).

Estudos classificaram as espécies *Pouteria gongrijpii*, *Manilkara paraenses*, *Lecythis pisonis* e *Sacoglottis amazônica* como tolerantes (Carvalho *et al*, 2006; Pinheiro *et al*, 2007; Reis *et al* 2013; Carrero *et al*, 2014) e *Protium altisonii*, *Parkia gigantocarpa* e *Clarisia racemosa* como intermediárias (Santos, Camargo, e Ferraz, 2008; Silva, 2004; Santos, 2008; Gualberto *et al*, 2014; Reis *et al*, 2014). Esse resultado em comparação aos estudos dos autores supracitados ratifica a reclassificação da análise discriminante, evidenciando a sua aplicação juntamente com a análise da distribuição diamétrica para obter melhores resultados.

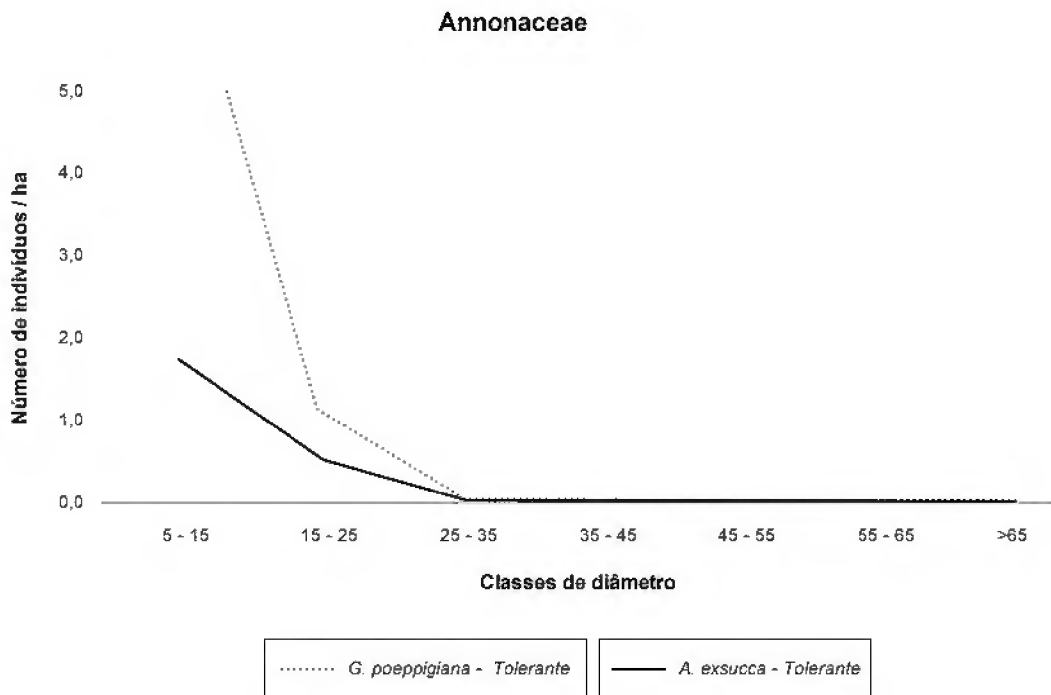
#### **1.4 CONCLUSÃO**

Para obter um resultado mais acurado e com menos subjetividade é imprescindível a análise da distribuição em diâmetro associada a fatores intra e interespecíficos. Comprovou-se que a distribuição diamétrica é uma variável que caracteriza o comportamento da espécie perante aos vários fatores que influenciam a sua dinâmica e a sua relação com o ambiente, podendo ser utilizada para classificar as espécies em grupos ecológicos.

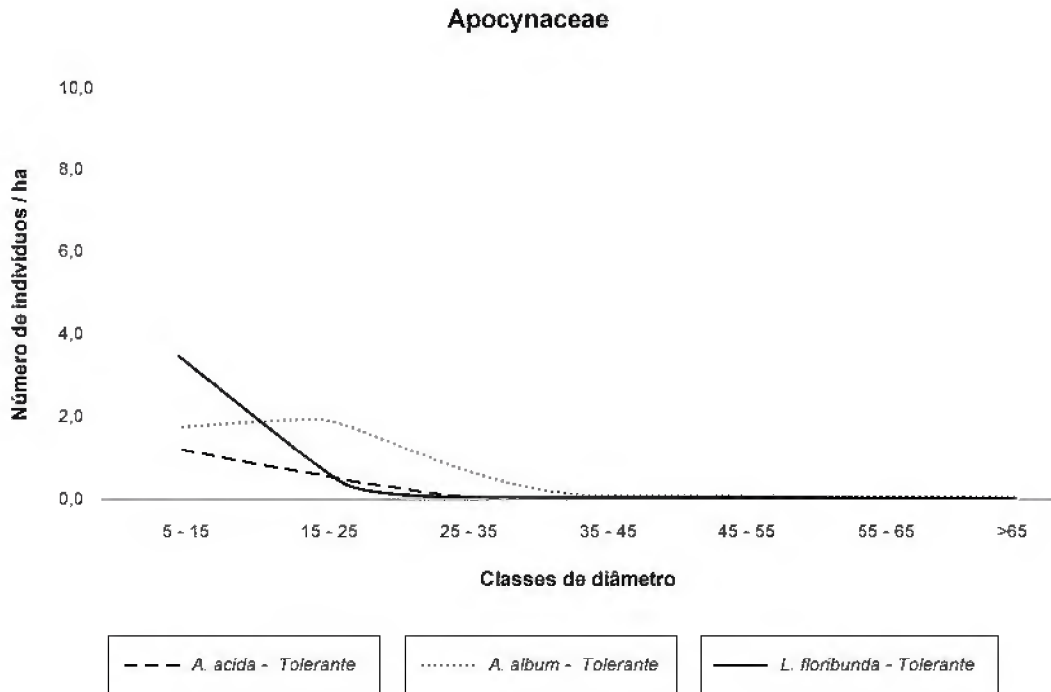
O uso da análise discriminante, dentro das técnicas estatísticas multivariadas, mostrou-se ser uma ferramenta de uso prático e de eficiência no auxílio da classificação das espécies arbóreas comerciais de floresta de terra firme. Estas informações corroboram para as decisões referentes ao manejo florestal, em específico à exploração e recuperação da floresta.



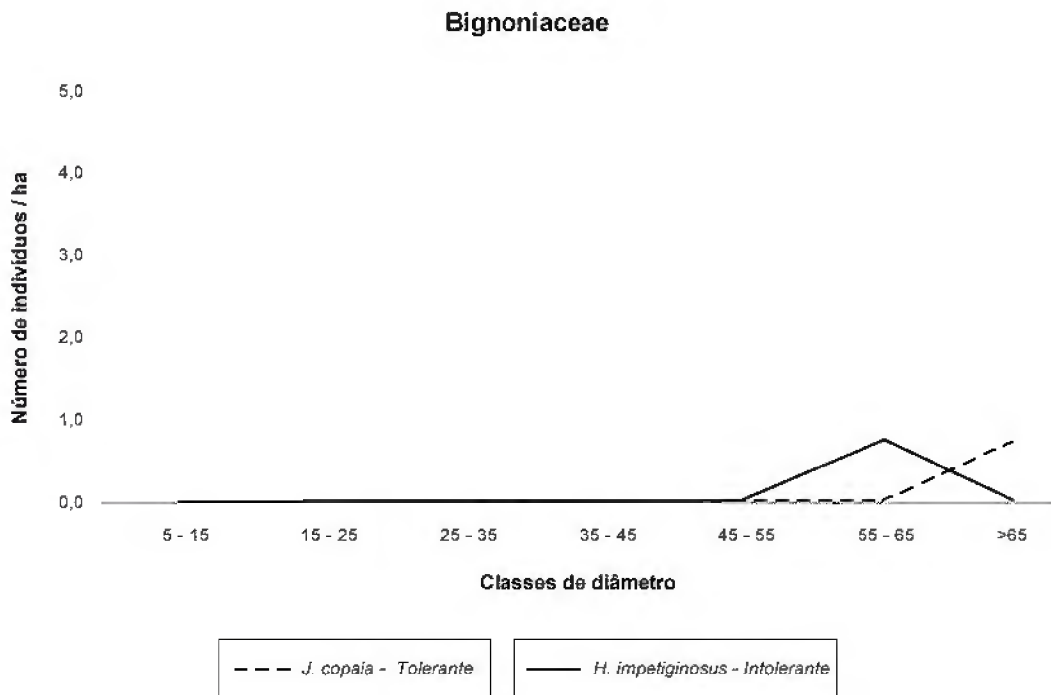
**Figura 1.4-** Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Anacardiaceae).



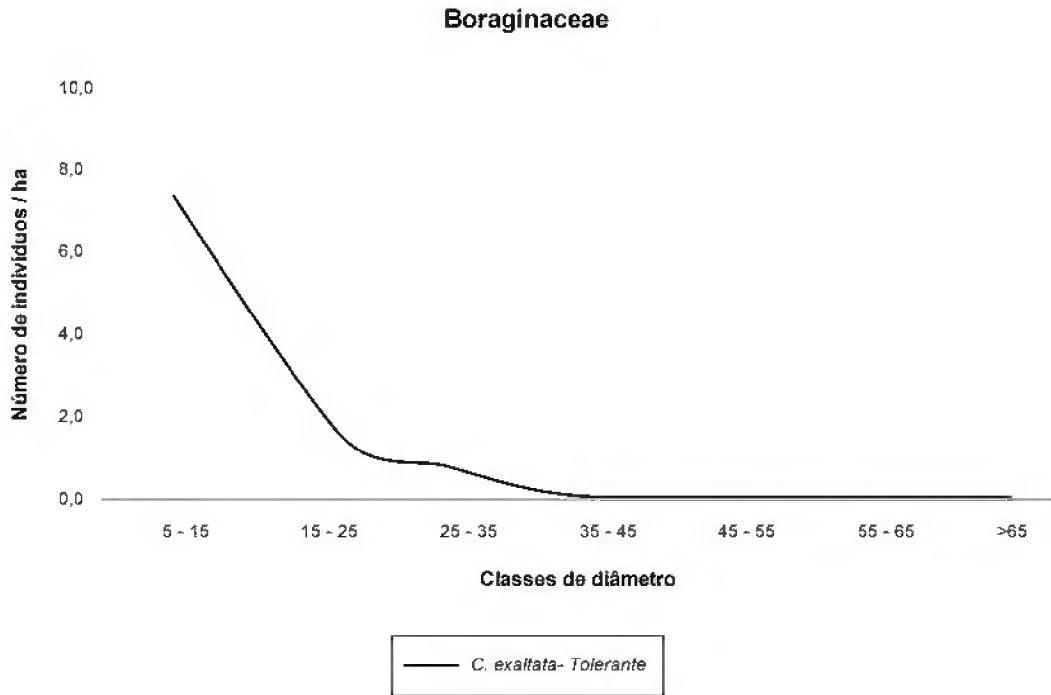
**Figura 1.5-** Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Annonaceae).



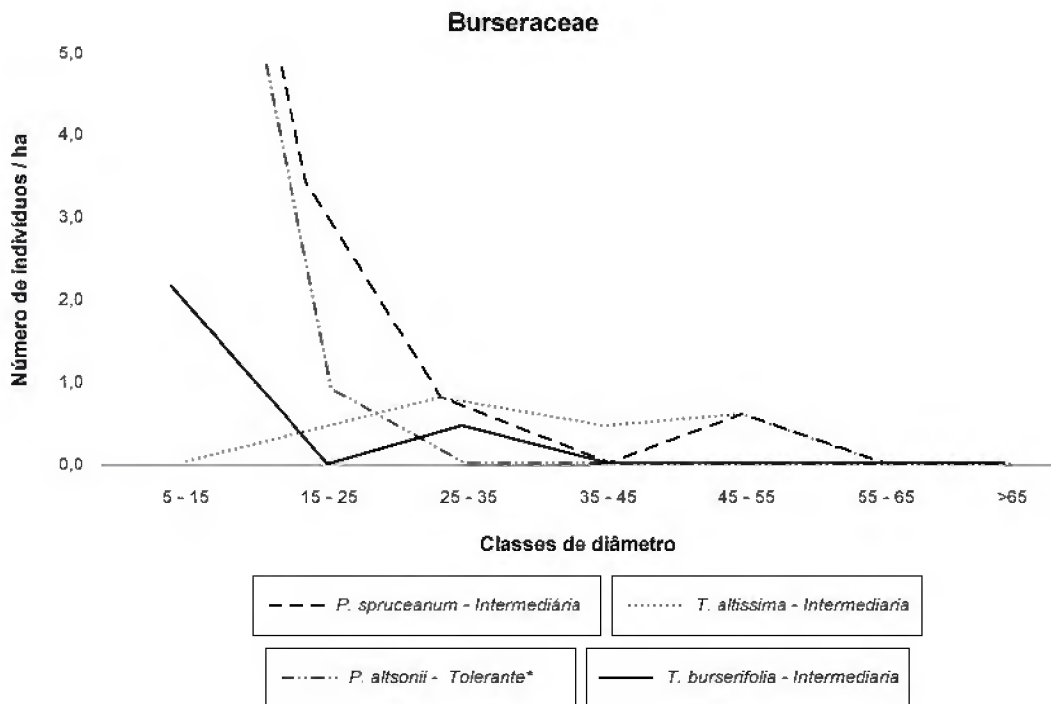
**Figura 1.6-** Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Apocynaceae)



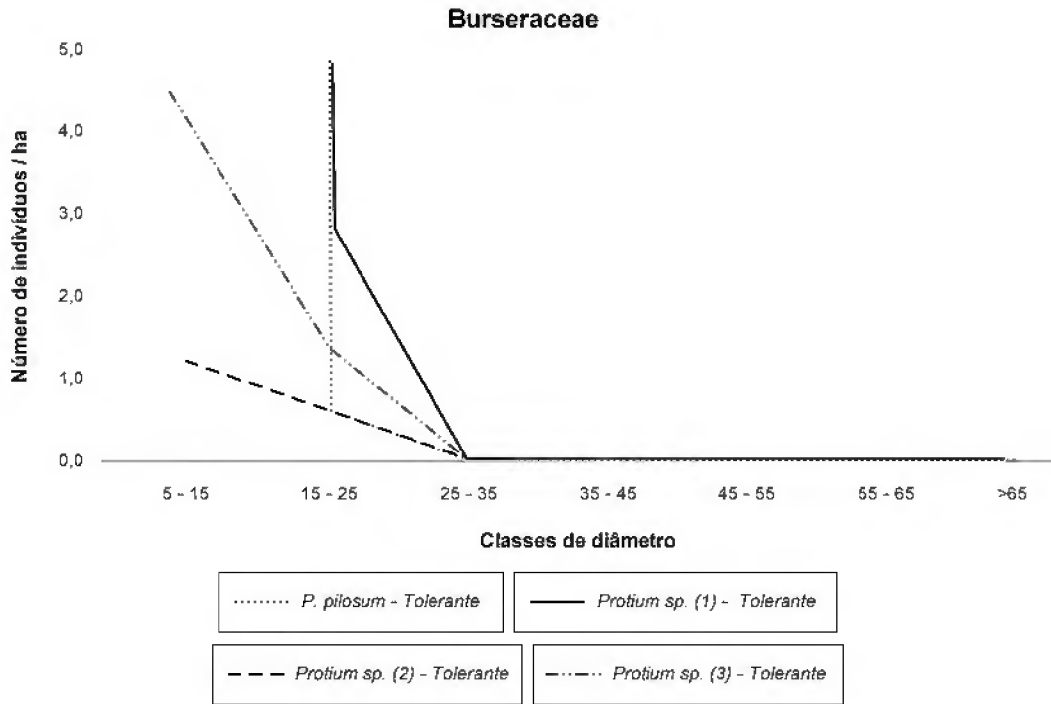
**Figura 1.7-** Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Bignoniaceae).



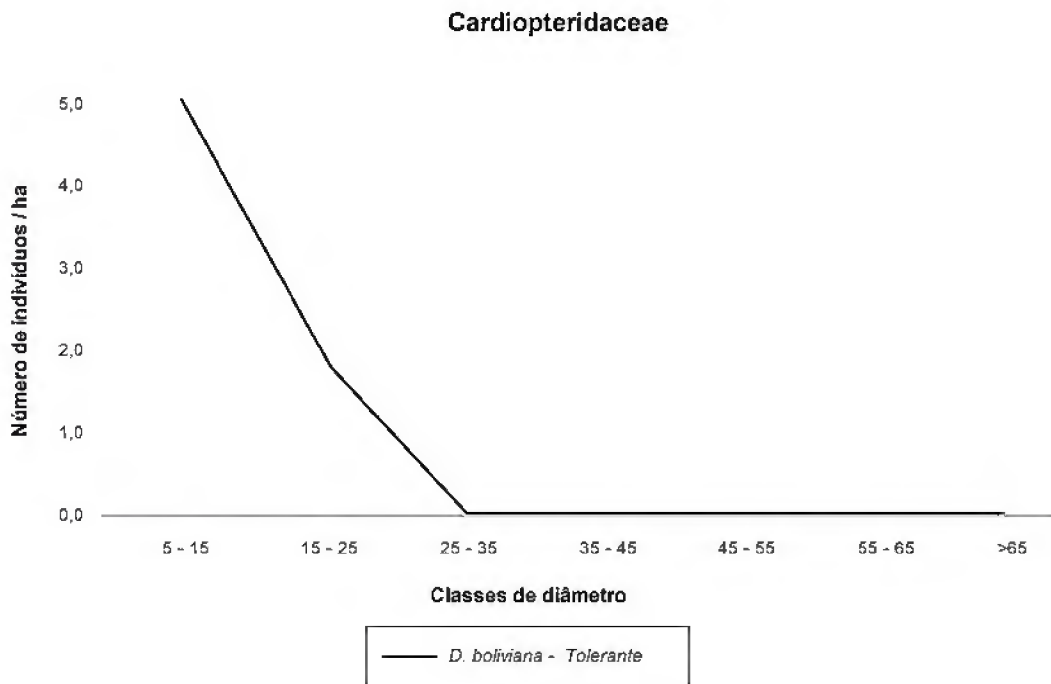
**Figura 1.8-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Boraginaceae).**



**Figura 1.9-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Burseraceae). \* Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante.**

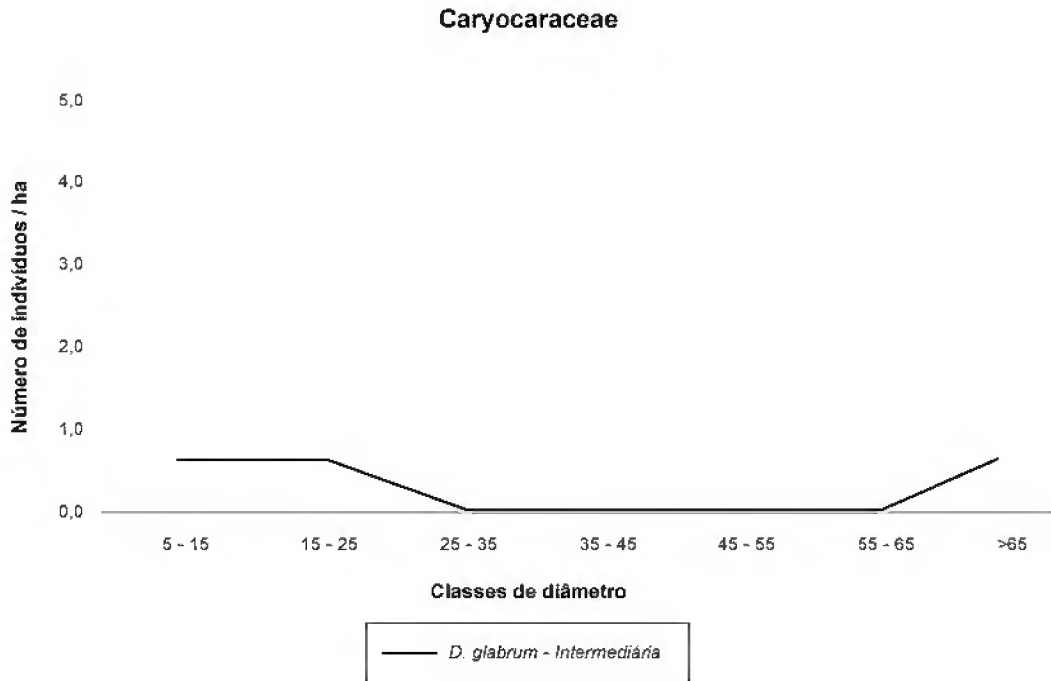


**Figura 1.10-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Burseraceae).**

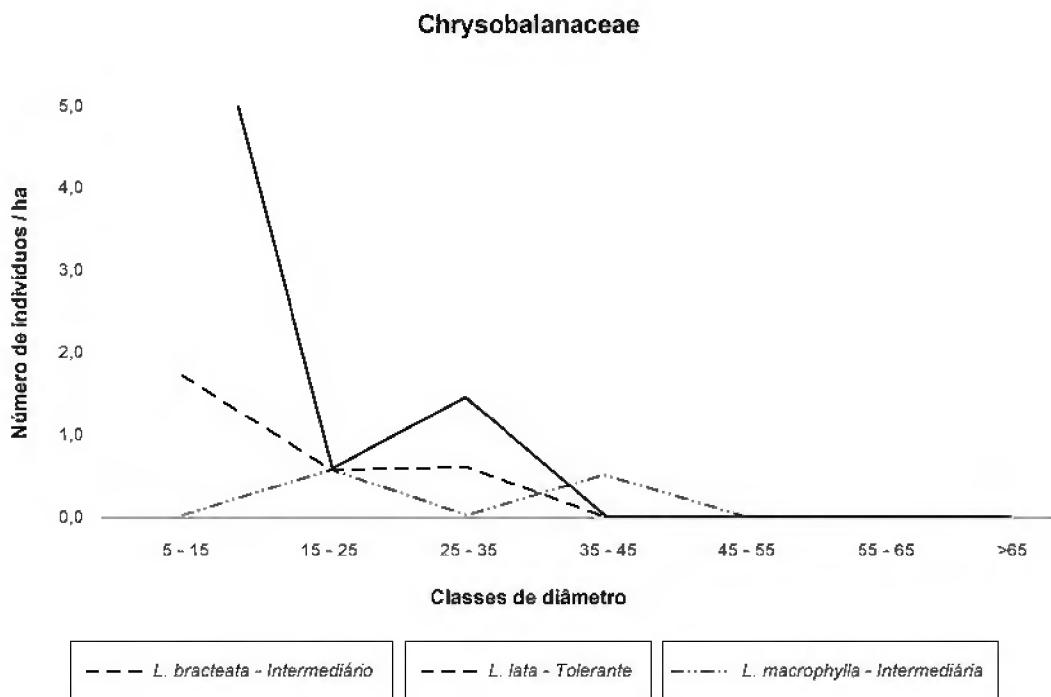


**Figura 1.11-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Cardiopteridaceae).**

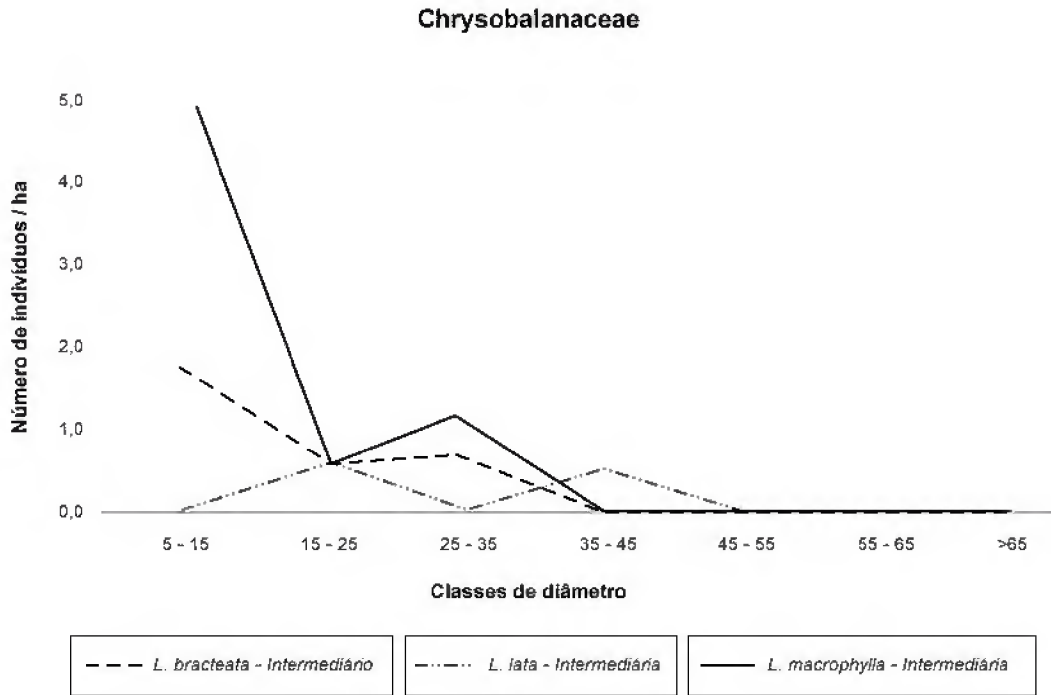




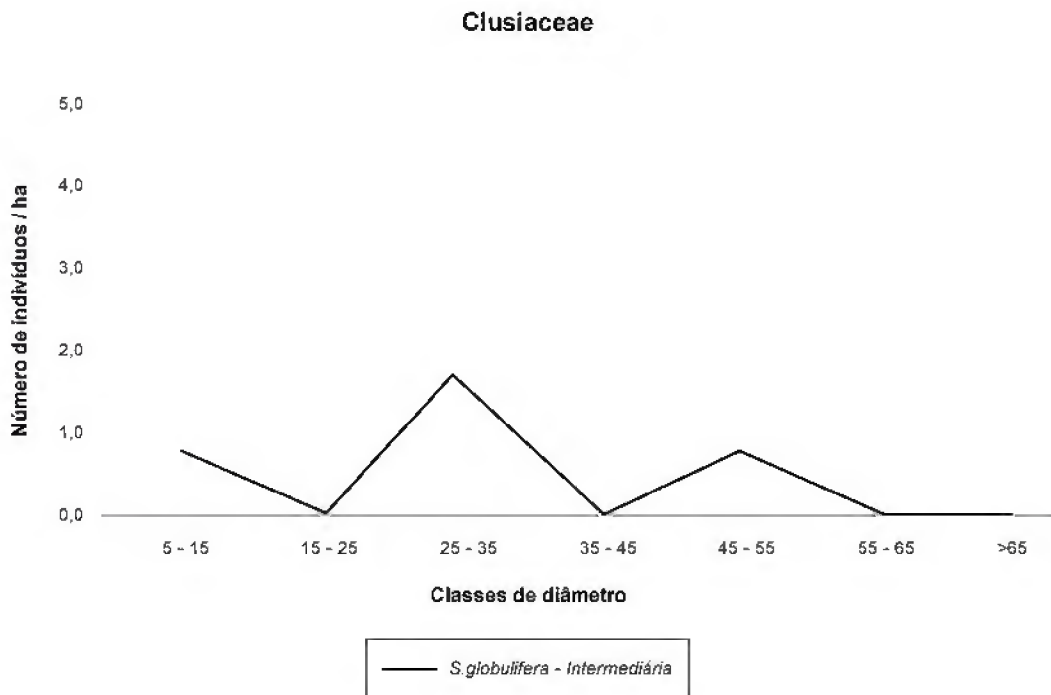
**Figura 1.12-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Caryocaraceae).**



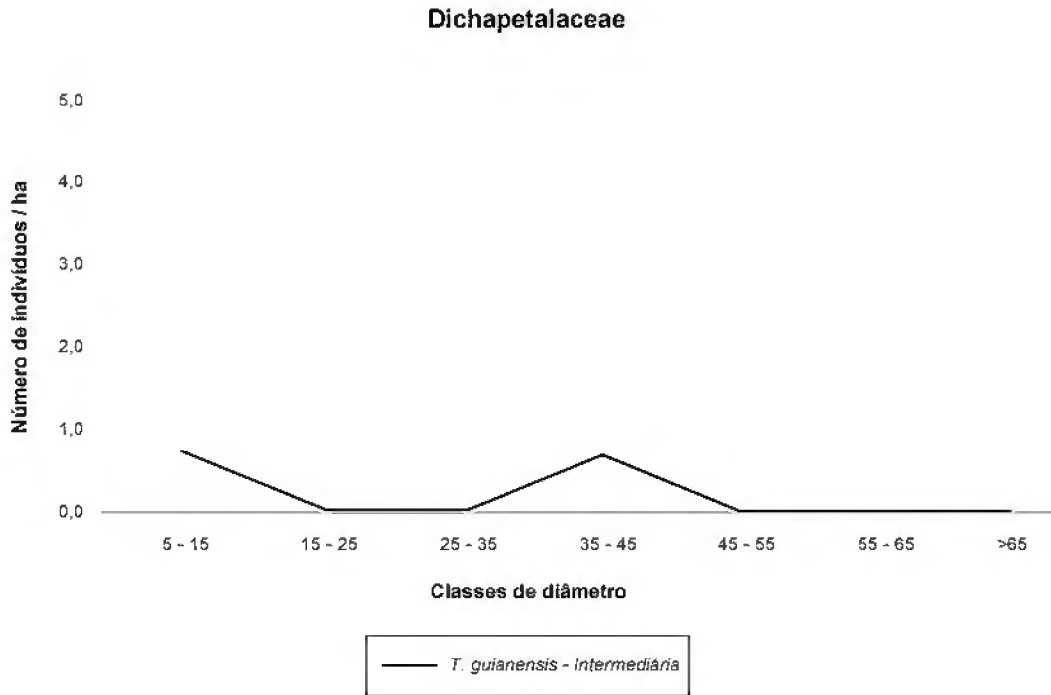
**Figura 1.13-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Chrysobalanaceae).**



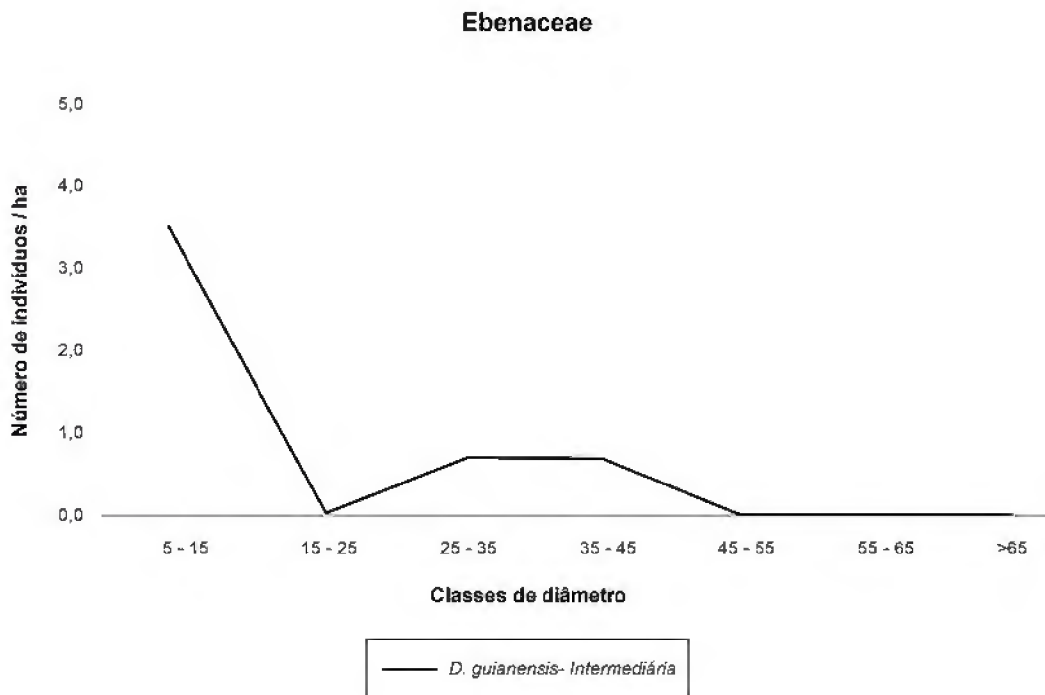
**Figura 1.14-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Chrysobalanaceae).**



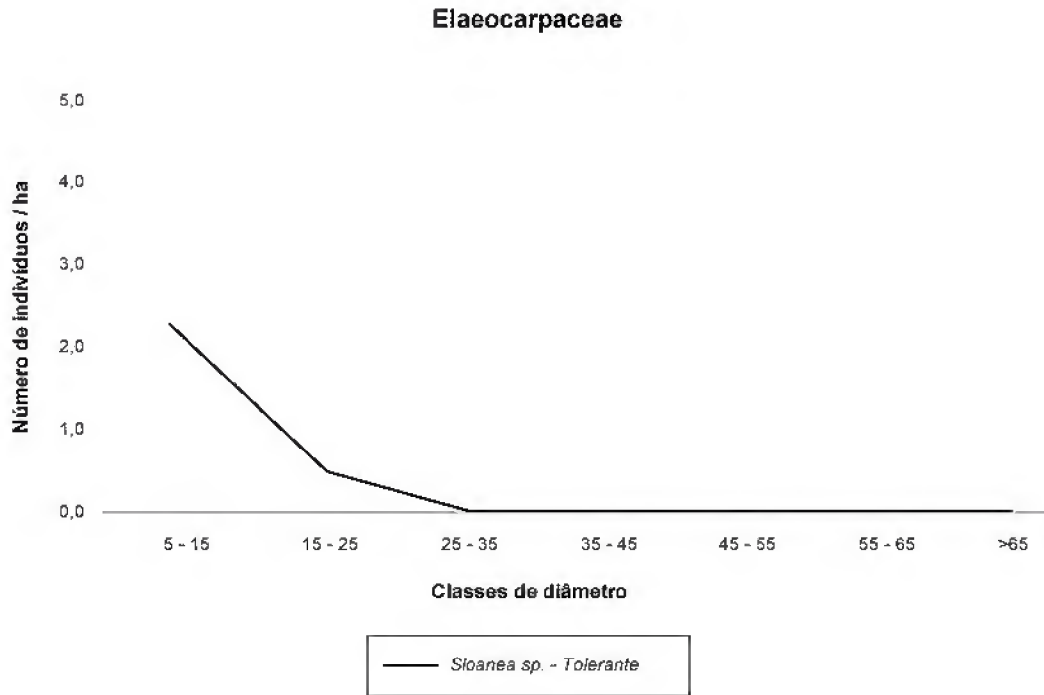
**Figura 1.15-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Clusiaceae).**



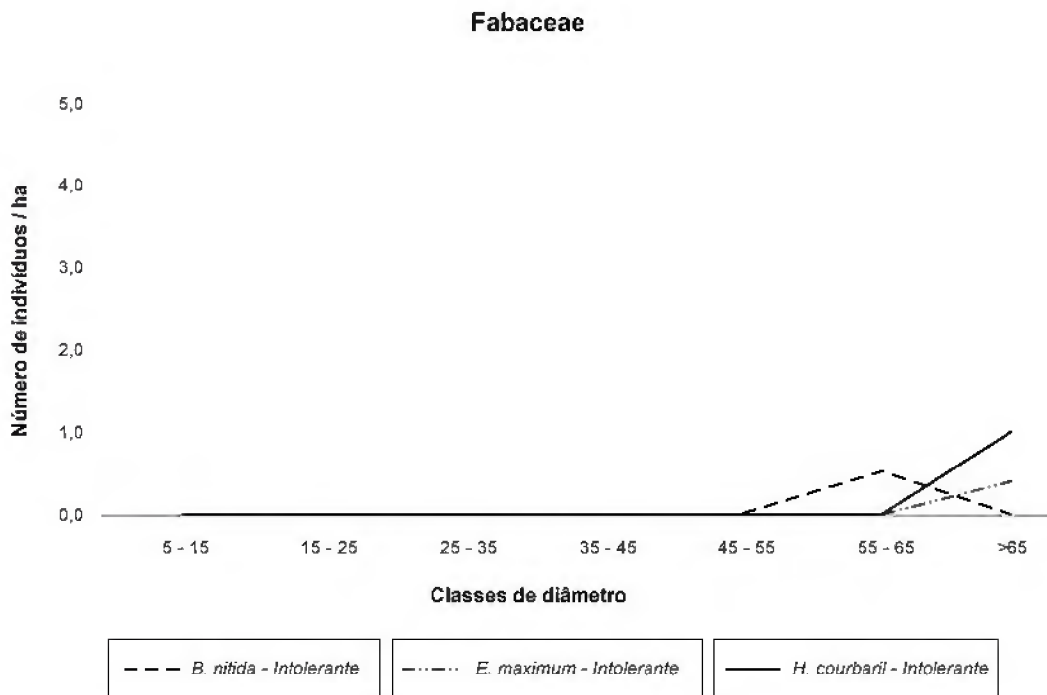
**Figura 1.16-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Dichapetalaceae).**



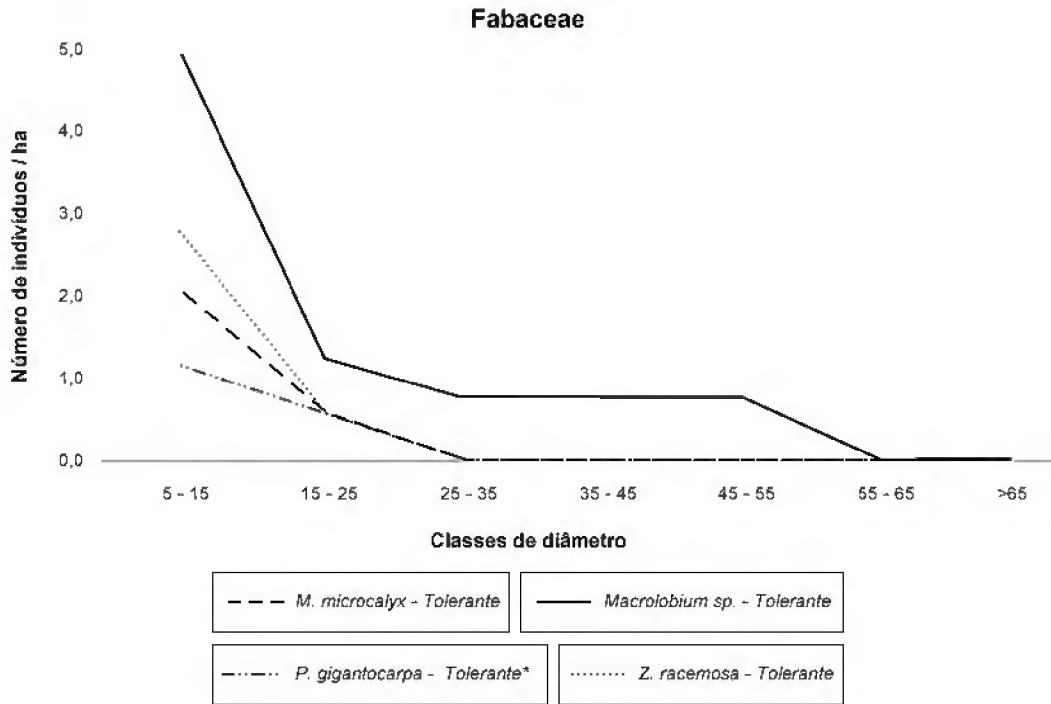
**Figura 1.17-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Ebenaceae).**



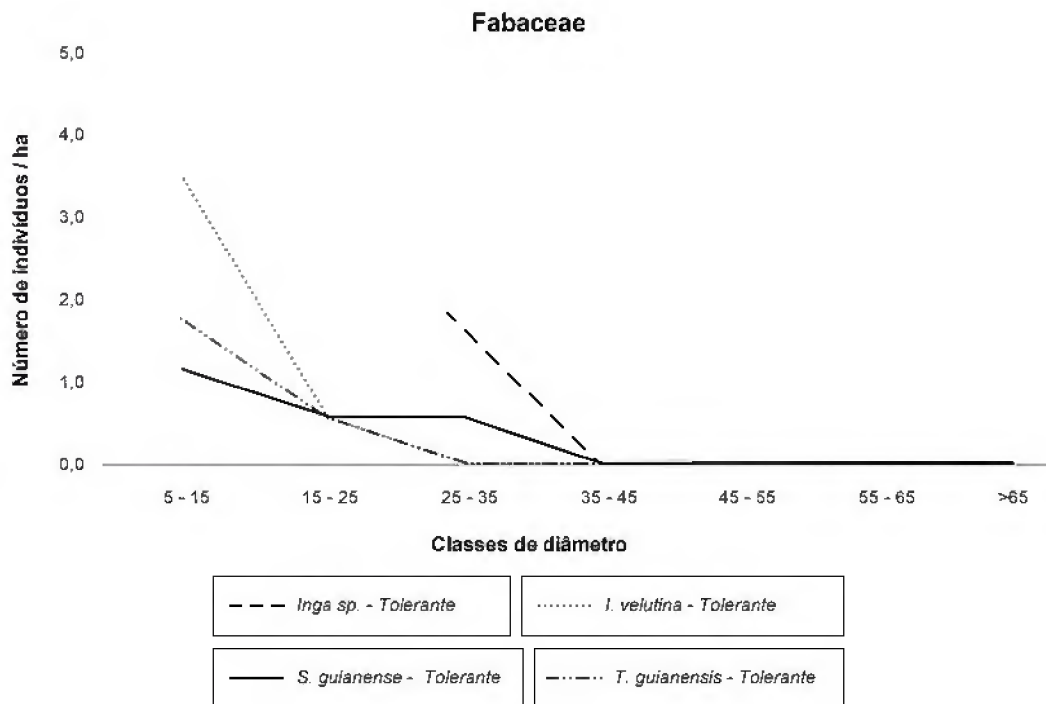
**Figura 1.18-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Elaeocarpaceae).**



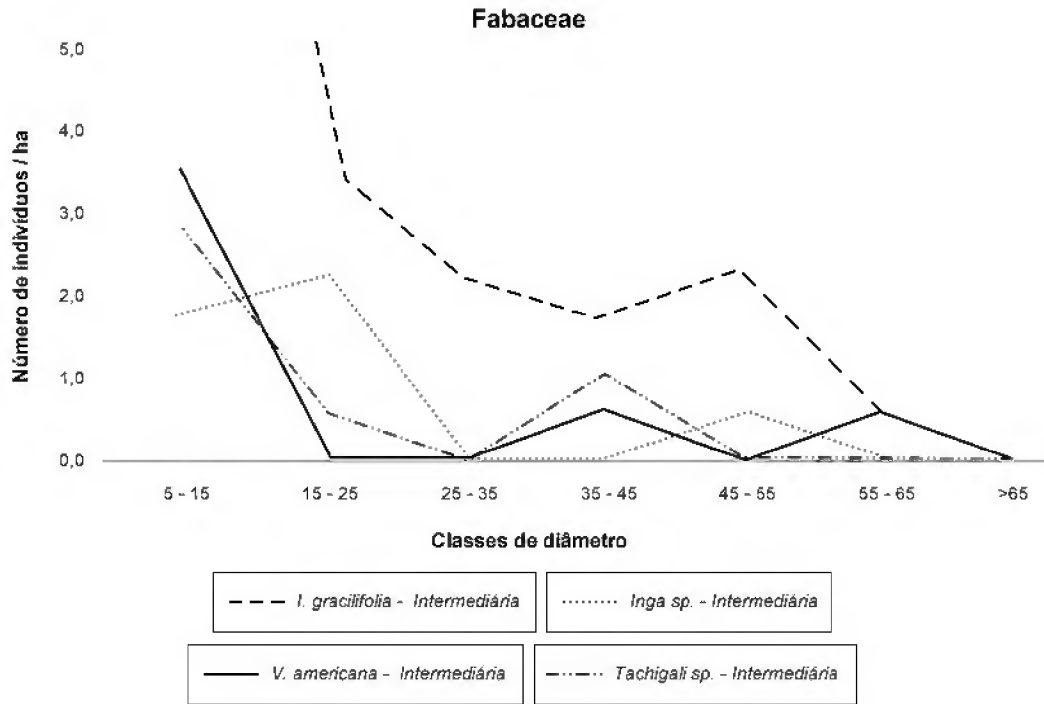
**Figura 1.19-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará. (Família Fabaceae).**



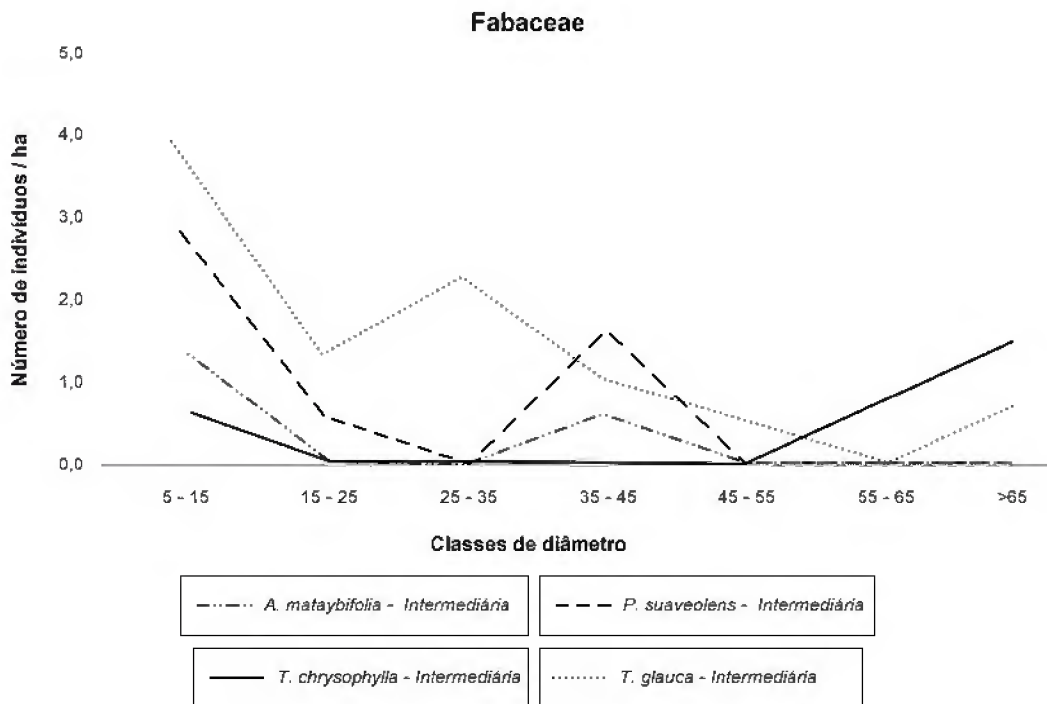
**Figura 1.20-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Fabaceae). \* Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante.**



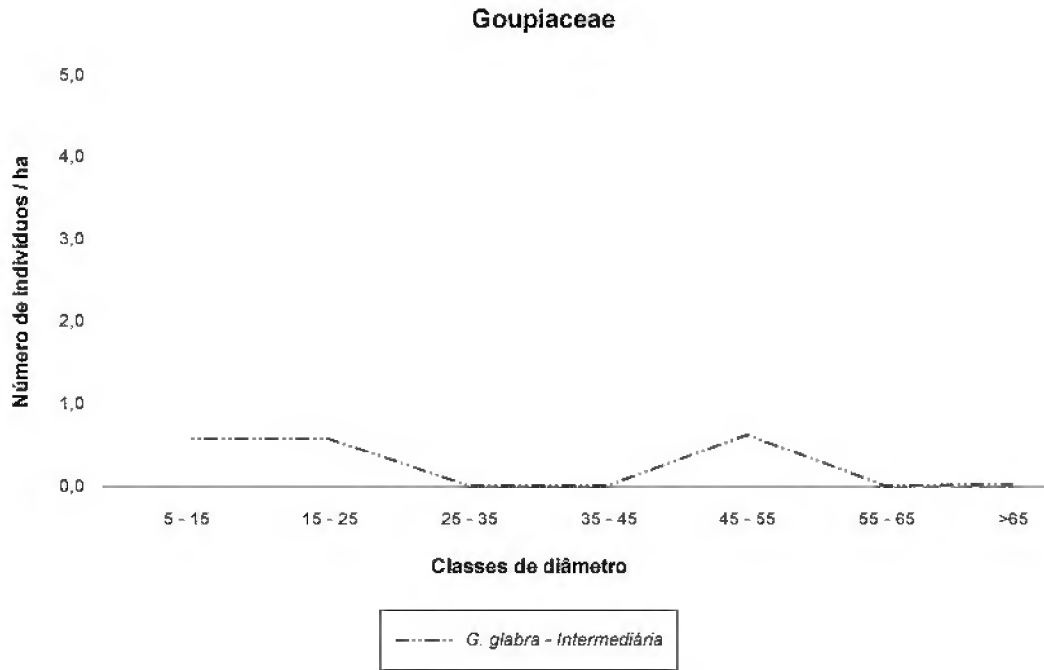
**Figura 21-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Fabaceae).**



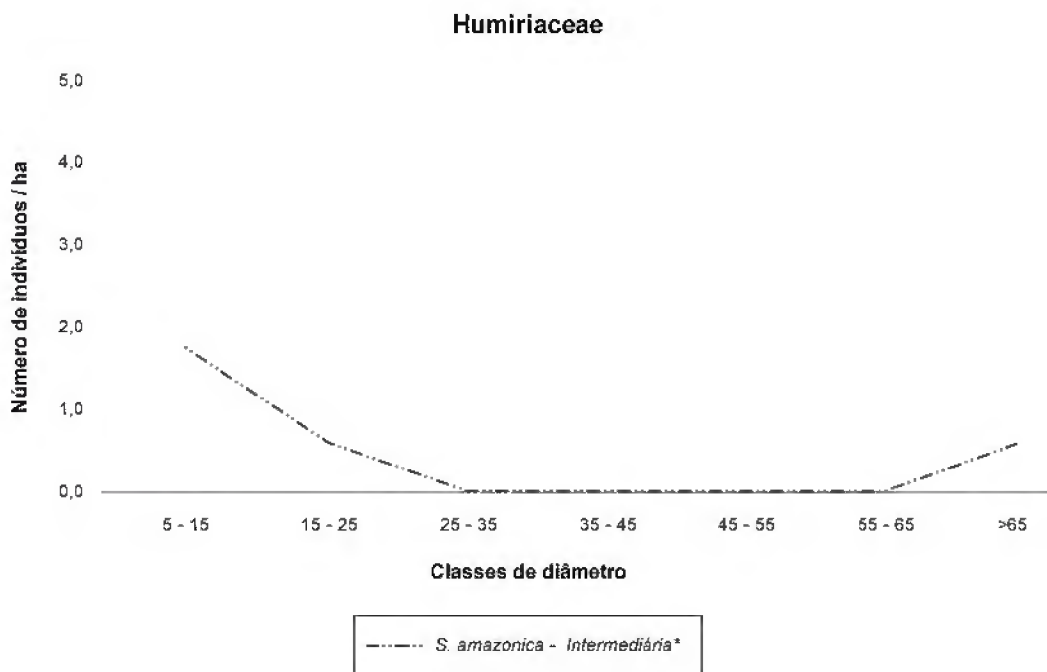
**Figura 1.22-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Fabaceae).**



**Figura 1.23-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Fabaceae).**



**Figura 1.24-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Goupiaceae).**



**Figura 1.25-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Humiriaceae). \* Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante.**

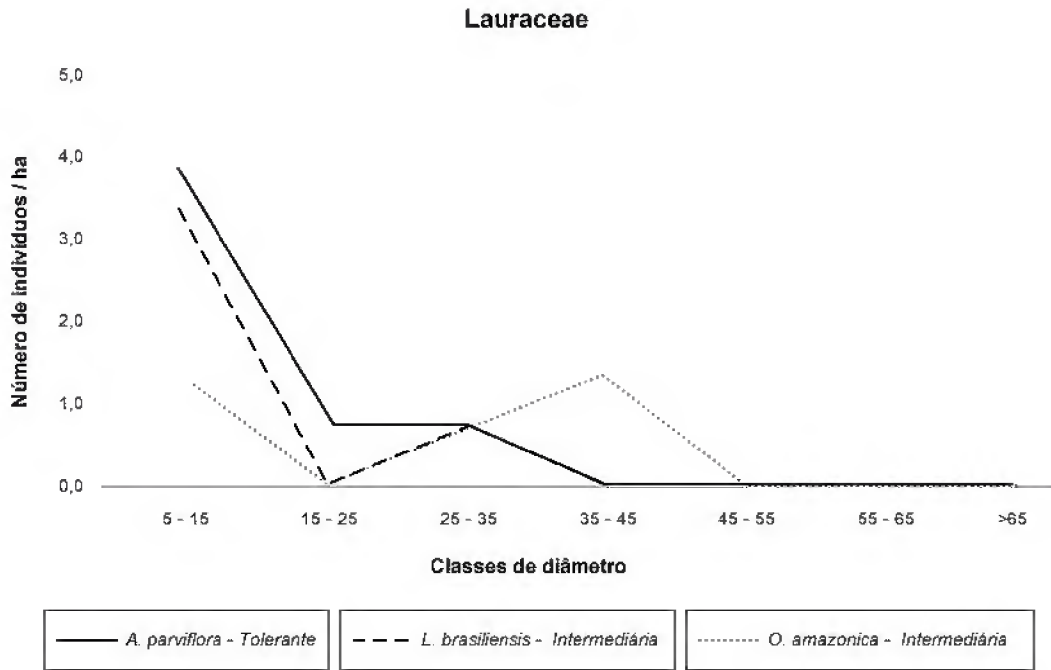


Figura 1.26-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Lauraceae).

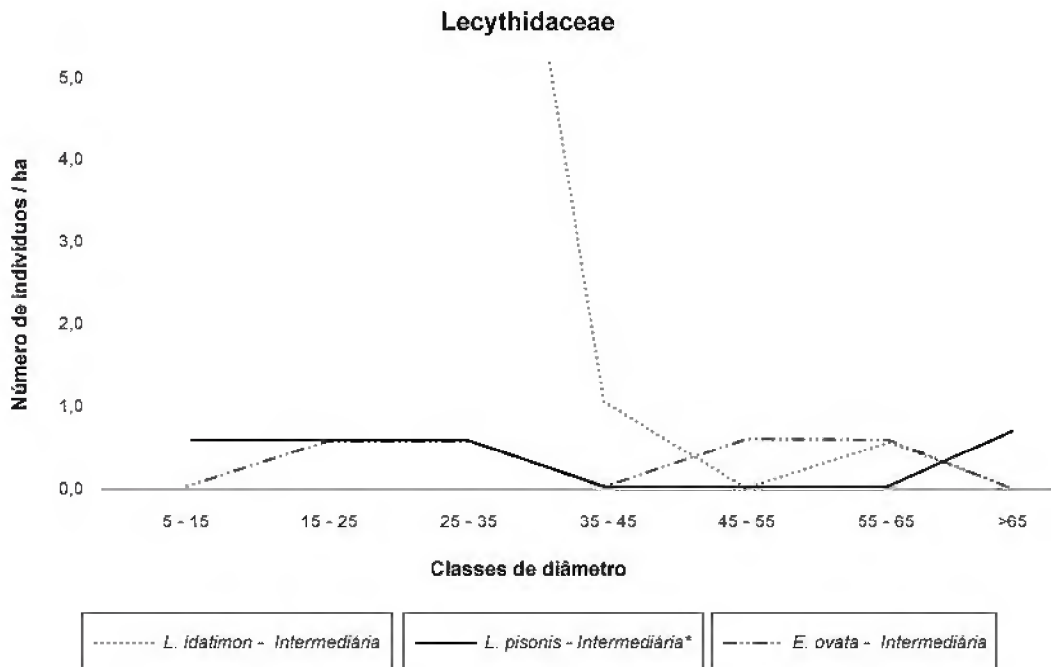
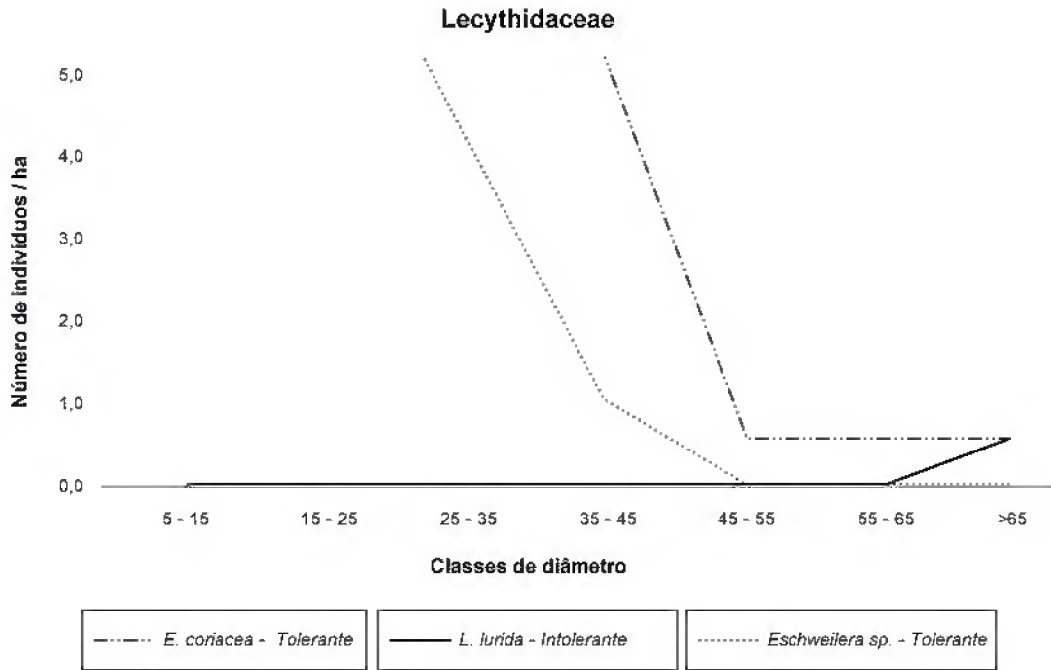
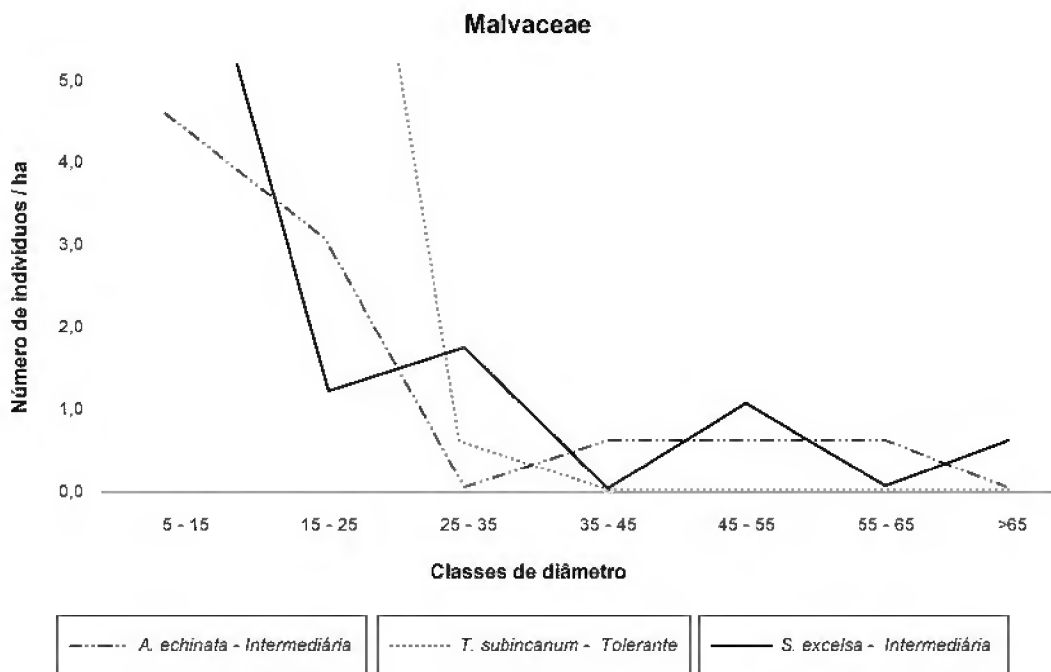


Figura 1.27-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Lecythidaceae). \* Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante.

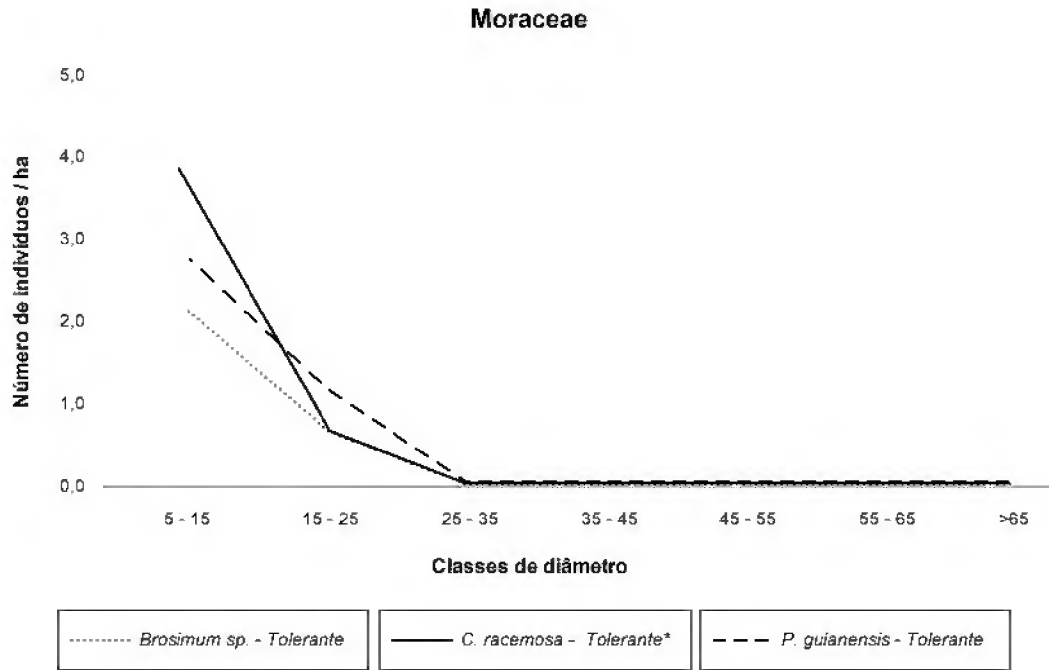




**Figura 1.28-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Lecythidaceae).**

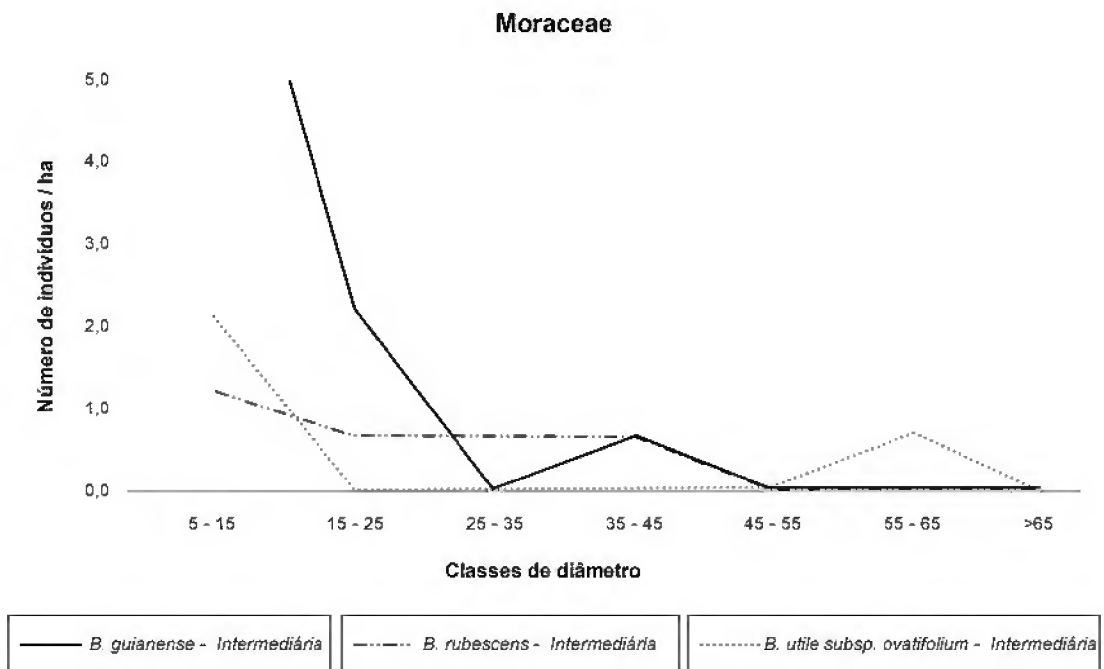


**Figura 1.29-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Malvaceae).**

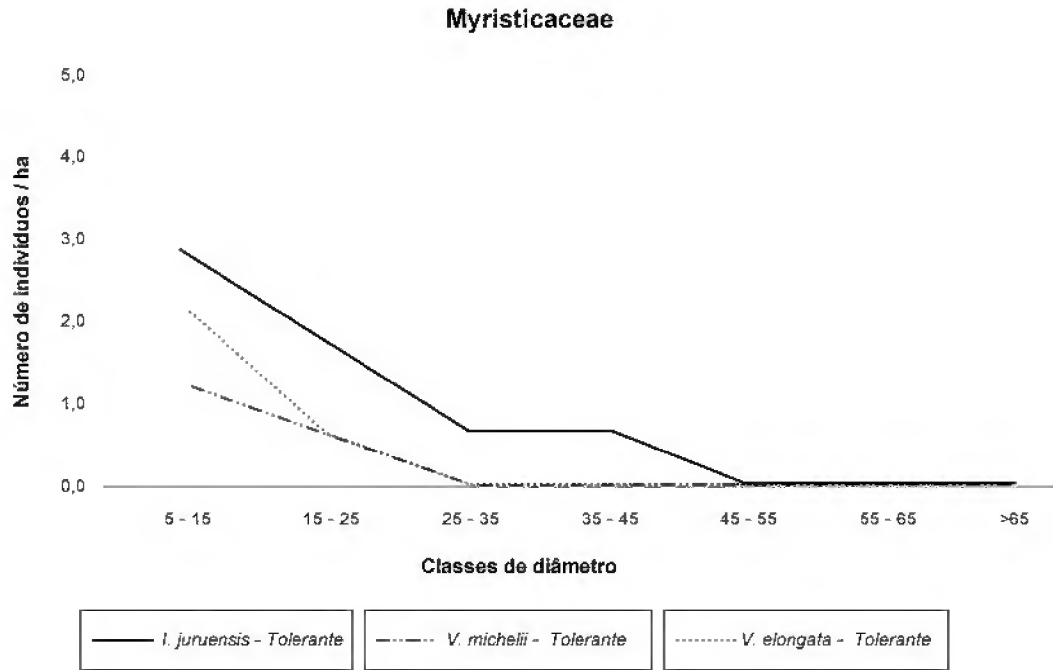


+

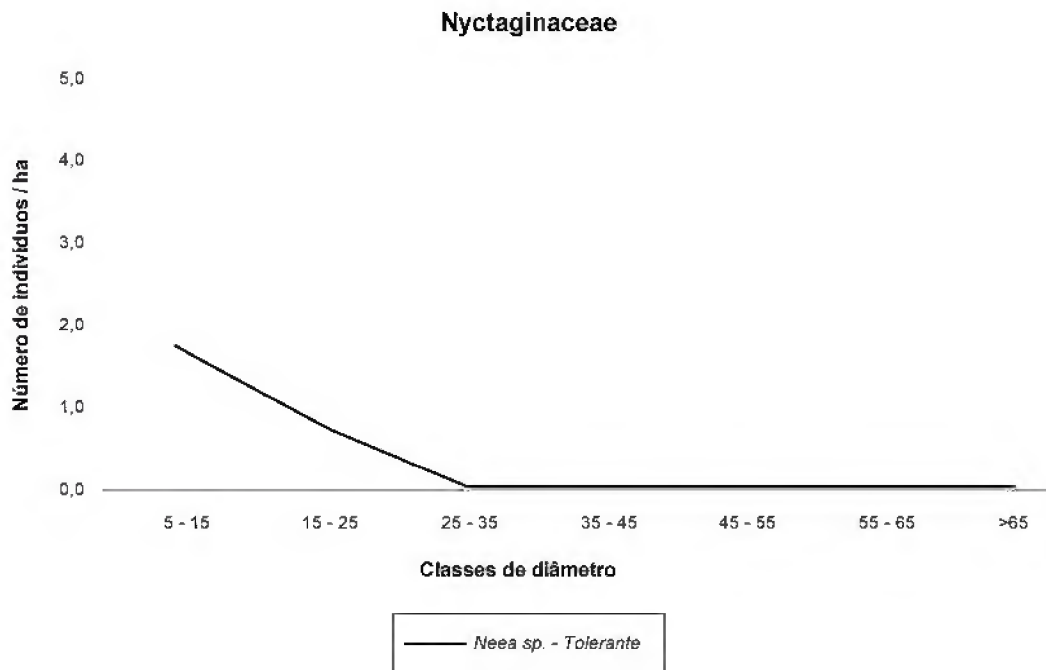
**Figura 1.30-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Moraceae). \*Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante.**



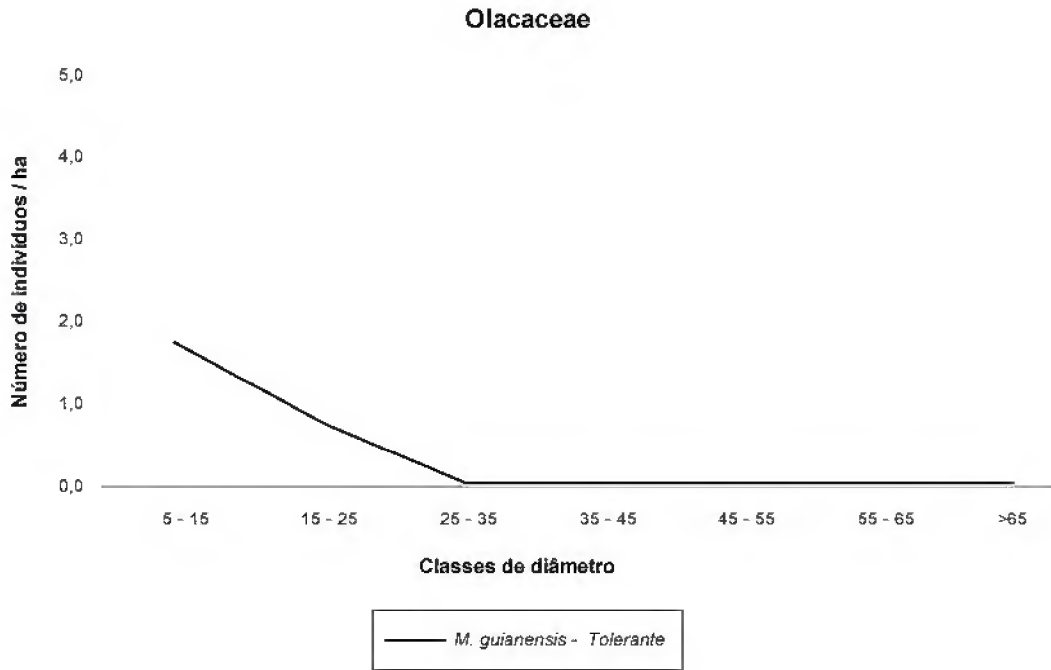
**Figur 1.31-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Moraceae).**



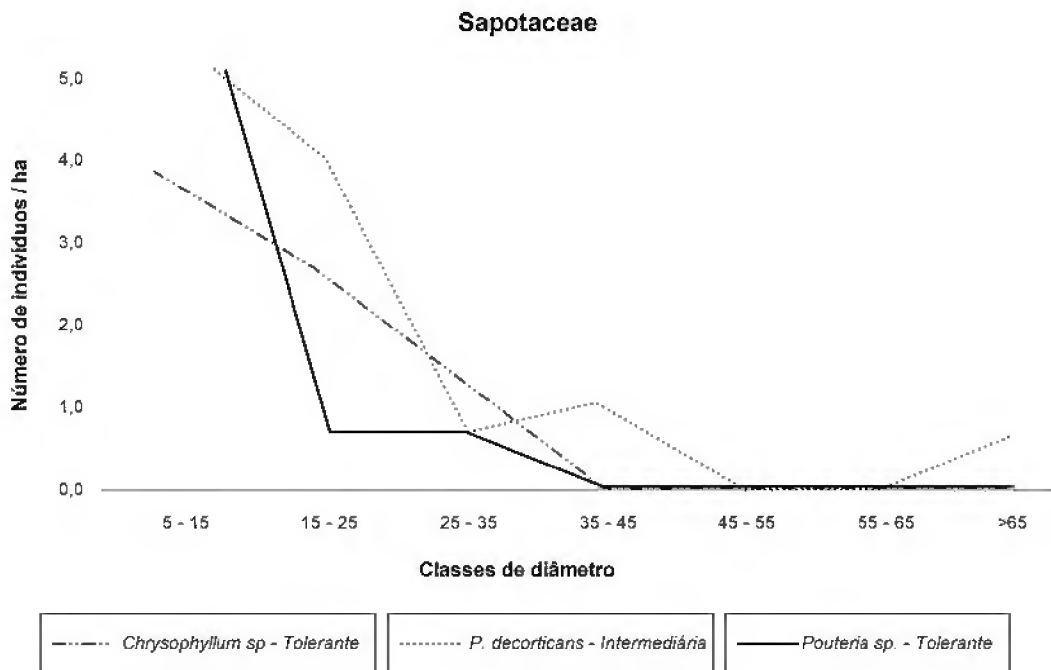
**Figura 1.32-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Myristicaceae).**



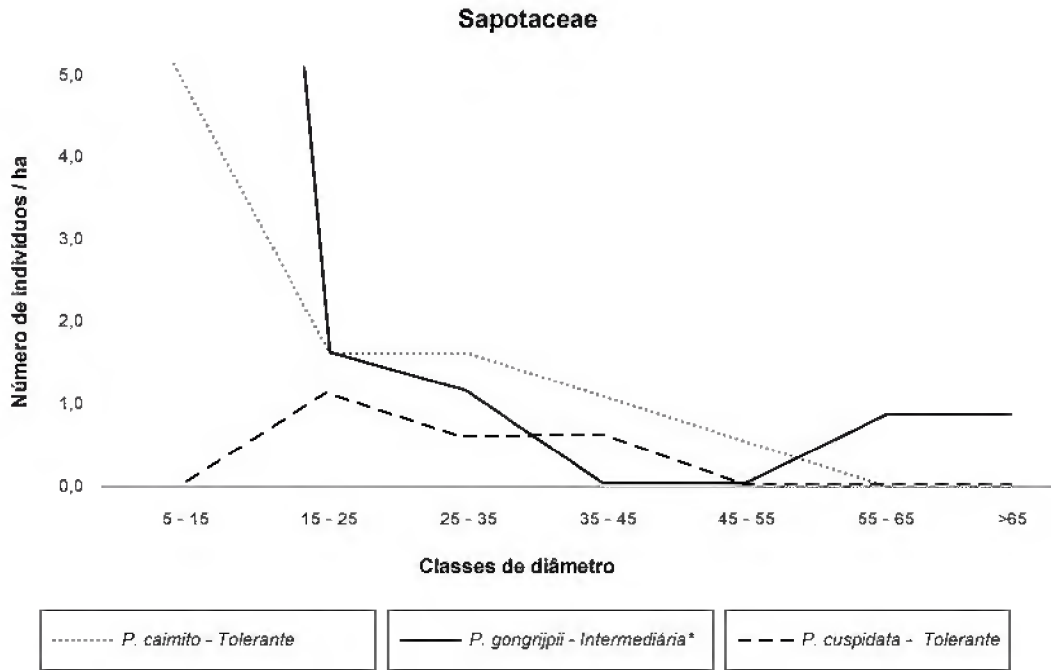
**Figura 1.33-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Nyctaginaceae).**



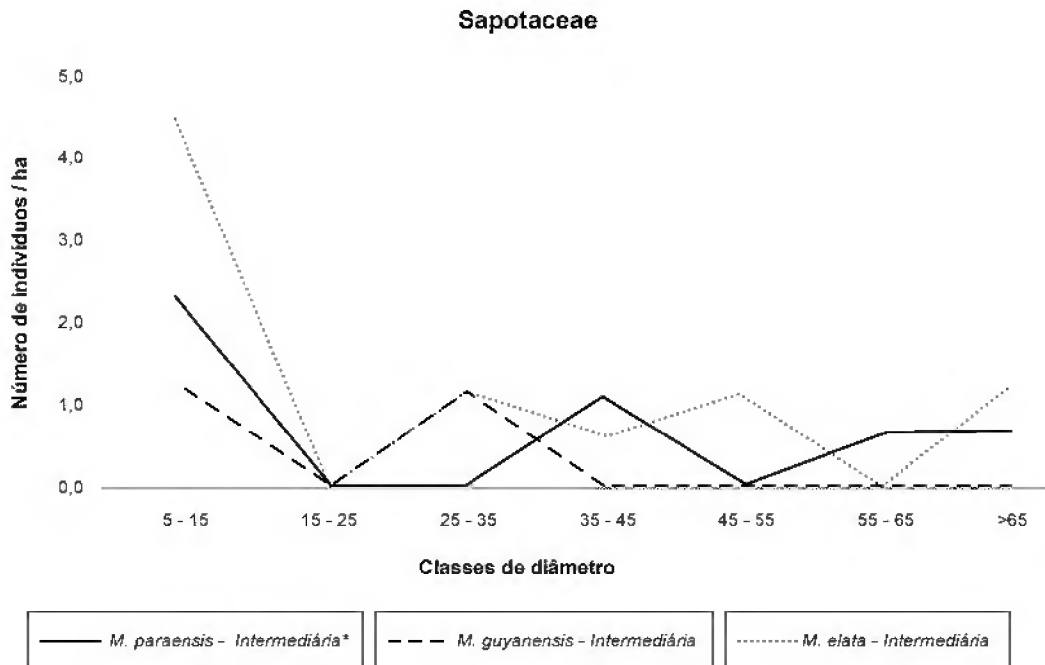
**Figura 1.34-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Olacaceae).**



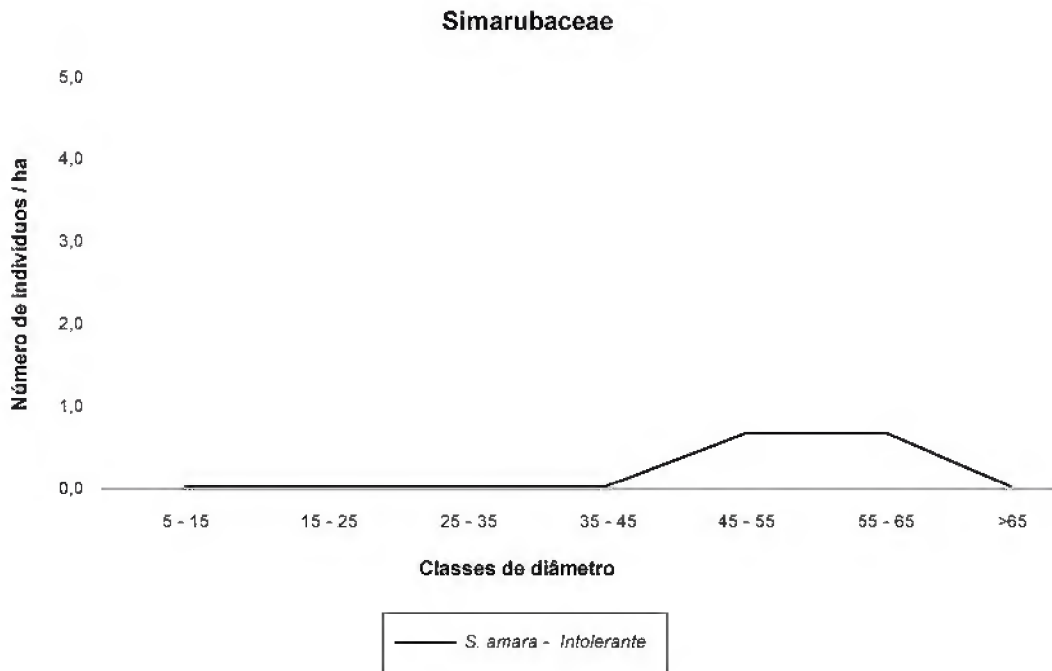
**Figura1.35-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Sapotaceae).**



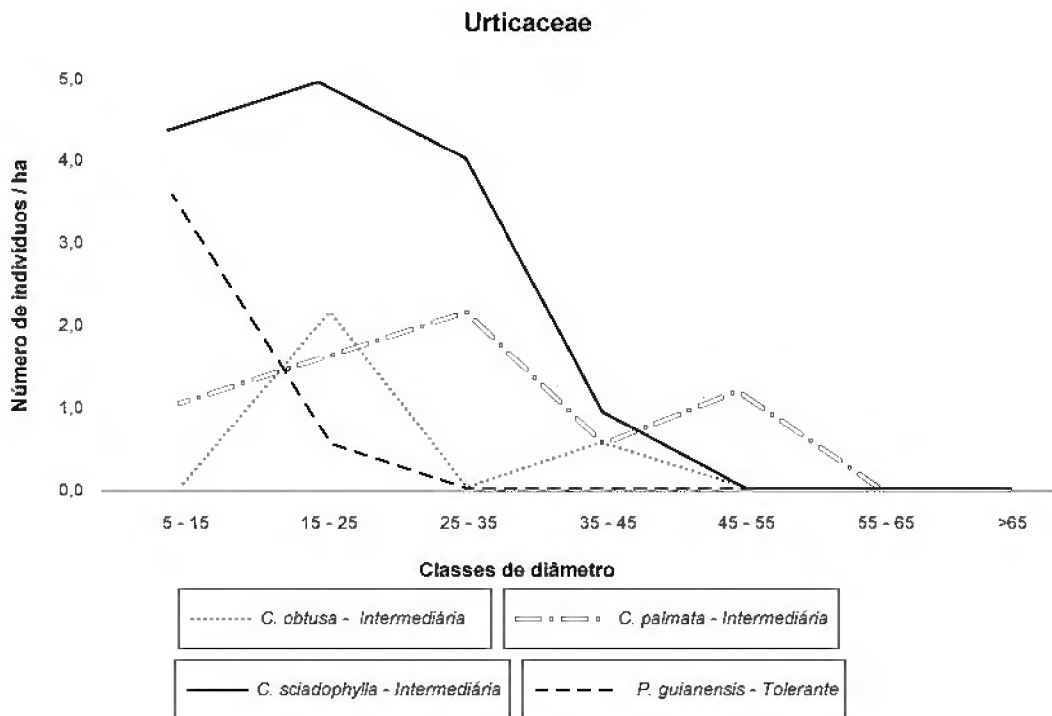
**Figura 1.36-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Sapotaceae). \*Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante.**



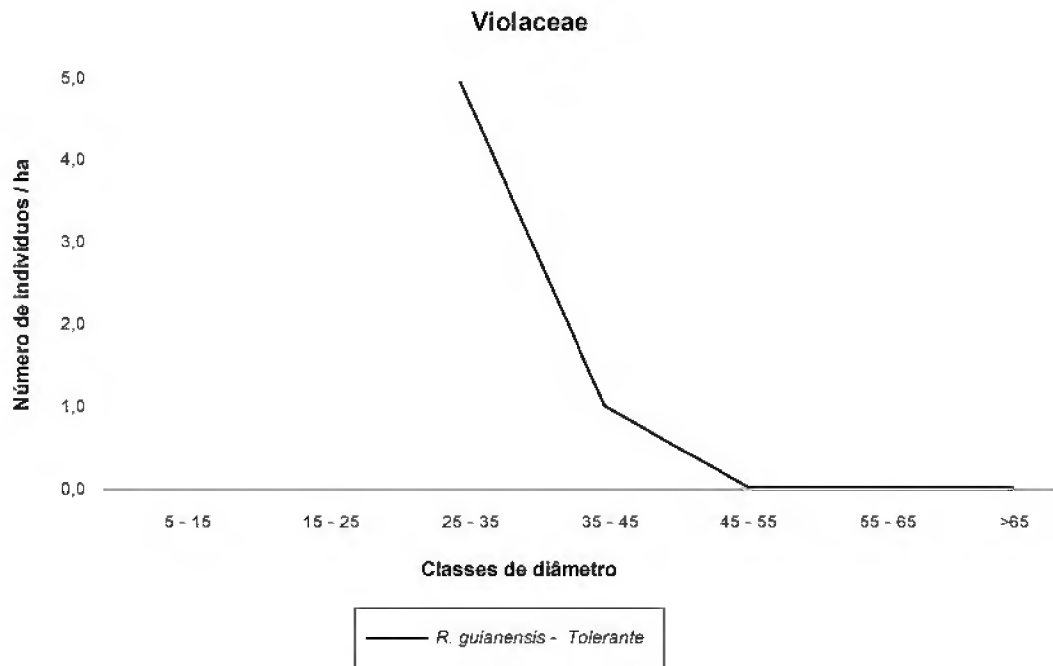
**Figura 1.37-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Sapotaceae). \*Espécie que mudou de grupo ecológico após análise discriminante.**



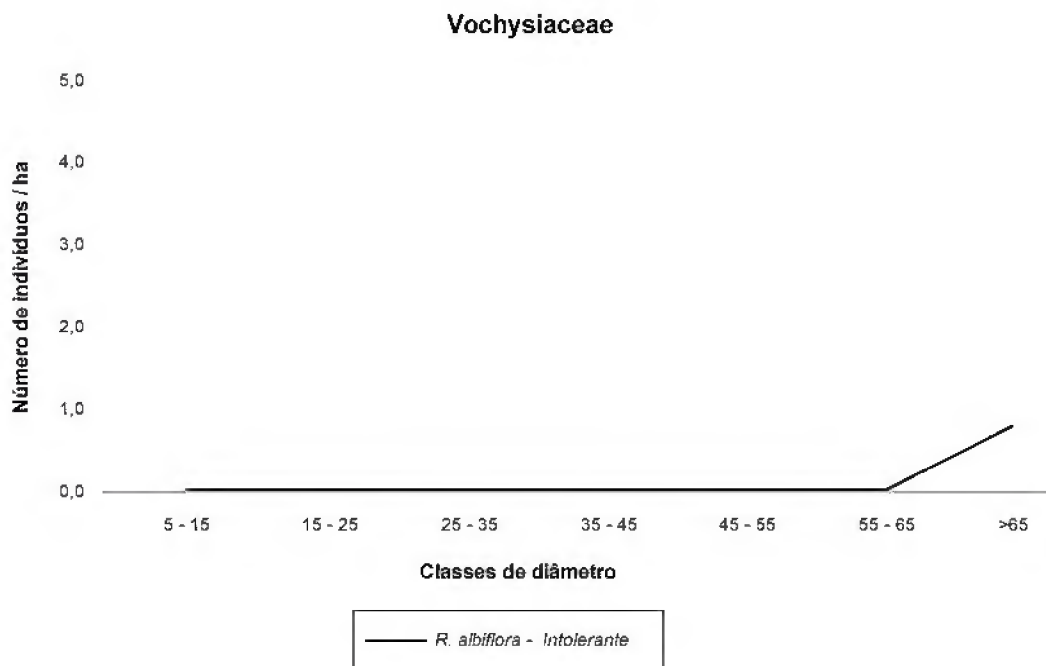
**Figura 1.38-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Simarubaceae).**



**Figura 1.39-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Urticaceae).**



**Figura 1.40-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Violaceae).**



**Figura 1.41-Distribuição diamétrica das espécies presentes em uma floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará (Família Vochysiaceae).**

**Tabela 1.7-Lista das espécies arbóreas com DAP  $\geq$  5 cm por grupos ecológicos em uma floresta tropical de terra firme localizada em Moju, Pará. G.E.: grupos ecológicos; G.E.2: grupos ecológicos após análise discriminante.**

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>G. E.</b>	<b>G. E. 2</b>
Anacardiaceae	<i>Anacardium giganteum</i> Hanc ex. Engl.	Tolerante	
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Intermediária	
Annonaceae	<i>Annona exsucca</i> DC.	Tolerante	
	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	Tolerante	
Apocynaceae	<i>Aspidosperma album</i> (Vahl) Benoist ex Pichon	Tolerante	
	<i>Lacmellea floribunda</i> (Poepp.) Benth.	Tolerante	
	<i>Ambelania acida</i> Aubl.	Tolerante	
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. Ex DC.)	Intolerante	
	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.	Intolerante	
Boraginaceae	<i>Cordia exaltata</i> Lam.	Tolerante	
	<i>Protium</i> sp.	Tolerante	
Bursaceae	<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	Intermediária	
	<i>Protium altsonii</i> Sandwith	Tolerante	Intermediária
	<i>Protium</i> sp.	Tolerante	
	<i>Protium</i> sp.	Tolerante	
	<i>Protium pilosum</i> (Cuatrec) Daly	Tolerante	
	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	Intermediária	
	<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	Intermediária	
Cardiopteridaceae	<i>Dendrobangia boliviana</i> Rusby	Tolerante	
Caryocaraceae	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Intermediária	
Clusiaceae	<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	Intermediária	
Chrysobalanaceae	<i>Licania macrophylla</i> Benth.	Intermediária	
	<i>Licania lata</i> J.F. Macbr.	Tolerante	
	<i>Licania bracteata</i> Prance	Intermediária	
	<i>Licania coriacea</i> Benth.	Intermediária	
	<i>Licania heteromorpha</i> Benth.	Intermediária	
	<i>Couepia bracteosa</i> Benth.	Intermediária	
Dichapetalaceae	<i>Tapura guianensis</i> Aubl.	Intermediária	
Ebenaceae	<i>Diospyros guianensis</i> (Aubl.) Gürke	Intermediária	
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea</i> sp.	Tolerante	
	<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.	Intermediária	
Fabaceae	<i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby	Tolerante	
	<i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke	Tolerante	Intermediária
	<i>Macrobium microcalyx</i> Ducke	Tolerante	
	<i>Enterolobium maximum</i> Ducke	Intolerante	
	<i>Macrobium</i> sp.	Tolerante	
	<i>Inga</i> sp.	Tolerante	



**Tabela 1.7-Lista das espécies arbóreas com DAP  $\geq$  5 cm por grupos ecológicos em uma floresta tropical de terra firme localizada em Moju, Pará. G.E.: grupos ecológicos; G.E.2: grupos ecológicos após análise discriminante (continuação).**

<b>Família</b>	<b>Nome científico</b>	<b>G. E.</b>	<b>G. E. 2</b>
	<i>Inga velutina</i> Willd	Tolerante	
	<i>Inga</i> sp.	Intermediária	
	<i>Inga gracilifolia</i> Ducke	Intermediária	
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Intolerante	
	<i>Stryphnodendron guianense</i> (Aubl.) Benth.	Tolerante	
Fabaceae	<i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth.	Intolerante	
	<i>Tachigali guianensis</i> (Benth.)	Tolerante	
	<i>Tachigali chrysophylla</i> (Poepp.)	Intermediária	
	<i>Tachigali glauca</i> Tul.	Intermediária	
	<i>Tachigali</i> sp.	Intermediária	
	<i>Abarema mataybifolia</i> (Sandwith) Barneby & J. W. Grimes	Intermediária	
	<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> (Miq.) J.W. Grimes	Intermediária	
Goupiaceae	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Intermediária	
Humiriaceae	<i>Sacoglottis amazonica</i> Mart.	Intermediária	Tolerante
	<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn.) Mez	Intermediária	
Lauraceae	<i>Licaria brasiliensis</i> (Nees) Kosterm.	Intermediária	
	<i>Aniba parviflora</i> (Meisn.) Mez	Tolerante	
	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A. Mori	Intolerante	
	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	Tolerante	
Lecythidaceae	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers	Intermediária	
	<i>Eschweilera</i> sp.	Tolerante	
	<i>Lecythis idatimon</i> Aubl.	Intermediária	
	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Intermediária	Tolerante
	<i>Sterculia excelsa</i> Mart.	Intermediária	
Malvaceae	<i>Theobroma subincanum</i> Mart.	Tolerante	
	<i>Apeiba echinata</i> Gaertn.	Intermediária	
	<i>Brosimum</i> sp.	Tolerante	
	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Tolerante	Intermediária
Moraceae	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	Intermediária	
	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Intermediária	
	<i>Perebea guianensis</i> Aubl.	Tolerante	
	<i>Brosimum utile</i> subsp. <i>ovatifolium</i>	Intermediária	
	<i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb.	Tolerante	
Myristicaceae	<i>Virola michelii</i> Heckel	Tolerante	
	<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	Tolerante	
Nyctaginaceae	<i>Neea</i> sp.	Tolerante	
Olacaceae	<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.	Tolerante	

**Tabela 1.7 -Lista das espécies arbóreas com DAP  $\geq$  5 cm por grupos ecológicos em uma floresta tropical de terra firme localizada em Moju, Pará. G.E.: grupos ecológicos; G.E.2: grupos ecológicos após análise discriminante (continuação).**

Família	Nome científico	G. E.	G. E. 2
	<i>Pouteria decorticans</i> T. D. Penn	Intermediária	
	<i>Chrysophyllum</i> sp	Tolerante	
	<i>Pouteria</i> sp.	Tolerante	
	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Tolerante	
Sapotaceae	<i>Pouteria gongrijpii</i> Eyma	Intermediária	Tolerante
	<i>Pouteria cuspidata</i> (A.DC.) Baeß	Tolerante	
	<i>Manilkara elata</i> (Allemão ex Miq.)	Intermediária	
	<i>Micropholis guyanensis</i> (A. DC.) Pierre	Intermediária	
	<i>Manilkara paraensis</i> (Huber) Standl.	Intermediária	Tolerante
Simarubaceae	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Intolerante	
	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	Tolerante	
Urticaceae	<i>Cecropia obtusa</i> Trécul	Intermediária	
	<i>Cecropia palmata</i> Willd.	Intermediária	
	<i>Cecropia sciadophylla</i> Mart.	Intermediária	
Violaceae	<i>Rinorea guianensis</i> Aubl.	Tolerante	
Vochysiaceae	<i>Ruizterania albiflora</i> (Warm.)	Intolerante	

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APG III (2009). An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 105- 121.

ARAÚJO, C. B. (2011). *Composição florística e estrutura de uma floresta densa de terra firme explorada seletivamente no município de Moju*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém-Pará.

BAKER, F. S. (1949). A revised tolerance table. *Journal of Forestry*, 47, 179-181.

BUDOWSKI, G. (1965). Distribución de las especies del bosque lluvioso tropical americano a la luz de los procesos sucesionales. *Turrialba*, 15 (1), 40-42.

CARRERO, G. C.; PEREIRA, R. S.; JACAÚNA, M. A.; LIMA JÚNIOR, M. J. V. Árvores do Sul do Amazonas: guia de espécies de interesse econômico e ecológico. Manaus, 57 p., 2014

CARVALHO, L. R. de; SILVA, E. A. A. da; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de sementes**, vol. 28, n° 2, p.15-25, 2006.

COELHO, R. de F. R.; MIRANDA, I. S.; MITJA, D. Caracterização do processo sucessional no Projeto de Assentamento Benfca, sudeste do estado do Pará, Amazônia oriental. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**, Ciências Naturais, Belém, v. 7, n. 3, p. 251-282, set-dez. 2012.

CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; STEEGE, H. ter; MORGAN, H. D.; HEIJDEN, M. G. A. van der; PAUSAS, J. G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, 2003, v. 51, 335-380.

Decreto Nº 5.975 de 30 de novembro de 2006 (2006). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília – Distrito Federal - Brasil.

DENSLOW, J. S. Gap partitioning among tropical rain forest trees. **Biotropica**, v. 12, p. 47-55, 1980.

DUAH-GYAMFI, A.; SWAINE, E. K.; ADAM, K. A.; PINARD, M. A. e SWAINE, M. D. (2014). Can harvesting for timber in tropical forest enhance timber tree regeneration? *Forest ecology and Management*, 314, 26-37.

FERRAZ, I. D. K.; LEAL FILHO, N.; IMAKAWA, A. M.; VARELA, V. P. e PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. (2004). Características básicas para um agrupamento ecológico preliminar de espécies madeireiras da floresta de terra firme da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 34 (4), 621-633.

GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F. e BEZERRA, C. L. E. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. (1995). *Revista Brasileira de Biologia*, 55 (4), 753-767.

GUALBERTO, M. L. C.; RIBEIRO, R. B. da S.; GAMA, J. R. V. E VIEIRA, D. dos S. Fitossociologia e potencial de espécies arbóreas em ecossistema sucessional na floresta nacional do Tapajós, Pará. (2014). *Agroecossistemas*, 6 (1), 42-57.

HAIR, J. F.; TATHAM, R.; ANDERSON, R. e BLACK, W. (2005). *Análise Multivariada de Dados*. 5 edição. Printice-Hall. 593 p.

HARTSHORN, G.S. (1980). Neotropical forests dynamics. *Biotropica*, 12, 23-30.

HAWTHORNE, W.D. (1995). Ecological Profiles of Ghanaian Forest Trees Tropical Forestry Papers 29. Doi: Oxford Forestry Institute, Oxford.

HUMBERT, L.; GAGNON, D.; KNEESHAW, D. e MESSIER, C. A shade tolerance index for common understory species of northeastern North America. (2007). *Ecological Indicators*, 7, 195-207.

Instrução Normativa nº 5, de 11 de dezembro de 2006 do Ministério do Meio Ambiente (2006). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília – Distrito Federal - Brasil.

JARDIM, F. C. S.; SOUZA, A. L.; BARROS, N. F.; SILVA, E.; MACHADO, C. C. e SILVA, A. F. (1996). Agrupamento das espécies arbóreas de uma floresta equatorial na região de Manaus-AM. *Boletim da Fcap*, 26, 7 - 29.

JARDIM, F. C. da S. Natural regeneration in tropical forests. (2015). *Revista de Ciências Agrárias*, 58 (1), 105-113.

JONES, E. W. (1955). Ecological studies on the rain forest of southern Nigeria. IV. The plateau forest of the Okomu forest reserve. I part. *Journal of Ecology*, 43, 564-594.

KAGEYAMA, P. Y. e CASTRO, C. E. A. (1989). Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. *IPEF*, 41/42, 83-93.

KAGEYAMA, P. Y. e GANDARA, F. B. (2004). *Recuperação de áreas ciliares*. In: RODRIGUES, R. R.; LOURENÇO FILHO, H. F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: USP/FAPESP, 249-270.

Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (2012). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília – Distrito Federal - Brasil.

LIMA, R. C.; APARICIO, P. da S. e SILVA, W. C. da. (2014). Classificação ecológica de uma floresta de várzea submetida à ação antrópica. *Revista de Ciências da Amazônia*, 2 (2), 9-19.

MOBOT, Missouri Botanical Garden (2010). Trópicos Search. Disponível em: <http://www.tropicos.org/Home.aspx>

OLIVEIRA, L. C. de; COUTO, H. T. Z. do; SILVA, J. N. M. e CARVALHO, J. O. P. de. (2005). Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. *Scientia Forestalis*, 69, 62-76.

PINHEIRO, K. A. O.; CARVALHO, J. O. P. de; QUANZ, B.; FRANCEZ, L. M. de B. e SCHWARTZ, G. (2007). Fitossociologia de uma área de preservação permanente no leste da Amazônia: Indicação de espécies para recuperação de áreas alteradas. *Floresta*, 37 (2), 175-187.

PIRES, J. M. (1981). O conceito de floresta tropical. *CVRD Revista*, 2 (5), 17-20.

REIS, L. P.; SILVA, J. N. M.; REIS, P. C. M. dos; CARVALHO, J. O. P. de; QUEIROZ, W. T. De e RUSCHEL, A. R. (2013). Efeito da Exploração de impacto reduzido em algumas espécies de sapotaceae no leste da Amazônia. *Floresta*, 43 (3), 395-406.

REIS, L. P.; CARVALHO, J. O. P. de; REIS, P. C. M. dos; GOMES, J. M.; RUSCHEL, A. R. e SILVA, M. G. da. (2014). Crescimento de mudas de *Parkia gigantocarpa* Ducke, em um sistema de enriquecimento em clareiras após a colheita de madeira. *Ciência Florestal*, 24 (2), 431-436.

SANTOS, J. H. da S. (2004). Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. *Revista Árvore*, 28 (3).

SANTOS, L. M. dos. (2008). *Germinação de sementes e produção de mudas de guariúba (Clarisia racemosa Ruiz et Pavon) – Moraceae*. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade do Amazonas. Manaus-AM.

SANTOS, B. A.; CAMARGO, J. L. C. E FERRAZ, I. D. K. (2008). *Guariúba Clarisia Racemosa Ruiz & Pav. Moraceae*. Manual de sementes da Amazônia, fascículo 7.

SANTOS, A. A. P. dos. (2014). *Avaliação florística e estrutural de uma floresta ombrófila mista montana urbana*. (Dissertação de mestrado). Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PA.

SILVA, S. M. A. S.; SILVA, J. N. M.; BAIMA, A. M. V.; LOBATO, N. M.; THOMPSON, I. S. e COSTA FILHO, P. P. (2001). Impacto da exploração madeireira em floresta de terra firme no município de Moju, estado do Pará. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. (Eds.). *A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID*. Belém-PA.

SILVA, E. J. V. da. (2004). Dinâmica de florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia Oriental. (Tese de doutorado). Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. Universidade de São Paulo. São Carlos-SP.

SOARES, A. A. V.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. e FARIA, J. M. R. (2016). Influence of ecological group composition, plantation spacing and arrangement in the restoration of riparian forest on reservoir shores. *Ciência Florestal*, 26 (4), 1107-1118.

SOUZA, P. B. de; SOUZA, A. L. de e MEIRA NETO, J. A. A. (2012). Estrutura diamétrica dos estratos e grupos ecológicos de uma área de floresta estacional semidecidual, em Dionísio, MG. *Revista Árvore*, 36 (1), 151-160.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. (1988). On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, 75, 81-86.

TABARELLI, M e MANTOVANI, W. (1997). Colonização de clareiras naturais na floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. 20 (1), 57-66.

VALE, V. S.; DORNELES, M. C.; SCHIAVINI, I.; MENDONÇA, E. T.; ALMEIDA, C. G.; SILVA, P. A. e CRESPILO, R. F. (2011). Grupos funcionais e sua importância ecológica na vegetação arbórea em um remanescente florestal urbano, Uberlândia, MG. *Natureza on line*, 9 (2), 67-75.

WHITMORE, T. C. (1984). *Tropical rainforest of the far east*. 2 edição. Oxford, Oxford University Press.

WHITMORE, T.C. (1989). Canopy gaps and two major groups of forest trees. *Ecology*, 70, 536-538.

## ARTIGO 2

### PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE GRUPOS ECOLÓGICOS A PARTIR DA MATRIZ DE TRANSIÇÃO E RAZÃO DE MOVIMENTAÇÃO

#### Resumo

O objetivo da presente pesquisa é prognosticar a distribuição diamétrica por um modelo de distribuição de classe de tamanho, por grupos ecológicos, para uma Floresta Tropical de Terra Firme. O estudo foi realizado em Moju, PA. Selecionou-se nove clareiras, em torno das quais instalou-se 4 parcelas amostrais de 10 m x 50 m. Foram medidos todos os indivíduos com  $DAP \geq 5$  cm. As espécies foram agrupadas em tolerantes, intolerantes e intermediárias. Os modelos testados foram Matriz de Transição e Razão de Movimentação, utilizando os dados de 1998 e 2001 e fazendo projeções para períodos de 3 anos (2007 e 2010). Testou-se a eficiência das projeções por meio do teste de aderência Kolgomorov-Smirnov. As projeções realizadas pelos métodos não apresentaram diferença significativa entre os valores reais e projetados. Com base nos resultados recomenda-se o uso da Matriz de Transição para a prognose da distribuição diamétrica de indivíduos que pertencem ao grupo de espécies tolerantes e intermediárias e indica-se utilizar os dois modelos para as espécies intolerantes.

**Palavras-chave:** crescimento, projeção, floresta tropical.

#### Abstract

The objective of the present research is to diametric distribution predict by a size class distribution model, by ecological groups, for a Terra firme Tropical Forest. The study was conducted in Moju, PA. Nine clearings were selected, around which 4 sample plots of 10 m x 50 m were installed. All individuals with  $DBH \geq 5$  cm were measured. The species were grouped into tolerant, intolerant and intermediate. The models tested were Transition Matrix and Moving Ratio, using data from 1998 and 2001 and making projections for 3 year periods (2007 and 2010). The efficiency of the projections was tested using the Kolgomorov-Smirnov adhesion test. The projections performed by the methods did not present a significant difference between the actual and projected values. Based on the results it is recommended to use the Transition Matrix for the prognosis of the diametrical distribution of individuals belonging to the group of tolerant and intermediate species and it is indicated to use both models for intolerant species.

**Key words:** growth, projection, rainforest.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A demanda por informações que auxiliem no planejamento das atividades florestais é fundamental para a efetiva exploração sustentada, especialmente em florestas naturais, onde os modelos tradicionalmente empregados são de difícil aplicação (EBLING et al., 2014). A prognose de crescimento é uma alternativa que permite avaliar se o modo como está sendo executada a gestão da floresta é sustentável.

Os padrões de crescimento das florestas são informações ecológicas importantes utilizadas na ciência para garantir a conservação e a gestão desses ambientes (NEEFF; SANTOS, 2005). A modelagem do crescimento e da produção visa contribuir com as atividades do manejo, uma vez que tem o poder de prever o momento em que a floresta recupera seu estoque após a exploração florestal. Segundo Nascimento et al. (2014), a tomada de decisão na gestão das florestas exige previsões precisas de crescimento e produção em diferentes cenários capazes de fornecer várias possibilidades para a exploração madeireira.

De acordo com Souza e Soares (2013), a prognose é aplicada com a finalidade de prever a estrutura e a produção da floresta; avaliar a sustentabilidade ambiental e econômica do manejo florestal; definir a necessidade, época e intensidade de aplicação de tratamentos silviculturais; avaliar efeitos e alternativas de manejo da floresta; prever o ciclo de corte e fazer estudos de cenários.

Dentre os modelos existentes para realizar a prognose, Vanclay (1994) afirma que os modelos de distribuição de diâmetro são os mais difundidos, em decorrência da facilidade de obtenção de dados e têm sido testados para prever a estrutura de florestas. De acordo com Ebling et al (2014), diferentes metodologias para gerar projeções em florestas heterogêneas estão descritas na literatura, e, dentre essas, pode-se citar os modelos da Matriz de Transição e Razão de Movimentação como as mais indicadas para tais fins em florestas naturais.

Segundo Cunha et al. (2002), os modelos matriciais de crescimento têm suas raízes no modelo proposto por Leslie, em 1945, delineado para investigar o efeito da estrutura de idades nas taxas de crescimento de populações de animais. Em 1966, Usher foi considerado um dos pioneiros na adaptação de matriz markoviana pura no desenvolvimento de modelos de distribuição diamétrica. A partir daí, foram sendo



implementadas várias aplicações na área florestal, como Wadsworth, em 1977, um dos primeiros a fazer uso do modelo de Usher para prever o crescimento de florestas tropicais.

De acordo com Azevedo et al. (1995), o modelo da matriz de transição está fundamentado no conceito de estado, ou seja, na situação em que a árvore pode ser encontrada (ingresso, classe de diâmetro e mortalidade). Portanto, parte do princípio que uma árvore encontrando-se em um estado, ela pode permanecer nele, ou mover-se para outro.

As principais vantagens do uso da matriz de transição é a facilidade de construção e a possibilidade de desenvolvimento de um modelo com apenas duas medições, porém, possui a desvantagem de fazer projeções somente para períodos múltiplos dos períodos da construção da matriz inicial (SANQUETTA et al. 1996; MENON; FIGUEIREDO FILHO; WATZLAWICK, 2010). Outra dificuldade indicada por Vanclay (1994) é explicar a competição, uma vez que, para a matriz, o crescimento não deve depender de outras árvores e a propriedade estacionária dificulta as reduções na taxa de crescimento durante os períodos de projeção.

A razão de movimentação é um modelo baseado na teoria de projeção das tabelas de povoamento aplicado às florestas naturais, em que o emprego do incremento diamétrico médio é a variável mais usual para gerar as estimativas. Nesse modelo, assume-se que as árvores estão distribuídas uniformemente no interior das classes, e que cada árvore cresce a uma taxa média (SCOLFORO et al., 1998). A distribuição das árvores no interior das classes é desconhecida, mesmo assim, assume-se que ela é uniforme. A partir daí a proporção de árvores que passam de uma classe para outra pode ser assumida como razão de movimento (AUSTREGÉSILO et al, 2004).

Considerando a necessidade de predição do crescimento das florestas tropicais, o presente capítulo aborda a seguinte questão: qual modelo possui maior precisão por grupos ecológicos para prognose do crescimento diamétrico em uma Floresta Tropical de Terra Firme? Para responder a questão foi testada a seguinte hipótese: “Um modelo em que os dados estimados se aproximem ao máximo dos valores reais é o mais indicado para prognose em uma Floresta Tropical de Terra Firme”. Assim, a presente pesquisa tem por objetivo selecionar o melhor modelo de distribuição por classe de tamanho (Matriz

de Transição ou Razão de Movimentação) por grupos ecológicos para prognose da floresta tropical de terra firme.

## **2.2. METODOLOGIA**

### **2.2.1. ÁREA DE ESTUDO**

A área de coleta de dados localiza-se no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, Km 30 da Rodovia PA 150, no município de Moju, Pará, situado entre as latitudes 2°07'30"S e 2°12'06"S e longitudes 48°46'57"W e 48°48'30"W do meridiano de Greenwich. A área possui 1.059 ha, na qual foram explorados seletivamente 200 ha.

O clima da região é do tipo Ami (clima quente e úmido), segundo a classificação de Köppen, com temperaturas médias mensais oscilando entre 21°C e 33°C e a média anual é em torno de 26°C. A precipitação pluviométrica anual varia de 2.000 a 3.000 mm, distribuída irregularmente. A umidade relativa do ar está em torno de 85%. (Silva et al., 2001).

O relevo é plano, com pequenas ondulações. Predomina na área o Latossolo Amarelo distrófico com diferentes texturas ocorrendo também solos Podzólicos Vermelhos-Amarelos, Glei Pouco Úmico e Plintossolo. A tipologia da área experimental é Floresta Ombrófila Densa de terra firme (Silva et al., 2001).

### **2.2.2. COLETA DE DADOS**

Dentro da Estação Experimental da Embrapa, foi selecionada uma área de 200 hectares, a qual sofreu exploração florestal seletiva em 1997, por meio de uma parceria entre a Embrapa e a empresa madeireira Perachi. Nessa área foram selecionadas nove clareiras provenientes da exploração, em torno das quais foi realizada a marcação das parcelas amostrais do projeto inicial intitulado “Avaliação da dinâmica florestal após exploração madeireira seletiva”.

Em cada uma das nove clareiras selecionadas foram instaladas faixas de 10 m x 50 m, começando na bordadura da clareira para dentro da floresta, nas direções norte, sul, leste e oeste, portanto, quatro faixas por clareira. Dentro dessas parcelas foram inventariadas todas as árvores com  $DAP \geq 5$  cm, consideradas da população adulta.

Os espécimes desconhecidos foram identificados por nomes vulgares e tiveram material vegetativo coletado para a determinação dos nomes científicos a partir de comparação nos Herbários IAN da Embrapa Amazônia Oriental e do Museu Emílio Goeldi. O sistema de classificação botânica utilizado foi o de “Angiosperm Phylogeny Group” (APG III, 2009) e a nomenclatura botânica conferida com o banco de dados eletrônico disponibilizado pelo Missouri Botanical Garden (Mobot, 2016).

A partir da primeira medição, a cada três meses e sempre logo após o final de cada estação do ano, foram feitas medições, as quais começaram em junho de 1998 e terminaram em junho de 2001. Em 2007 foram realizadas mais duas medições e em 2010 foi feita a última medição, totalizando 16 medições. Para esta análise será utilizada a 1ª medição (1998), 13ª medição (2001), 14ª medição (2007) e 16ª medição (2010).

### 2.2.3 ANÁLISE DE DADOS

#### 2.2.3.1. Prognose da distribuição diamétrica

A distribuição diamétrica das espécies arbóreas foi analisada a partir do  $DAP \geq 5$  cm para todas as espécies em intervalos com amplitude de 10 cm de diâmetro, conforme Instrução Normativa brasileira nº 05 de 2006 do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006) (Tabela 2.1).

**Tabela 2.8-Classes de diâmetro para distribuição diamétrica de espécies arbóreas com DAP  $\geq$  5cm, em floresta manejada na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Moju-Pará.**

Intervalo de diâmetro (cm)	Classe
$05 \leq \text{DAP} < 15$	1
$15 \leq \text{DAP} < 25$	2
$25 \leq \text{DAP} < 35$	3
$35 \leq \text{DAP} < 45$	4
$45 \leq \text{DAP} < 55$	5
$55 \leq \text{DAP} < 65$	6
$\text{DAP} \geq 65$	7

A prognose da distribuição diamétrica foi realizada de acordo com as medições realizadas, neste caso, partindo-se dos dados de 1998 a 2001, para amplitude de tempo de três anos. Foi projetada a distribuição diamétrica para 2004, 2007 e 2010, sendo estes dois últimos anos comparados com a distribuição diamétrica real, obtida na 14ª e 16ª medição.

#### 2.2.3.2 Matriz de Transição

A matriz de transição é um instrumento que o manejador pode recorrer para prever o recrutamento, a mortalidade e o estoque por classe diamétrica de uma floresta inequidiana ao longo do tempo (SANQUETTA et al., 1996). Sua representação matemática pode ser escrita como na equação 1:

$$A \cdot EO + R = EI \quad (1)$$

Em que:

*A*: matriz de transição que contém probabilidades de uma árvore passar para outras classes diamétricas através de crescimento com o tempo;

*EO*: vetor de estoque no momento zero, ou seja, a distribuição diamétrica antes da predição;

*R*: vetor de recrutamento;

*EI*: vetor de estoque no momento um, no tempo de predição futuro (SANQUETTA et al., 1996).

Segundo Sanquetta et al. (1995), sua utilização fica condicionada às seguintes propriedades:

- A probabilidade de qualquer evento futuro ocorrer é independente do evento passado e depende somente do estado presente; e
- As probabilidades de transição entre dois estados específicos devem permanecer constantes no tempo.

Considerando a distribuição diamétrica essas propriedades implicam que a distribuição futura depende somente da distribuição atual e não das distribuições passadas e a probabilidade de uma árvore mudar de classe deve permanecer a mesma em todo tempo, indiferente às condições do povoamento (SANQUETTA et al., 1995).

Na área florestal uma árvore que pertence a uma das classes de diâmetro, em um próximo período pode permanecer na classe, crescer em outra classe ou morrer e a probabilidade dessa movimentação é expressa por uma matriz utilizada para prever a mudança durante um único intervalo de tempo, ou vários intervalos de tempo (VANCLAY, 1995).

A Matriz de Transição está estruturada em 09 estados:  $e_1$  (recrutamento = R),  $e_2$  a  $e_8$  (classes diamétricas com amplitude de 10 cm),  $e_{09}$  (mortalidade = M). O recrutamento é a mudança do estado  $e_1$  para qualquer dos estados  $e_2$  a  $e_8$ ; a classe diamétrica é a mudança para as classes diamétricas superiores por meio do incremento diamétrico, ou permanência na mesma classe quando o incremento não é suficiente para mudança de classe; e a mortalidade é a mudança de qualquer estado para o estado  $e_{09}$ . Após a definição dos estados será montada uma tabela com o número de indivíduos em cada estado e, posteriormente, calculada a matriz de transição probabilística ( $p_{ij}$ ) (Equação 2).

$$p_{i,j} = \frac{n_{ij}}{N_j} \quad (2)$$

Em que:

$p_{i,j}$ : a probabilidade de ocorrência de indivíduos na classe  $j$  no tempo  $t+1$  (segunda ocasião considerada), dado a classe  $i$  no tempo  $t$  (primeira ocasião considerada);

$n_{ij}$ : o número de indivíduos na classe  $j$  no tempo  $t+1$  (segunda ocasião), dado a classe  $i$  no tempo  $t$  (primeira ocasião)

$N_j$ : o número total de árvores no estado  $i$  no tempo  $t$ .

Para fazer a predição após  $n$  estações de crescimento a matriz de probabilidade de transição é elevada a potência  $n$  (Equação 3).

$$p^{(n)} = p_{ij}^{(n)} \quad (3)$$

Segundo Sanqueta et al. (1996), a estrutura diamétrica da floresta em um tempo futuro é obtida pela equação (4).

$$E_1 = A \times E_0 + R \quad (4)$$

Em que:

$E_1$ : Estoque no momento um, no tempo de predição futuro;

$A$ : é a matriz de probabilidade de transição das árvores nas classes diamétricas;

$E_0$ : Estoque no momento zero, ou seja, a distribuição diamétrica antes da predição;

$R$ : recrutamento.

### 2.2.3.3 Razão de Movimentação

A razão de Movimentação é definida pela proporção de árvores que avançam entre as classes diamétricas em função do incremento diamétrico, calculada a partir da equação 5 a seguir.

$$RM = \left( \frac{\overline{IPD}_j}{C} \right) \times 100 \quad (5)$$

Em que:

$RM$ : Razão de Movimento;

$IPD_j$ : Incremento Periódico Médio em diâmetro da  $j$ -ésima classe de diâmetro;

$C$ : Amplitude de Classe de Diâmetro.

O Incremento Periódico médio, por classe diamétrica, foi obtido a partir da equação 6:

$$\overline{IPD}_j = \frac{\sum_{i=1}^n (DAP_{2i} - DAP_{1i})}{N} \quad (6)$$

Em que:

$IPD_j$  = Incremento periódico médio em diâmetro da  $j$ -ésima classe de diâmetro;

$DAP_{1i}$  =  $DAP$  da  $i$ -ésima árvore na 1º medição;

$DAP_{2i}$  =  $DAP$  da  $i$ -ésima árvore na 2º medição;

$N$  = Número Total de árvores em cada classe diamétrica.

#### 2.2.3.4 Avaliação das prognoses e definição do ciclo de corte

Foi empregado o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para comparar a estrutura diamétrica estimada para 2007 e 2010 com os dados reais inventariados para os modelos Matriz de Transição e Razão de Movimentação.

De acordo com o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) e com a análise gráfica da distribuição diamétrica entre os anos observados e estimados será determinado o modelo de melhor precisão para realizar a prognose das espécies comerciais.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA VIA MATRIZ DE TRANSIÇÃO

Com base nos dados das medições realizadas em 1998 e 2001, construíram-se as tabelas que representam as matrizes de transição dos indivíduos das espécies pertencentes aos grupos ecológicos tolerantes, intolerantes e intermediárias (tabelas 2.2, 2.3 e 2.4, respectivamente). De acordo com a tabela, pode-se visualizar a transição ou permanência das árvores vivas entre as classes diamétricas com 10 cm de amplitude, a mortalidade e o recrutamento de indivíduos.

Tabela 2.2 -Número de árvores por hectare que mudaram de estado, por classe de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies tolerantes. Estado = classe diamétrica, mortalidade (M) e recrutamento (R).

Classe Diamétrica (2001)	Classe Diamétrica (1998)								TOTAL
	R	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65	
5-15	92,78	387,22							480,00
15-25	1,11	12,78	97,22						111,11
25-35			5,00	28,89					33,89
35-45				0,56	10,56				11,11
45-55						4,44			4,44
55-65							3,33		3,33
>65							0,56	1,11	1,67
M		7,78	1,67	1,11	0,56	0,00	0,00	0,00	11,11
Total	93,89	407,78	103,89	30,56	11,11	4,44	3,89	1,11	656,67

Árvores que permaneceram na mesma classe de DAP  
 Árvores que migraram para a classe de DAP seguinte  
 Árvores que morreram

Tabela 2.3 -Número de árvores por hectare que mudaram de estado, por classe de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies intolerantes. Estado = classe diamétrica, mortalidade (M) e recrutamento (R).

Classe Diamétrica (2001)	Classe Diamétrica (1998)								TOTAL
	R	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65	
5-15									0,00
15-25									0,00
25-35									0,00
35-45					1,11				1,11
45-55						1,67			1,67
55-65							1,11		1,11
>65							0,56	1,67	2,22
M									0,00
Total					1,11	1,67	1,67	1,67	0,00

Árvores que permaneceram na mesma classe de DAP  
 Árvores que migraram para a classe de DAP seguinte



**Tabela 2.4** -Número de árvores por hectare que mudaram de estado, por classe de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies intermediárias. Estado = classe diamétrica, mortalidade (M) e recrutamento (R).

Classe Diamétrica (2010)	Classe Diamétrica (1998)								TOTAL
	R	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65	
5-15	40,56	163,33							203,89
15-25		18,33	49,44						67,78
25-35			5,56	27,22					32,78
35-45				5,56	14,44				20,00
45-55					2,78	5,56			8,33
55-65						1,67	2,78		4,44
>65								3,33	3,33
<b>M</b>	0,00	5,56	1,67	1,11	0,56	0,56	0,56	0,56	10,56
<b>Total</b>	40,56	187,22	56,67	33,89	17,78	7,78	3,33	3,89	351,11

Árvores que permaneceram na mesma classe de DAP  
 Árvores que migraram para a classe de DAP seguinte  
 Árvores que morreram

O estado recrutamento foi de 93,89 e 40,56 indivíduos/ha para as espécies tolerantes e intermediárias, respectivamente. Isso significa que esse foi o número de indivíduos que entraram no sistema durante o período considerado para a projeção. O estado mortalidade apresentou 11,11 e 10,56 indivíduos/ha entre 1998 e 2001, ou seja, 11,11 e 10,56 indivíduos/ha saíram do sistema. Para o grupo das espécies intolerantes não houve recrutamento e mortalidade.

Foi observado em 1998 um total de 551,67 indivíduos/ha para as espécies tolerantes, 6,11 e 300 indivíduos/ha para as espécies intolerantes e intermediárias, respectivamente. Em 2001 a abundância foi de 634,44 e 330 indivíduos/ha para as espécies tolerantes e intermediárias, respectivamente. Como não houve recrutamento e mortalidade nesse período para as espécies intolerantes, não houve mudança na abundância desse grupo.

Com o auxílio das tabelas 2, 3 e 4 foi obtida a Matriz de probabilidade de transição inicial, cujos elementos são mostrados nas tabelas 2.5, 2.6 e 2.7, para os grupos ecológicos tolerantes, intolerantes e intermediárias, respectivamente. Pode-se observar as probabilidades de cada árvore em cada estado, no período entre 1998-2001, seja para permanecer na mesma classe diamétrica, mudar para uma ou mais classes ou sair do sistema por meio da mortalidade. Como pode-se verificar na tabela 5, para as espécies

tolerantes, entre 1998 e 2001, a probabilidade de uma árvore da classe diamétrica 5-15 cm permanecer na mesma classe é de 0,95, ou seja, 95% do total de árvores dessa classe não apresentaram crescimento em diâmetro suficiente para uma mudança de classe no período considerado. A probabilidade das árvores dessa classe crescer em diâmetro até atingir a próxima classe é de 0,03 (3%) e a probabilidade de uma árvore desta classe morrer em 3 anos é de 0,02 (2%).

**Tabela 2.5 -Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies tolerantes. Estado = classe diamétrica, mortalidade (M) e recrutamento (R).**

Classe Diamétrica (2001)	Classe Diamétrica (1998)						
	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65
5-15	0,95						
15-25	0,03	0,94					
25-35		0,05	0,95				
35-45			0,02	0,95			
45-55					1,00		
55-65						0,86	
>65						0,14	1,00
<b>M</b>	0,02	0,02	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00

Probabilidade de árvores permanecerem na mesma classe de DAP.  
 Probabilidade de árvores migrarem para a classe de DAP seguinte.  
 Probabilidade de árvores morrerem.

**Tabela 2.6 -Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies intolerantes. Estado = classe diamétrica, mortalidade (M) e recrutamento (R).**

Classe Diamétrica (2001)	Classe Diamétrica (1998)						
	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65
5-15							
15-25							
25-35							
35-45				1,00			
45-55					1,00		
55-65						0,67	
>65						0,33	1,00
<b>M</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Probabilidade de árvores permanecerem na mesma classe de DAP.  
 Probabilidade de árvores migrarem para a classe de DAP seguinte.  
 Probabilidade de árvores morrerem.

**Tabela 2.7** -Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, no período de 1998 a 2001, das espécies intermediárias. Estado = classe diamétrica, mortalidade (M) e recrutamento (R).

Classe Diamétrica (2001)	Classe Diamétrica (1998)						
	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65
5-15	0,87						
15-25	0,10	0,87					
25-35		0,10	0,80				
35-45			0,16	0,81			
45-55				0,16	0,71		
55-65					0,21	0,83	
>65							0,86
M	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,17	0,14

Probabilidade de árvores permanecerem na mesma classe de DAP.  
 Probabilidade de árvores migrarem para a classe de DAP seguinte.  
 Probabilidade de árvores morrerem.

Nas tabelas 2.8, 2.9 e 2.10 verifica-se as projeções das distribuições diamétricas para o ano de 2004, considerando as probabilidades das matrizes presentes nas tabelas 2.5, 2.6 e 2.7. Por exemplo, de acordo com as probabilidades da matriz para o ano de 2001 para as espécies tolerantes (tabela 2.8), 90% das árvores existentes na classe 5-15 cm não apresentarão crescimento suficiente para passar para a próxima classe. Passarão para a classe de 15-25 cm 6% e 0,15% para a classe 25-35 cm.

**Tabela 2.8** -- Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, para o ano 2004, das espécies tolerantes.

Classes Diamétricas	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65
5-15	0,9017						
15-25	0,0591	0,8758					
25-35	0,0015	0,0905	0,8939				
35-45		0,0009	0,0345	0,9025			
45-55					1,0000		
55-65						0,7347	
>65						0,2653	1,0000

**Tabela 2.9 -Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, para o ano 2004, das espécies intolerantes.**

Classes Diamétricas	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65
5-15							
15-25							
25-35							
35-45				1,00			
45-55					1,00		
55-65						0,44	
>65						0,56	1,00

**Tabela 2.10 -Matriz de probabilidade de transição, por classes de diâmetro, para o ano 2004, das espécies intermediárias.**

Classes Diamétricas	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65
5-15	0,76						
15-25	0,17	0,76					
25-35	0,01	0,16	0,65				
35-45		0,02	0,26	0,66			
45-55			0,03	0,24	0,51		
55-65				0,03	0,33	0,69	
>65							0,73

Nas tabelas 2.11, 2.12 e 2.13 estão presentes o produto final da Matriz de Transição (Cadeia de Markov), que é a projeção da distribuição do número de árvores/ha nas classes diamétricas para os períodos 2004, 2007 e 2010. Sendo que estes dois últimos foram comparados com os dados reais coletados na área do experimento.

**Tabela 2.11 -Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies tolerantes utilizando o método Matriz de Transição.**

Classes diamétricas	2004	2007		2010	
	Projetado	Projetado	Real	Projetado	Real
5-15	460,48	508,00	552,22	550,86	501,11
15-25	116,19	130,07	120,56	145,04	115,56
25-35	37,33	44,59	33,33	52,40	35,00
35-45	11,17	11,47	10,00	12,00	11,67
45-55	11,11	11,11	4,44	11,11	3,33
55-65	2,86	2,10	2,22	1,54	2,78
>65	2,14	2,90	2,78	3,46	2,78
<b>TOTAL</b>	641,28	710,24	725,56	776,40	672,22

**Tabela 2.12 -- Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies intolerantes utilizando o método Matriz de Transição.**

Classes diamétricas	2004	2007		2010	
	Projetado	Projetado	Real	Projetado	Real
5-15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15-25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25-35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
35-45	1,11	1,11	1,11	1,11	0,00
45-55	1,67	1,67	0,56	1,67	0,56
55-65	0,74	0,33	1,67	0,15	0,56
>65	2,59	3,00	2,78	3,19	3,33
<b>TOTAL</b>	6,11	6,11	6,11	6,11	4,44

**Tabela 2.13- Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies intermediárias utilizando o método Matriz de Transição.**

Classes diamétricas	2004	2007		2010	
	Projetado	Projetado	Real	Projetado	Real
5-15	183,05	179,87	195,56	177,45	169,44
15-25	75,13	88,48	65,00	98,10	73,89
25-35	32,97	35,38	35,56	39,09	31,11
35-45	21,62	24,22	20,00	26,78	17,22
45-55	9,08	10,63	12,22	12,11	11,67
55-65	5,49	7,55	4,44	9,58	3,89
>65	2,86	2,10	3,89	1,54	4,44
<b>TOTAL</b>	330,20	348,23	336,67	364,65	311,67

Ao analisar a tabela 2.11, para o grupo das espécies tolerantes, observa-se que as classes 2, 3, 4, 5 e 7 possuem os valores projetados maiores que os valores reais, para os anos 2007 e 2010. Para a classe 6 os valores projetados foram menores para os dois períodos e para a classe 1, no ano de 2007 o valor projetado foi menor que o real e o inverso para 2010.

Para o grupo das espécies intolerantes, observa-se na tabela 2.12 que para a classe 4 o valor projetado e real foi o mesmo para o ano de 2007. Para o ano de 2010 foi maior, pois os indivíduos dessa classe morreram. Os valores das classes 5 e 6 apresentaram o mesmo comportamento para os dois anos, e a classe 7 teve valor estimado maior que o real em 2007 e o inverso em 2010.

Para as intermediárias, as classes 2, 4 e 6 apresentaram os valores projetados maiores que os valores reais, para os anos 2007 e 2010. Para a classe 7 foi o inverso, o valor projetado foi menor que o real para ambos os períodos. A classe 1, 3 e 5 apresentam o mesmo comportamento, com os valores projetados menores que o real para o ano de 2007 e o inverso para o ano de 2010.

### 2.3.2 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA VIA RAZÃO DE MOVIMENTAÇÃO

As prognoses das distribuições diamétricas para os anos 2004, 2007 e 2010 para os grupos das espécies tolerantes, intolerantes e intermediárias estão presentes nas tabelas 2.14, 2.15 e 2.16, respectivamente.

**Tabela 2.14** Prognose da distribuição diamétrica para os anos 2004, 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação com intervalo de 3 anos para as espécies tolerantes. N/ha: número de árvores por hectare; IP: incremento periódico médio por classe de DAP; % árvores movidas: percentagem de árvores não moveram para a classe seguinte (0 classe) ou moveram para a próxima classe (1 classe); árvores movidas: árvores não moveram para a classe seguinte (0 classe) ou moveram para a próxima classe (1 classe); árvores após a movimentação: número de árvores após a movimentação; Recrutamento: número de árvores que recrutaram por hectare; mortalidade: número de árvores que morreram por hectare; prognose para 2004, 2007 e 2010: número de indivíduos por hectare projetados para os anos 2004, 2007 e 2010.

Classes diamétricas	N/ha (2001)	IP	Razão de movimentação	% árvores movidas		árvores movidas		Árvores após movimentação	Recrutamento (N/ha)	Mortalidade (N/ha)	Prognose 2004 (N/ha)	Prognose 2007 (N/ha)	Prognose 2010 (N/ha)
				0 classe	1 classe	0 classe	1 classe						
5-15	480,000	0,198	1,977	98,023	1,977	470,510	9,490	470,510	92,778	7,778	555,510	629,528	702,082
15-25	111,111	0,310	3,100	96,900	3,100	107,667	3,444	117,156	1,111	1,667	116,601	123,413	131,477
25-35	33,889	0,318	3,183	96,817	3,183	32,810	1,079	36,255	0,000	1,111	35,144	36,528	38,080
35-45	11,111	0,304	3,043	96,957	3,043	10,773	0,338	11,852	0,000	0,556	11,296	11,515	11,772
45-55	4,444	0,358	3,581	96,419	3,581	4,285	0,159	4,623	0,000	0,000	4,623	4,802	4,980
55-65	3,333	0,622	6,215	93,785	6,215	3,126	0,207	3,285	0,000	0,000	3,285	3,247	3,217
>65	1,667	0,318	3,183	96,817	3,183	1,614	0,053	1,821	0,000	0,000	1,821	1,967	2,106

**Tabela 2.15 -Prognose da distribuição diamétrica para os anos 2004, 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação com intervalo de 3 anos para as espécies intolerantes. N/ha: número de árvores por hectare; IP: incremento periódico médio por classe de DAP; % árvores movidas: percentagem de árvores não moveram para a classe seguinte (0 classe) ou moveram para a próxima classe (1 classe); árvores movidas: árvores não moveram para a classe seguinte (0 classe) ou moveram para a próxima classe (1 classe); árvores após a movimentação: número de árvores após a movimentação; Recrutamento: número de árvores que recrutaram por hectare; mortalidade: número de árvores que morreram por hectare; prognose para 2004, 2007 e 2010: número de indivíduos por hectare projetados para os anos 2004, 2007 e 2010.**

Classes	N/ha (2001)	IP	Razão de movimentação	% árvores movidas		árvores movidas		Árvores após movimentação	Recrutamento (N/ha)	Mortalidade (N/ha)	Prognose 2004 (N/ha)	Prognose 2007 (N/ha)	Prognose 2010 (N/ha)
				0 classe	1 classe	0 classe	1 classe						
5-15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15-25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25-35	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
35-45	1,111	0,424	4,244	95,756	4,244	1,064	0,047	1,064	0,000	0,000	1,064	1,019	0,976
45-55	1,667	0,566	5,659	94,341	5,659	1,572	0,094	1,620	0,000	0,000	1,620	1,573	1,527
55-65	1,111	1,238	12,379	87,621	12,379	0,974	0,138	1,068	0,000	0,000	1,068	1,027	0,989
>65	2,222	0,707	7,073	92,927	7,073	2,065	0,157	2,203	0,000	0,000	2,203	2,179	2,152



**Tabela 2.16 - Prognose da distribuição diamétrica para os anos 2004, 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação com intervalo de 3 anos para as espécies intermediárias. N/ha: número de árvores por hectare; IP: incremento periódico médio por classe de DAP; % árvores movidas: percentagem de árvores não moveram para a classe seguinte (0 classe) ou moveram para a próxima classe (1 classe); árvores movidas: árvores não moveram para a classe seguinte (0 classe) ou moveram para a próxima classe (1 classe); árvores após a movimentação: número de árvores após a movimentação; Recrutamento: número de árvores que recrutaram por hectare; mortalidade: número de árvores que morreram por hectare; prognose para 2004, 2007 e 2010: número de indivíduos por hectare projetados para os anos 2004, 2007 e 2010.**

Classes	N/ha (2001)	IP	Razão de movimentação	% árvores movidas		árvores movidas		Árvores após movimentação	Recrutamento (N/ha)	Mortalidade (N/ha)	Prognose 2004 (N/ha)	Prognose 2007 (N/ha)	Prognose 2010 (N/ha)
				0 classe	1 classe	0 classe	1 classe						
5-15	203,889	1,015	10,146	89,854	10,146	183,203	20,686	183,203	40,556	5,556	218,203	231,064	242,620
15-25	67,778	1,522	15,222	84,778	15,222	57,460	10,317	78,147	0,000	1,667	76,480	85,310	94,101
25-35	32,778	1,811	18,111	81,889	18,111	26,841	5,936	37,159	0,000	1,111	36,048	40,050	44,671
35-45	20,000	2,100	20,998	79,002	20,998	15,800	4,200	21,737	0,000	0,556	21,181	22,707	24,637
45-55	8,333	2,343	23,433	76,567	23,433	6,381	1,953	10,580	0,000	0,556	10,025	11,568	13,069
55-65	4,444	1,146	11,459	88,541	11,459	3,935	0,509	5,888	0,000	0,556	5,332	6,515	7,923
>65	3,333	4,138	41,380	58,620	41,380	1,954	1,379	2,463	0,000	0,556	1,908	1,174	0,879

Nas tabelas 2.17, 2.18 e 2.19 estão presentes a projeção da distribuição do número de árvores/ha nas classes diamétricas para os períodos 2004, 2007 e 2010. Sendo que estes dois últimos foram comparados com os dados reais coletados na área do experimento.

**Tabela 2.17 -Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies tolerantes utilizando o método Razão de Movimentação.**

Classes diamétricas	2004	2007		2010	
	Projetado	Projetado	Real	Projetado	Real
5-15	555,51	629,53	552,22	702,08	501,11
15-25	116,60	123,41	120,56	131,48	115,56
25-35	35,14	36,53	33,33	38,08	35,00
35-45	11,30	11,52	10,00	11,77	11,67
45-55	4,62	4,80	4,44	4,98	3,33
55-65	3,29	3,25	2,22	3,22	2,78
>65	1,82	1,97	2,78	2,11	2,78

**Tabela 2.18 -Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies intolerantes utilizando o método Razão de Movimentação.**

Classes diamétricas	2004	2007		2010	
	Projetado	Projetado	Real	Projetado	Real
5-15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15-25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25-35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
35-45	1,06	1,02	1,11	0,98	0,00
45-55	1,62	1,57	0,56	1,53	0,56
55-65	1,07	1,03	1,67	0,99	0,56
>65	2,20	2,18	2,78	2,15	3,33

**Tabela 2.19 -Indivíduos/hectare projetados (2004, 2007 e 2010) e reais (2007 e 2010) para as espécies intermediárias utilizando o método Razão de Movimentação.**

Classes diamétricas	2004		2007		2010	
	Projetado	Real	Projetado	Real	Projetado	Real
5-15	218,20	231,06	195,56	242,62	169,44	
15-25	76,48	85,31	65,00	94,10	73,89	
25-35	36,05	40,05	35,56	44,67	31,11	
35-45	21,18	22,71	20,00	24,64	17,22	
45-55	10,02	11,57	12,22	13,07	11,67	
55-65	5,33	6,51	4,44	7,92	3,89	
>65	1,91	1,17	3,89	0,88	4,44	

Para o grupo das espécies tolerantes, pode-se observar que o número de árvores por hectare projetado foi menor que o real para todas as classes diamétricas, com exceção dos indivíduos acima de 65 cm de DAP, para o ano de 2007 e 2010.

Para as espécies intolerantes, no ano de 2007 observa-se que as classes 35-45, 55-65 e >65 os valores projetados estão abaixo dos valores reais. Para o ano de 2010, as classes 35-45, 45-55 e 55-65 estão acima dos valores reais.

Para as espécies intermediárias, tanto no ano de 2007 como em 2010, as classes 1, 2, 3, 4, 6 e 7 apresentaram o mesmo comportamento, sendo os valores projetados maiores que o real, com exceção da classe 7.

### 2.3.3 AVALIAÇÃO DAS PROJEÇÕES DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PARA OS ANOS 2007 E 2010.

A avaliação foi realizada por meio da comparação das projeções dos anos 2007 e 2010, pois estas medições possuem os valores reais inventariados. De acordo com a tabela 2.20, verifica-se que para as espécies tolerantes, o método Matriz de Transição apresentou os valores prognosticados mais próximos dos valores, tanto para o ano de 2007 e 2010. Para as espécies intolerantes, o método matriz de Transição apresentou o valor prognosticado igual ao valor real no ano de 2007 e o método razão de movimentação apresentou menor diferença entre o real e estimado em 2010. Para as espécies intermediárias, o método Matriz de Transição, para os anos 2007 e 2010, apresentou os

valores prognosticados mais próximos dos valores reais, em comparação com o método Razão de Movimentação.

**Tabela 2.20** -Tabela resumo dos Indivíduos/hectare projetados e reais para os anos 2007 e 2010 utilizando os métodos Matriz de Transição e Razão de Movimentação para os grupos de espécies Tolerantes, Intolerantes e Intermediárias.

GRUPOS ECOLÓGICOS	MÉTODO DE PROGNOSE	ANO			
		2007		2010	
		Projetado	Real	Projetado	Real
Tolerante	Matriz de Transição	710,24	725,56	776,40	672,22
	Razão de Movimentação	811,00		893,72	
Intolerante	Matriz de Transição	6,11	6,11	6,11	4,44
	Razão de Movimentação	5,80		5,64	
Intermediária	Matriz de Transição	348,23	336,67	364,65	311,67
	Razão de Movimentação	398,39		427,90	

O resultado do teste estatístico Kolmogorov-Smirnov (K-S) demonstrou que as projeções realizadas pelos dois métodos não apresentaram diferença significativa entre os valores reais e projetados para os anos 2007 e 2010 (tabela 2.21). Dessa forma, a distribuição diamétrica prognosticada pelos dois métodos é similar a distribuição real para os anos 2007 e 2010 ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 2.21** -Teste de Aderência Kolmogorov-Smirnov (K-S) para as projeções realizadas para os anos 2007 e 2010, pelo método Matriz de Transição e Razão de Movimentação, para espécies divididas em três grupos ecológicos. Em que: \*\* Não significativo a 95%; DCAL: valores calculados para a distribuição diamétrica; DTAB: valores críticos para a tabela K-S.

GRUPO ECOLÓGICO	ANO	MATRIZ DE TRANSIÇÃO		RAZÃO DE MOVIMENTAÇÃO	
		DCAL	DTAB (5%)	DCAL	DTAB (5%)
Tolerante	2007	0,046**	0,050	0,015**	0,050
	2010	0,036**	0,052	0,040**	0,052
Intolerante	2007	0,182**	0,519	0,174**	0,519
	2010	0,330**	0,624	0,369**	0,624
Intermediária	2007	0,064**	0,074	0,020**	0,074
	2010	0,057**	0,076	0,023**	0,076

No presente estudo tanto o método de matriz quanto o método de razão de movimento foram capazes de estimar valores próximos aos reais sem diferença estatística para os três grupos ecológicos. Pulz et al. (1999) e Dalla Lana et al. (2015) também não

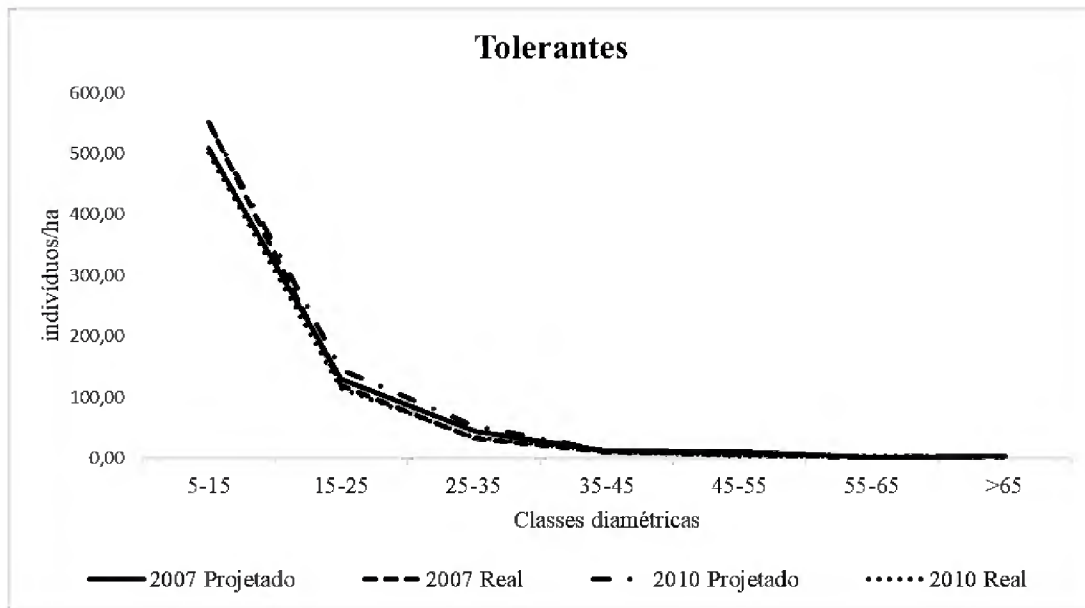
encontraram diferença entre os dois métodos, ou seja, ambos apresentaram mesmo grau de precisão, com valores projetados próximos a estrutura da floresta para o número de total de árvores por hectare. O mesmo padrão foi observado por Stepka et al. (2010) em uma floresta ombrófila mista para a Matriz de Transição.

Foi realizada a análise gráfica das distribuições diamétricas com a comparação dos dados reais e estimados pelos dois métodos para os anos 2007 e 2010 para os três grupos ecológicos (figuras de 2.1 a 2.6).

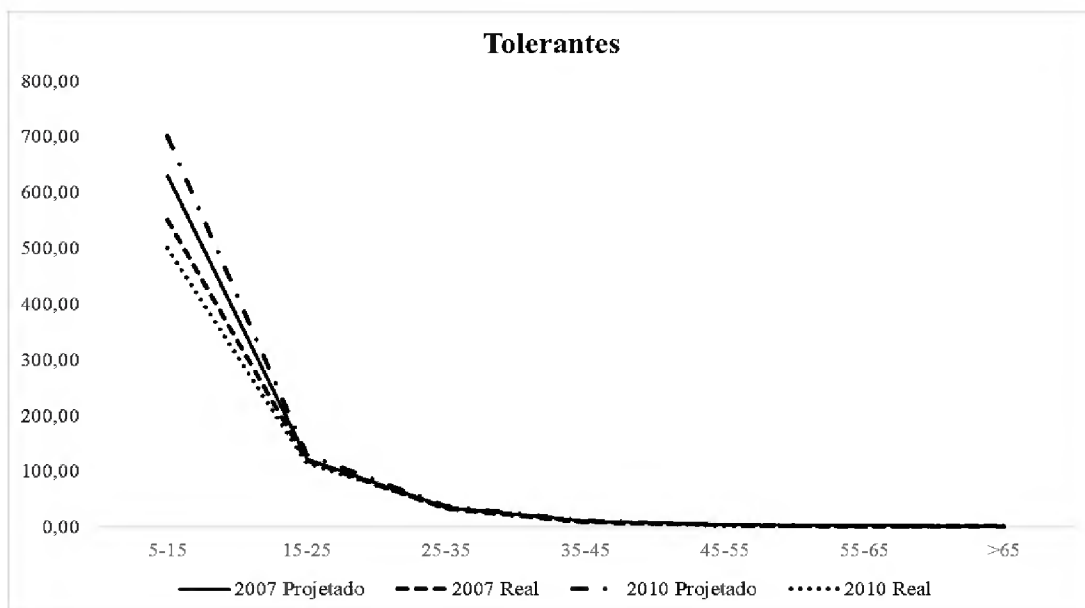
Pode-se verificar alguns padrões quanto ao comportamento dos grupos ecológicos. Para as espécies tolerantes e intermediárias, o padrão J-invertido é evidente para os 2 métodos e com os dados reais e estimados (figura 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4), caracterizando a perpetuidade das populações florestais conforme o avanço sucessional (Machado et al, 2017), por possuir indivíduos jovens em sua população. Para o grupo das intermediárias, a falta da descontinuidade se dá pela soma dos indivíduos de todas as espécies nesse grupo, por classe diamétrica. Oliver e Larson (1996) afirmaram que, muitas vezes, uma combinação de espécies ou grupos de espécies mostra uma distribuição diamétrica na forma de um J-invertido, mesmo quando, individualmente, espécies ou grupos de espécies não apresentem essa distribuição.

As espécies intolerantes apresentaram, visualmente, uma diferença entre os valores observados e estimados entre os indivíduos/ha distribuídos nas classes de diâmetro. Mesmo assim, o teste K-S não apresentou diferença significativa para os dois métodos utilizados nas prognoses. Ressalta-se que esse grupo ecológico apresenta uma diferença em relação aos demais, visto que, durante as 16 medições (12 anos) não houve recrutamento e mortalidade de indivíduos do grupo dessas espécies, indicando a estabilidade dos indivíduos dessas espécies. Whitmore (1990) afirma que espécies que não toleram sombra apresentam baixa taxa de mortalidade.

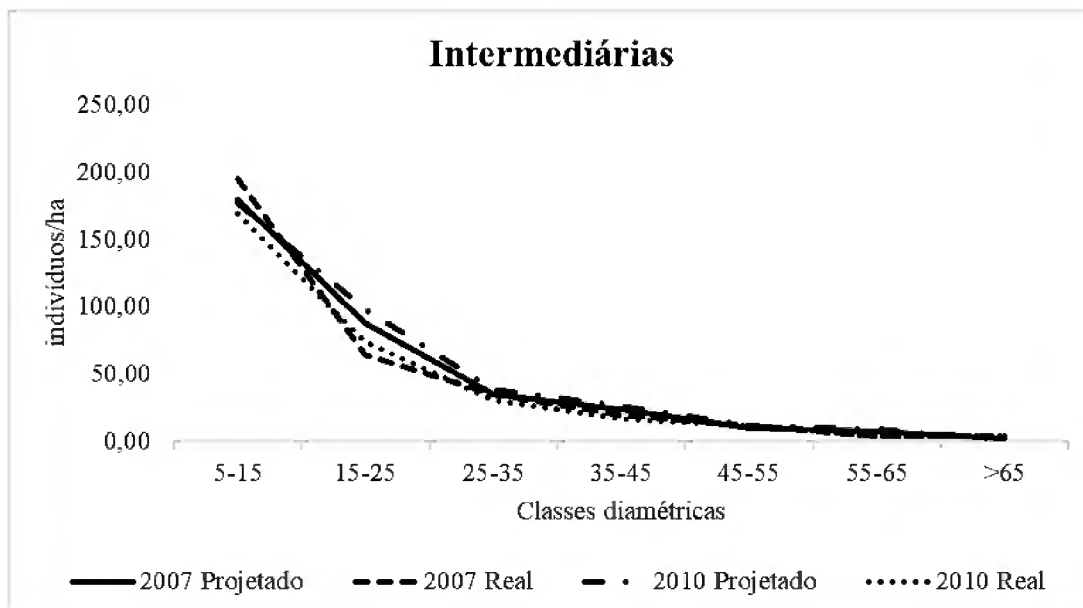
Ressalta-se as limitações destes dois métodos, pois as projeções dependem somente do estado que a floresta apresenta durante o inventário que originou os dados empregados nos modelos (EBLING et al, 2014) Para a Matriz de Transição este estado constante para as projeções futuras é definido como propriedade Markoviana (SCOLFARO et al, 1998).



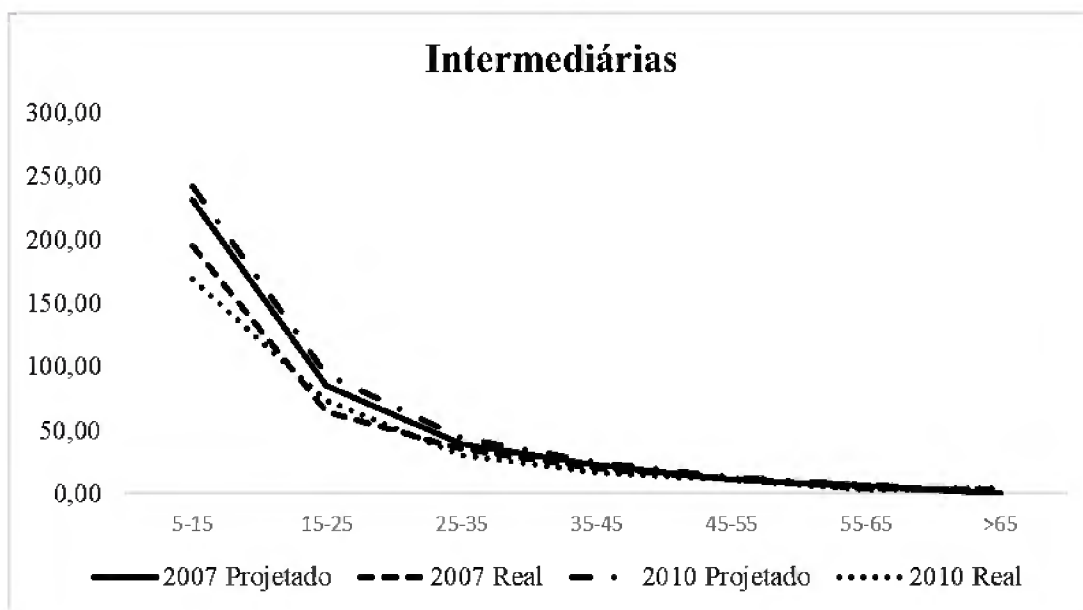
**Figura 2.1** -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Matriz de Transição para o grupo de espécies tolerantes em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA.



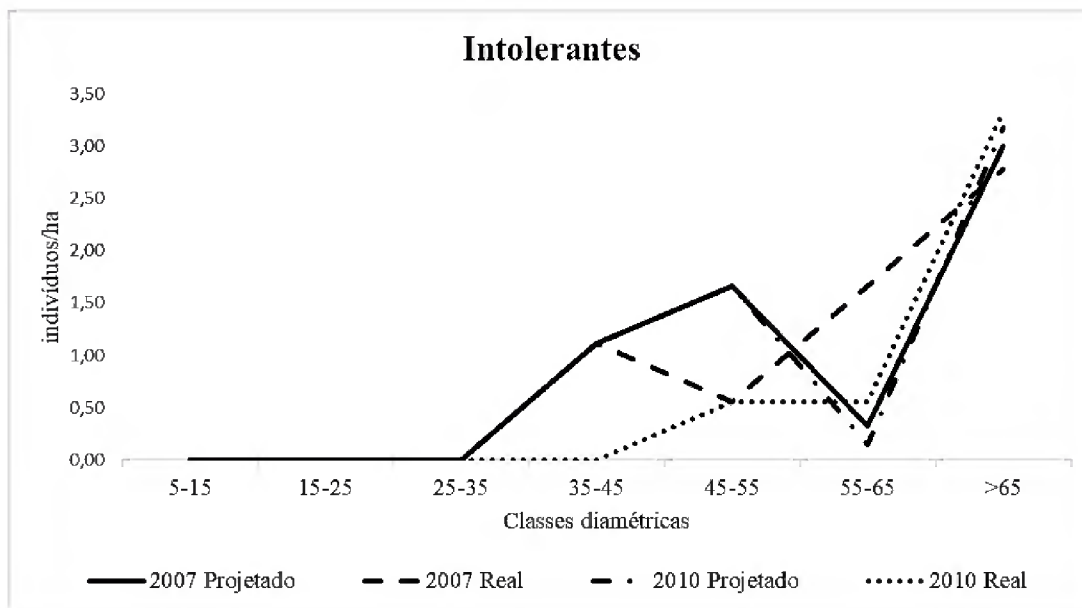
**Figura 2.2** -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação para o grupo de espécies tolerantes em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA.



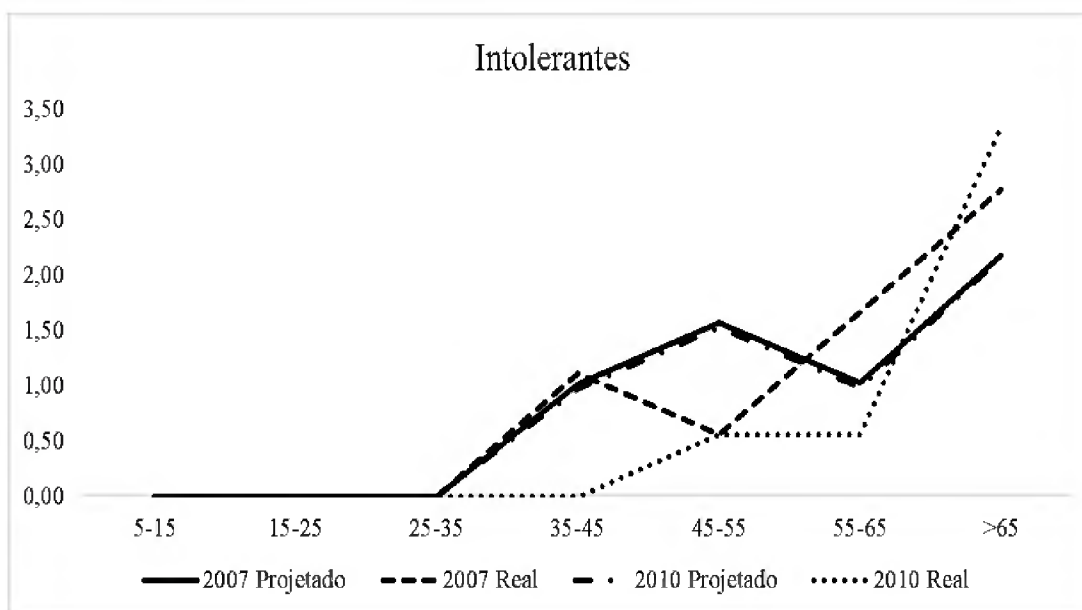
**Figura 2.3** -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Matriz de Transição para o grupo de espécies intermediárias em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA.



**Figura 2.4** -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação para o grupo de espécies intermediárias em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA.



**Figura 46-Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Matriz de Transição para o grupo de espécies intolerantes em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA.**



**Figura 2.5 -Distribuição diamétrica real e prognosticada para os anos 2007 e 2010 utilizando o método Razão de Movimentação para o grupo de espécies intolerantes em uma floresta tropical de Terra Firme, Moju-PA.**

## 2.4 CONCLUSÃO

Considerando a hipótese proposta e testada no presente capítulo, em que “um modelo com dados estimados se aproximem ao máximo dos valores reais será o mais indicado para prognose em uma Floresta Tropical de Terra Firme”, afirma-se que os



modelos Matrizes de Transição e Razão de Movimentação apresentaram resultados satisfatórios, não apresentando diferença significativa entre os dados reais e prognosticados.

Ao analisar o resultado do teste K-S, a análise gráfica e a diferença do número de indivíduos/ha real e estimado, recomenda-se o método Matriz de Transição para a prognose da distribuição diamétrica para os indivíduos que pertencem no grupo das espécies tolerantes e intermediárias. Para as espécies intolerantes, há diferença no número de indivíduos/ha real e estimado para os anos 2007 e 2010 e, por isso, recomenda-se utilizar os dois métodos (Matriz de Transição e Razão de Movimentação).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APG III (2009). An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 105- 121.

AUSTREGÉSILO, S.L.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J.A.A.; SOUZA, A.L.; MEUNIER, I.M.J.; SANTOS, E.S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.227-232, 2004.

AZEVEDO, C.P.; SOUZA, A.L.; JESUS, R.M. Um modelo de matriz de transição para prognose do crescimento de um povoamento natural remanescente não manejado de mata atlântica. **Revista árvore**, v. 19, n. 2, p. 171-186. 1995.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 5, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável-PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 mar. 2006. CUNHA, U. S. da; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SANQUETTA, C. R. Predição da estrutura diamétrica de espécies comerciais de terra firme da Amazônia por meio de matriz de transição. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 109-122, 2002

DALLA LANA, M.; NETTO PÉLLICO, S.; CORTE, A.P.D.; SANQUETTA, C.R.; EBLING, A.A. Prognose da estrutura diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 71-78. 2015.

EBLING, A. A.; PELISSARI, A. L.; ABRÃO, S. F.; BAMBERG, R. Prognose da estrutura diamétrica de remanescente de floresta com Araucária utilizando a função densidade de probabilidade Weibull. **Revista Agroambiente**, v. 8, n.1, p. 112-118, 2014.

MACHADO, S.; CYSNEIROS, V.; NASCIMENTO, R. G.; MARTINS, A.; SCHMIDT, L. Projeção da Estrutura diamétrica de grupos ecológicos em uma floresta ombrófila mista. **Floresta e Ambiente**, 2017, v. 24.

MENON, M.U; FIGUEIREDO FILHO, A.; WATZLAWICK, L. F. Matriz de transição para predição de distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati (PR). **Ambiência**, v.6, n.2, p.271-280, 2010.

MOBOT, Missouri Botanical Garden (2010). Trópicos Search. Disponível em: <http://www.tropicos.org/Home.aspx>

NASCIMENTO, R.G.M.; MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; HIGUCHI, N. A growth and yield projection system for a tropical rainforest in the Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 327, p. 201–208, 2014.

NEEFF, T.; SANTOS, J. R. A growth model for secondary forest in Central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 216, n. 1-3, p. 270-282, 2005.

OLIVER, C.D.; LARSON, B.C. Forest stand dynamics. Update edition. New York: John Wiley & Sons, 1996.

PULZ, F.A.; SCOLFORO, J.R.; OLIVEIRA, A.D.; MELLO, J.M.; OLIVEIRA FILHO, A.T. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiana com a matriz de transição. **Cerne**, v.5, n.1, p. 1-14. 1999.

SANQUETTA, C.R.; BRENA, D.A.; ANGELO, H.; MENDES, J.B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p.65-78. 1996.

SANQUETTA, C. R.; ANGELO, H.; BRENA, D.A.; MENDES J. B. Predição da distribuição diamétrica, mortalidade e recrutamento de floresta natural com matriz Markoviana de potência. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 24, n. 1/2, p. 23-26, 1995.

SCOLFORO, J.R. et al. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e análise estrutural. In: SCOLFORO, J.R. Manejo florestal. Lavras:FAEPE, 1998. Cap. 5, p.189-246.

SILVA, S. M. A. S.; SILVA, J. N. M.; BAIMA, A. M. V.; LOBATO, N. M.; THOMPSON, I. S.; COSTA FILHO, P. P. Impacto da exploração madeireira em floresta de terra firme no município de Moju, estado do Pará. In: SILVA, J. N. M; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. (Eds.). *A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental - DFID, 2001. p. 227-251. SOUZA, A.L.; SOARES, C.P.B. **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa-MG: UFV, 2013. 322p.

STEPKA, T.F.; DIAS, A.N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S.A.; SAWCZUK, A.R. Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os métodos razão de movimentos e matriz de transição. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 327-335. 2010.

VANCLAY, J.K. Growth models for tropical forests: a synthesis of models and methods.

**Forest Science**, v.41, n. 1, p. 7-42. 1995.

VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. CAB International, Department of Economics and Natural Resource, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, Wallingford, UK, 1994. 312 p.

WHITMORE, T. C.; 1990. **An introduction to tropical rain forests**. Blackwell, London.

### ARTIGO 3

## PREDIÇÃO DO CICLO DE CORTE DE ESPÉCIES ARBÓREAS COMERCIAIS POR GRUPOS ECOLÓGICOS EM UMA FLORESTA TROPICAL DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

### Resumo

O trabalho teve como objetivo realizar a prognose da distribuição diamétrica da floresta utilizando o modelo Matriz de Transição para as espécies classificadas como tolerantes, intolerantes e intermediárias e definir o ciclo de corte por grupos ecológicos, a fim de verificar se o tempo definido na legislação ambiental brasileira é compatível com a recuperação e crescimento das espécies arbóreas. A área da pesquisa localiza-se em Moju, Pará-Brasil. Selecionou-se 9 clareiras, em torno das quais instalou-se 4 parcelas amostrais de 500 m<sup>2</sup>. Foram medidos todos os indivíduos com DAP  $\geq$  5 cm. Para a prognose, utilizou-se os dados reais dos anos 2007 e 2010 e fez-se as projeções para períodos de 3 anos (2013 a 2028). Com os dados prognosticados fez-se a estimativa do volume até 31 anos após exploração florestal. Constatou-se que para as espécies tolerantes e intolerantes o ciclo de corte ideal é de 16 anos e para as intermediárias é de 22 anos.

**Palavras-chave:** exploração florestal, manejo florestal, matriz de transição, distribuição diamétrica.

### Abstract

This research aimed to prognose the diameter distribution of the forest using the Transition Matrix model for species classified as tolerant, intolerant and intermediate and to define the cutting cycle by ecological groups, in order to verify if the time defined in the Brazilian environmental legislation is compatible with the recovery and growth of tree species. The research area is located in Moju, Pará-Brazil. Nine clearings were selected, around which 4 sample plots of 500 m<sup>2</sup> were installed. All individuals with DBH  $\geq$  5 cm were measured. For the prognosis, real data of the years 2007 and 2010 were used and the projections were made for a 3-year period (2013 to 2028). With predicted data, the volume estimation was performed up to 31 years after the lumbering. It was found that for the tolerant and intolerant species the ideal cutting cycle is 16 years and for the intermediate ones, 22 years.

**Keywords:** lumbering, forest management, transition matrix, diametric distribution.

## 1. INTRODUÇÃO

A Instrução Normativa n° 05 de 2006 do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006) define um ciclo de corte inicial de no mínimo 25 anos e de no máximo 35 anos para plano de Manejo Florestal Sustentável que prevê a utilização de máquinas para o arraste de toras. Ainda estabelece que a intensidade máxima de corte a serem autorizadas é de 30m<sup>3</sup>/ha, com ciclo de corte de 35 anos. Em seu artigo 9º, afirma-se que somente poderá ser requerida a redução do ciclo de corte quando comprovada a recuperação da floresta.

De acordo com Souza et al. (2004), a complexidade dos ecossistemas de florestas tropicais dificulta a avaliação do crescimento e da produção, no entanto é primordial a fixação de um ciclo de corte capaz de permitir o crescimento das espécies de valor comercial, pois este ciclo irá atuar como instrumento regulador da quantidade de madeira removida, controlando o nível de estoque de crescimento. Segundo Teixeira et al. (2007), o entendimento do comportamento das taxas de crescimento, recrutamento e mortalidade, são importantes para definir quanto tempo uma espécie, ou um grupo de espécies demora para atingir uma determinada dimensão, definindo assim o ciclo de corte.

Silva et al. (2002) afirmaram que a disponibilidade de informações sobre o padrão de crescimento das árvores individuais é um trunfo que permite a seleção de espécies para a exploração ou proteção, bem como a estimativa de ciclos de corte e prescrição de tratamentos silviculturais.

A modelagem do crescimento e da produção visa contribuir com as atividades do manejo, uma vez que tem o poder de prever o momento em que a floresta recupera seu estoque após a exploração florestal. Segundo Nascimento et al. (2014) a tomada de decisão na gestão das florestas exige previsões precisas de crescimento e produção em diferentes cenários capazes de fornecer várias possibilidades para a exploração madeireira.

A prognose é aplicada com a finalidade de prever a estrutura e a produção da floresta; avaliar a sustentabilidade ambiental e econômica do manejo florestal; definir a necessidade, época e intensidade de aplicação de tratamentos silviculturais; avaliar efeitos e alternativas de manejo da floresta; prever o ciclo de corte e fazer estudos de cenários (SOUZA; SOARES, 2013).

Neste capítulo pretende-se responder a seguinte questão: o ciclo de corte definido na legislação ambiental é compatível com a recuperação e crescimento das espécies arbóreas? Para responder esta pergunta será testada a seguinte hipótese: espécies intolerantes a sombra e intermediárias recuperam o estoque explorado dentro do ciclo de corte estabelecido em lei e espécies tolerantes a sombra não recuperam. Deste modo o estudo tem por objetivo realizar a prognose da distribuição diamétrica futura da floresta com o modelo de maior acuracidade e definir o ciclo de corte por grupos ecológicos e de toda a floresta explorada.

## **3.2. METODOLOGIA**

### **3.2.1. ÁREA DE ESTUDO**

Dentro da Estação Experimental da Embrapa, foi selecionada uma área de 200 ha, a qual sofreu exploração florestal seletiva em 1997, através de uma parceria entre a Embrapa e a empresa madeireira Perachi. Antes da colheita foi realizado o corte de todos os cipós com diâmetro  $\geq 2$  cm nos 200 ha. Foram colhidas, em média, 3,3 árvores  $\text{ha}^{-1}$  com diâmetro mínimo de corte (DMC) de 65 cm, de 24 espécies comerciais, correspondendo a um volume de  $23 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , que representou 69% do volume planejado de  $33,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Silva et al., 2001; Lopes et al., 2001; Reis et al., 2017) (Tabela 3.1).

**Tabela 3.1** -Espécies planejadas para colheita em 1997 de 200 ha de uma Floresta Tropical de Terra Firme, no município de Moju, estado do Pará N: número de árvores planejadas para colheita; N/ha: número de árvores por hectare planejadas para colheita; m<sup>3</sup>/ha: volume planejado para colheita por espécie; \* espécies que não estão presentes nas parcelas amostrais.

Nome vulgar	Nome Científico	N	N/ha	m <sup>3</sup> /ha
Caju-açu	<i>Anacardium giganteum</i> W. Hancock ex Engl.	30	0,15	1,10
Mururé	<i>Brosimum acutifolium</i> subsp. <i>Obovatum</i> (Ducke)	33	0,165	1,08
Piquiarana	<i>Caryocar glabrum</i> Pers.	22	0,11	1,10
Piquiá*	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.*	10	0,05	0,42
Tauari*	<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & R. Knuth*	42	0,21	1,83
fava-mapuxiqui*	<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.*	19	0,095	0,59
angelim-pedra*	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke*	16	0,08	1,12
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl	73	0,365	3,13
Angelim-vermelho*	<i>Hymenaea</i> sp*	6	0,03	0,38
Jutaí-açu / Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	15	0,075	0,69
Angelim-da-mata	<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	6	0,03	0,23
Maparajuba*	<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.*	10	0,05	0,34
	<i>Manilkara paraensis</i> (Huber) Standl.			
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.	155	0,775	5,81
louro-vermelho	<i>Ocotea rubra</i> Mez	21	0,105	0,86
fava-barriguda	<i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke	47	0,235	1,82
fava-bolota*	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.*	15	0,075	0,73
angelim-rajado	<i>Zigia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W. Grimes	7	0,035	0,34
saboeiro	<i>Abarema jupumba</i> (Willd.) Britton & Killip	14	0,07	0,42
faveira fl. Fina*	<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> (Miq.) J.W. Grimes*	106	0,53	3,62
mandioqueira-aspera	<i>Qualea albiflora</i> Warm.	16	0,08	0,77
axixá	<i>Sterculia excelsa</i> Mart	27	0,135	0,77
tanimbuca	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	34	0,17	1,29
breu-sucuruba	<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.	12	0,06	0,57
acapu	<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.	139	0,695	4,54
<b>TOTAL</b>		<b>875</b>	<b>4,375</b>	<b>33,47</b>

Fonte: Edital de licitação Nº 00/96 – Embrapa Amazônia Oriental e Autorização para exploração de Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) – Nº 45/96 – IBAMA, citado por Reis et al (2017).

Nessa área foram selecionadas nove clareiras provenientes da exploração, em torno das quais foi realizada a marcação das parcelas amostrais do projeto “Avaliação da dinâmica florestal após exploração madeireira seletiva”. Em cada uma das nove clareiras selecionadas foram instaladas faixas de 500m<sup>2</sup>, começando na bordadura da clareira para dentro da floresta, nas direções norte, sul, leste e oeste, portanto, quatro faixas por clareira. Dentro dessas parcelas foram inventariadas árvores com DAP  $\geq$  5 cm, consideradas da população adulta.

Os espécimes levantados foram identificados por nomes vulgares e tiveram material vegetativo coletado para a determinação dos nomes científicos a partir da

comparação nos Herbários IAN da Embrapa Amazônia Oriental e do Museu Emílio Goeldi. O sistema de classificação botânica utilizado foi o de “Angiosperm Phylogeny Group” (APG III, 2009) e a nomenclatura botânica conferida com o banco de dados eletrônico disponibilizado pelo Programa REFLORA (2017).

Foram feitas 16 medições entre os anos 1998 e 2010. Para o estudo foram utilizadas as medições de 2007 e 2010.

### 3.2.2 COLETA DE DADOS

Dentro da Estação Experimental da Embrapa, foi selecionada uma área de 200 ha, a qual sofreu exploração florestal seletiva em 1997, através de uma parceria entre a Embrapa e a empresa madeireira Perachi. Antes da colheita foi realizado o corte de todos os cipós com diâmetro  $\geq 2$  cm nos 200 ha. Foram colhidas, em média, 3,3 árvores ha<sup>-1</sup> com diâmetro mínimo de corte (DMC) de 65 cm, de 25 espécies comerciais, correspondendo a um volume de 23 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, que representou 69% do volume planejado de 33,5 m<sup>3</sup>/ha (REIS et al, 2017) (tabela 3.1).

Nessa área foram selecionadas nove clareiras provenientes da exploração, em torno das quais foi realizada a marcação das parcelas amostrais do projeto “Avaliação da dinâmica florestal após exploração madeireira seletiva”. Em cada uma das nove clareiras selecionadas foram instaladas faixas de 10m x 50m, começando na bordadura da clareira para dentro da floresta, nas direções norte, sul, leste e oeste, portanto, quatro faixas por clareira. Dentro dessas parcelas foram inventariadas árvores com DAP  $\geq 5$  cm, consideradas da população adulta.

No início do estudo, os espécimes desconhecidos foram identificados por nomes vulgares e tiveram material vegetativo coletado para a determinação a partir da comparação nos Herbários IAN da Embrapa Amazônia Oriental e do Museu Emílio Goeldi. O sistema de classificação botânica utilizado foi o de “Angiosperm Phylogeny Group” (APG III, 2009) e a nomenclatura botânica conferida com o banco de dados eletrônico disponibilizado pelo Missouri Botanical Garden (Mobot, 2016).

A partir da primeira medição, a cada três meses e sempre logo após o final de cada estação do ano, foram feitas medições, as quais começaram em junho de 1998 e



terminaram em junho de 2001. Em 2007 foram feitas mais duas medições e em 2010 foi feita a última medição, totalizando 16 medições.

### 3.2.3 ANÁLISE DE DADOS

Para avaliar se a floresta explorada recuperou o seu volume de madeira e verificar se o ciclo de corte estabelecido na legislação ambiental brasileira é compatível com a recuperação e crescimento das espécies arbóreas, fez-se a prognose da distribuição diamétrica das espécies exploradas, partindo dos anos 2007-2010 e projetando para os anos 2013, 2016, 2019, 2022, 2025 e 2028, até 31 anos após a exploração, utilizando o modelo de maior precisão selecionado no capítulo anterior:

- Matriz de Transição para as espécies tolerantes e intermediárias
- Matriz de Transição e Razão de Movimentação para as espécies intolerantes

A distribuição diamétrica das espécies arbóreas foi analisada a partir do DAP  $\geq 5$  cm em intervalos com amplitude de 10 cm de diâmetro, conforme Instrução Normativa brasileira nº 05 de 2006 do Ministério do Meio Ambiente.

As espécies seguiram a classificação de acordo com a análise da distribuição diamétrica. Como as espécies *Abarema jupumba*, *Trattinnickia rhoifolia*, *Hymenolobium excelsum*, *Ocotea rubra* e *Terminalia amazonia* se concentraram em apenas 1 ou 2 classes diamétricas, não foi possível avaliar as suas estruturas, por isso a classificação foi feita baseada na literatura (WHITMORE, 1989; CARVALHO, 1992; AMARAL et al. 2009).

Foi realizada a prognose de 17 espécies comerciais exploradas em 1997 (Tabela 1). Os indivíduos de *Caryocar villosum* (piquiá), *Couratari oblongifolia* (tauari), *Dimorphandra gardneriana* (fava-mapuxiqui), *Dinizia excelsa* (angelim-pedra), *Hymenaea* sp (angelim-vermelho), *Manilkara bidentata* (maparajuba), *Parkia pendula* (fava-bolota) e *Pseudopiptadenia suaveolens* (faveira-folha-fina) não estavam nas parcelas amostrais da população adulta, portanto, não há dados para análise. A ausência dessas árvores não afetou o estudo, pois sem essas espécies o volume planejado é de 24,86 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, maior que o volume real extraído (23 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>). Com isso, para análise dos resultados da pesquisa, considera-se o volume explorado igual a 24,86 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Após estimar o número de indivíduos por hectare pelo modelo matriz de transição, foi calculado o volume de madeira pela equação de simples entrada, específica para a área de estudo, proposta por Baima et al. (2001) para árvores em pé com  $DAP \geq 20$  cm ( $R^2 = 0,9391$ ; índice de Furnival = 0,9093; e  $CV = 21,8\%$ ) (Equação 5).

$$\ln V = -7,49337 + 2,086952 \ln D \quad (5)$$

Sendo:

V: Volume comercial com casca;

D: Diâmetro a altura do Peito (DAP) de cada árvore;

Ln: logaritmo natural.

Com isso, foi definido o ciclo de corte ideal para o grupo de espécies exploradas, considerando que, de acordo com a legislação ambiental, o ciclo definido é de 27 anos (2024), para essa área (Equação 6).

$$CC: VE \div 0,86 \quad (6)$$

Em que:

CC: Ciclo de corte;

VE: volume explorado em 1997 ( $23 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ );

$0,86 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ : produtividade anual da floresta manejada para o grupo de espécies comerciais, quando não houver estudos para a área, para PMFS com uso de máquinas para arraste de toras (Brasil, 2006).

### **3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.3.1 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA**

Das 17 espécies comerciais exploradas presentes na área amostral, 5 foram classificadas com tolerantes, 5 intolerantes e 7 intermediárias, conforme tabela 3.2.

**Tabela 3.2 -Espécies comerciais remanescentes presentes na área amostral do projeto “Avaliação da dinâmica florestal após exploração madeireira seletiva”, em uma Floresta Tropical de Terra Firme, Moju-Pará, divididas em grupos ecológicos.**

<b>Grupo Ecológico</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nome científico</b>
<b>Tolerantes</b>	Breu sucuruba	<i>Trattinnickia rhoifolia</i>
	Louro vermelho	<i>Ocotea rubra</i>
	Caju-açú	<i>Anacardium giganteum</i>
	Maparajuba	<i>Manilkara paraenses</i>
	Angelim rajado	<i>Zigia racemosa</i>
<b>Intolerantes</b>	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>
	Mandioqueira escamosa	<i>Qualea albiflora</i>
	Saboeiro	<i>Abarema jupumba</i>
	Tanimbuca	<i>Terminalia amazonia</i>
	Angelim da mata	<i>Hymenolobium excelsum</i>
<b>Intermediárias</b>	Mururé	<i>Brosimum acutifolium subsp. Obovatum</i>
	Piquiarana	<i>Caryocar glabrum</i>
	Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>
	Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i>
	Fava atanã	<i>Parkia gigantocarpa</i>
	Axixá	<i>Sterculia excelsa</i>
	Acapu	<i>Vouacapoua americana</i>

Fez-se a prognose da distribuição diamétrica por grupos ecológicos partindo do ano de 2007 até 2028. Os períodos de projeção não devem ser longos, pois ocorrem mudanças na estrutura do povoamento, o que levaria a resultados inconsistentes (DAVIS, 1966; DAVIS e JOHNSON, 1987; AVERY e BURKHART, 1994; SCOLFORO, 1997). De acordo com Vanclay (1994), o emprego dos modelos de projeção gera estimativas compatíveis para o período de 5 a 25 anos em estudos de florestas tropicais.

As matrizes de probabilidade de transição elaborada do período 2007-2010 para as espécies tolerantes, intolerantes e intermediárias podem ser observadas na tabela 3.3, 3.4 e 3.5, respectivamente.

**Tabela 3.3 -Matriz de probabilidade de transição com intervalo de 3 anos para as espécies tolerantes.**

Classe Diamétrica (2010)	Classe Diamétrica (2007)						
	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65
5-15	0,71						
15-25	0,10	1,00					
25-35		0,00	0,56				
35-45			0,44	1,00			
45-55				0,00	1,00		
55-65					0,00	0,25	
>65						0,00	1,00

Probabilidade de árvores permanecerem na mesma classe de DAP.  
 Probabilidade de árvores migrarem para a classe de DAP seguinte.

**Tabela 3.4 -Matriz de probabilidade de transição com intervalo de 3 anos para as espécies intolerantes.**

Classe Diamétrica (2010)	Classe Diamétrica (2007)						
	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65
5-15	0,56						
15-25	0,19	0,00					
25-35		0,00	1,00				
35-45			0,00	1,00			
45-55				0,00	1,00		
55-65					0,00	1,00	
>65						0,00	1,00

Probabilidade de árvores permanecerem na mesma classe de DAP.  
 Probabilidade de árvores migrarem para a classe de DAP seguinte.

**Tabela 3.5 -Matriz de probabilidade de transição com intervalo de 3 anos para as espécies intermediárias.**

Classe Diamétrica (2010)	Classe Diamétrica (2007)						
	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65
5-15	0,60						
15-25	0,024	0,51					
25-35		0,00	0,83				
35-45			0,16	0,69			
45-55				0,00	1,00		
55-65					0,00	0,25	
>65						0,75	1,00

Probabilidade de árvores permanecerem na mesma classe de DAP.  
 Probabilidade de árvores migrarem para a classe de DAP seguinte.

Pode-se verificar a ausência de indivíduos na classe 15-25 para intolerantes (Tabela 4). De acordo com Scolforo et al (1998), isso significa probabilidade zero de transição diamétrica, ocorrendo o estado absorvente. Isso não aponta que a floresta não esteja em seu processo dinâmico. Segundo Lisboa (2014), mesmo neste estado, a mortalidade e o recrutamento continuam a ocorrer sem que, no entanto, a floresta sofra mudanças drásticas em sua estrutura. Esse fato também foi relatado por Stepka et al. (2010).

Observou-se que, para os três grupos ecológicos, a maioria das árvores retrataram maior probabilidade de permanecerem na mesma classe diamétrica. Pode-se afirmar que a amplitude temporal utilizada, de apenas 3 anos, pode ter inferido nesse resultado, pois é pouco tempo para um expressivo crescimento em diâmetro para mudar de classe.

Costa (2000) avaliou o crescimento de um povoamento na Flona do Tapajós e observou que, em 16 anos, o crescimento médio em diâmetro foi de 0,30 cm/ano para todas as espécies e 0,35 cm/ano para espécies comerciais com  $DAP \geq 5$  cm. Nessa mesma área, em um período de 8 anos após a exploração, Carvalho, Silva e Lopes (2004) verificaram um crescimento de 0,37 cm/ano para as árvores localizadas nas parcelas permanentes em que foram explorados indivíduos com  $DAP \geq 45$  cm e 0,36 cm/ano na área em que os indivíduos explorados possuíam  $DAP \geq 55$  cm. Silva (1998), em seu estudo no sudeste paraense, constatou que as árvores que receberam iluminação total

criaram em média 0,55cm/ano, as árvores parcialmente sombreadas cresceram 0,31 cm/ano e aquelas que não receberam iluminação cresceram, apenas, 0,22 cm/ano.

Ressalta-se que o período base para a prognose é de 13 anos após a exploração (2007-2010), portanto, as clareiras maiores, provenientes da exploração, já se encontram fechadas, existindo apenas as naturais, e, com isso, pouca iluminação até o piso florestal, reiterando o lento crescimento e justificando a frequência zero na transição da maioria das classes. SILVA et al (1999) concluíram que o estímulo resultante da abertura do dossel pela extração de árvores é passageiro, visto que nos primeiros anos de observação o crescimento das árvores e o aumento do número de ingresso ocorreram intensamente depois entrou em declínio.

Para realizar a prognose da estrutura diamétrica por meio da matriz de transição, multiplicou-se a matriz de probabilidade obtida (tabela 3.3, 3.4 e 3.5) pelo vetor do número de árvores existentes no ano 2007. A este vetor resultante, foi somado ao número de árvores ingressas em 2010. A estrutura diamétrica foi projetada para os anos 2013, 2016, 2019, 2022, 2025 e 2028 (tabela 3.6).

**Tabela 3.6 -Indivíduos/hectare projetados para os anos 2013, 2016, 2019, 2022, 2025 e 2028, por classe diamétrica, para os grupos ecológicos tolerante, intolerante intermediária. N/ha: número de indivíduos por hectare.**

<b>Grupo ecológico</b>	<b>Classe Diamétrica</b>	<b>Prognose 2013 (N/ha)</b>	<b>Prognose 2016 (N/ha)</b>	<b>Prognose 2019 (N/ha)</b>	<b>Prognose 2022 (N/ha)</b>	<b>Prognose 2025 (N/ha)</b>	<b>Prognose 2028 (N/ha)</b>
<b>Tolerante</b>	5-15	8,0409	6,2577	4,9932	4,0964	3,4605	3,0095
	15-25	2,6901	3,4697	4,0764	4,5605	4,9576	5,2931
	25-35	1,2500	0,7031	0,3955	0,2225	0,1251	0,0704
	35-45	2,6389	3,1858	3,4934	3,6664	3,7637	3,8185
	45-55	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556
	55-65	0,2778	0,0694	0,0174	0,0043	0,0011	0,0003
	>65	1,6667	1,6667	1,6667	1,6667	1,6667	1,6667
<b>Intolerante</b>	5-15	1,8056	1,5712	1,4393	1,3652	1,3235	1,3000
	15-25	0,4167	0,3385	0,2946	0,2699	0,2560	0,2482
	25-35	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556
	35-45	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556
	45-55	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556
	55-65	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556	0,5556
	>65	1,6667	1,6667	1,6667	1,6667	1,6667	1,6667
<b>Intermediária</b>	5-15	21,7563	14,1513	9,5931	6,8610	5,2234	4,2419
	15-25	4,7952	2,9688	1,8545	1,1765	0,7649	0,5157
	25-35	5,0505	4,1740	3,4496	2,8509	2,3561	1,9472
	35-45	3,2828	3,0798	2,7999	2,4908	2,1813	1,8880
	45-55	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
	55-65	0,8333	0,2083	0,0521	0,0130	0,0033	0,0008
	>65	4,7222	5,3472	5,5035	5,5425	5,5523	5,5547

Para o grupo de espécies intolerantes, também foi utilizado o modelo razão de movimentação, presente na tabela 3.7.

**Tabela 3.7 -Prognose da distribuição diamétrica para os anos 2013, 2016, 2019, 2022, 2025 e 2028 utilizando o método Razão de Movimentação com intervalo de 3 anos para as espécies intolerantes. N/ha: número de árvores por hectare; IP: incremento periódico médio por classe de DAP; RM: Razão de Movimentação; % árvores movidas: percentagem de árvores não moveram para a classe seguinte (0 classe) ou moveram para a próxima classe (1 classe); árvores movidas: árvores não moveram para a classe seguinte (0 classe) ou moveram para a próxima classe (1 classe); árvores após a movimentação: número de árvores após a movimentação; R: número de árvores que recrutaram por hectare; M: número de árvores que morreram por hectare; prognose para 2013, 2016, 2019, 2022, 2025 e 2028: número de indivíduos por hectare projetados para os anos 2013, 2016, 2019, 2022, 2025 e 2028:**

Classes	N/ha (2001)	IP	RM	% árvores movidas		árvores movidas		Árvores após movimentação	R (N/ha)	M (N/ha)	Prognose 2013 (N/ha)	Prognose 2016 (N/ha)	Prognose 2019 (N/ha)	Prognose 2022 (N/ha)	Prognose 2025 (N/ha)	Prognose 2028 (N/ha)
				0 classe	1 classe	0 classe	1 classe									
5-15	1,667	0,350	3,501	96,499	3,501	1,608	0,058	1,608	0,556	0,000	2,164	2,644	3,107	3,553	3,985	4,401
15-25	0,556	0,000	0,000	100,000	0,000	0,556	0,000	0,614	0,000	0,556	0,058	-0,421	-0,884	-1,331	-1,762	-2,178
25-35	0,556	0,106	1,061	98,939	1,061	0,550	0,006	0,550	0,000	0,000	0,550	0,544	0,538	0,532	0,527	0,521
35-45	0,556	0,531	5,305	94,695	5,305	0,526	0,029	0,532	0,000	0,000	0,532	0,510	0,488	0,468	0,449	0,431
45-55	0,556	0,106	1,061	98,939	1,061	0,550	0,006	0,579	0,000	0,000	0,579	0,601	0,622	0,641	0,659	0,676
55-65	0,556	0,212	2,122	97,878	2,122	0,544	0,012	0,550	0,000	0,000	0,550	0,544	0,539	0,534	0,530	0,525
>65	1,667	0,128	1,282	98,718	1,282	1,645	0,021	1,657	0,000	0,000	1,657	1,648	1,638	1,628	1,619	1,609



Observa-se que na classe de 15-25 (tabela 3.7) o valor do número de árvores por hectare está negativo, isso se deve ao fato de não ter indivíduos nessa classe, houve apenas a mortalidade de 0,55 indivíduos/ha. Austrégesilo et al (2004) afirmam que na interpretação da razão de movimentação, os primeiros dois dígitos da direita indicam a porcentagem de árvores que avançam uma classe de diâmetro em relação ao terceiro dígito à direita. Por exemplo, na classe 5-15, a RM é igual a 3,501%, no período 2007-2010, isso indica que 3,501% das árvores existentes em 2007 moveram-se para a classe 15-25 cm e que 96,499% das árvores permaneceram na classe em 2010. Para a classe 15-25, como não há indivíduos das espécies intolerantes, não houve permanência e nem transição, ocasionando a o valor negativo.

Houve um aumento no número de indivíduos da classe 45-55 e para as outras classes os indivíduos foram reduzindo. Essa redução também ocorreu em Ebling (2012), Stepka *et al.* (2010) e Dalla Lana et al (2015) quando usaram o modelo razão de movimentação.

Agrupou-se os três grupos ecológicos e fez-se a prognose das árvores comerciais, a fim observar como está a estrutura de todas as espécies exploradas (tabela 8).

**Tabela 3.8 -Matriz de probabilidade de transição com intervalo de 3 anos para as espécies comerciais exploradas em 1997 em uma floresta tropical de terra firme**

Classe Diamétrica (2010)	Classe Diamétrica (2007)						
	5-15	15-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65
5-15	0,6283						
15-25	0,0369	0,5216					
25-35		0,00	0,8521				
35-45			0,1383	0,7656			
45-55				0,00	1,00		
55-65					0,00	0,25	
>65						0,5	1,00

Probabilidade de árvores permanecerem na mesma classe de DAP.  
 Probabilidade de árvores migrarem para a classe de DAP seguinte.

**Tabela 3.9 -Matriz de probabilidade de transição com intervalo de 3 anos para as espécies comerciais exploradas em 1997 em um floresta tropical de terra firme.**

<b>Classe Diamétrica</b>	<b>Prognose 2013 (N/ha)</b>	<b>Prognose 2016 (N/ha)</b>	<b>Prognose 2019 (N/ha)</b>	<b>Prognose 2022 (N/ha)</b>	<b>Prognose 2025 (N/ha)</b>	<b>Prognose 2028 (N/ha)</b>
5-15	31,8941	22,2628	16,2110	12,4083	10,0189	8,5176
15-25	6,9609	4,8093	3,3311	2,3365	1,6772	1,2450
25-35	7,5740	6,4536	5,4989	4,6854	3,9923	3,4017
35-45	5,4829	5,2454	4,9087	4,5188	4,1077	3,6972
45-55	6,1111	6,1111	6,1111	6,1111	6,1111	6,1111
55-65	1,2500	0,3125	0,0781	0,0195	0,0049	0,0012
>65	8,0556	8,6806	8,8368	8,8759	8,8856	8,8881

Verifica-se que o número de árvores diminuiu ao longo dos anos, com excessão da classe > 65 cm e 45-55 cm, que permaneceu o mesmo valor. A classe 45-55cm permaneceu o mesmo valor porque não houve transição da classe anterior para essa classe, ou seja, a probabilidade de árvores migrarem para o intervalo 45-55cm é zero, resultado na estagnação do número de indivíduos nessa classe. Para as árvores com DAP > 65 cm, além de ter indivíduos que transitaram para essa classe em 3 anos, não houve mortalidade, proporcionando o aumento do número de indivíduos ao longo dos anos (tabela 3.9)

### **3.2 Volume e Ciclo de Corte**

O diâmetro mínimo das árvores comerciais colhidas era de 65 cm, portanto, fez-se o cálculo do volume para os indivíduos a partir desse DAP. Aplicando a equação de volume proposta por Baima et al (2001), considerou-se que todos os indivíduos apresentam o DAP mínimo. Os resultados estão presentes na tabela 10.

**Tabela 3.10** -Volume estimado para os anos 2013, 2016, 2019, 2022 2025 e 2026 para espécies exploradas divididas em grupos ecológicos. \*O volume estimado utilizou o número de árvores/ha prognosticados pelo modelo matriz de transição; \*\* O volume estimado utilizou o número de árvores/ha prognosticados pelo estimado pelo modelo razão de movimentação.

GRUPO ECOLÓGICOS	Volume explorado (1997)	Volume estimado para as árvores com DAP > 65 cm (m <sup>3</sup> /ha)					
		2013	2016	2019	2022	2025	2028
<b>Tolerante</b>	3,21	5,636	5,636	5,636	5,636	5,636	5,636
<b>Intolerante*</b>	3,4	5,636	5,636	5,636	5,636	5,636	5,636
<b>Intolerante**</b>		5,604	5,571	5,539	5,507	5,474	5,442
<b>Intermediária</b>	18,25	15,969	18,083	18,611	18,743	18,776	18,784
<b>Todas as espécies</b>	24,86	27,241	29,355	29,883	30,015	30,048	30,057

Conforme observa-se na tabela 3.10, as espécies tolerantes e intolerantes atingiram o volume explorado em 2013, 16 anos após a exploração. Já as espécies intermediárias foi no ano de 2019, 22 anos depois da colheita.

Esses valores também foram encontrados por outros pesquisadores. Reis et al (2017), ao estimar o ciclo de corte para a mesma área de estudo utilizando o Método Mexicano de Ordenamento Florestal (MMOF), recomendou o ciclo de corte de 22 anos, considerando apenas a recuperação do volume retirado, que é o principal objetivo do manejo florestal. Souza et al (2004), indica a intensidade de corte de 25 a 35 m<sup>3</sup>/ha, com ciclos de corte de 17 e 18 anos, pois proporciona a utilização do recurso sem comprometer a sua capacidade de renovação ou sustentação da floresta manejada. Bom (1996), constatou um ciclo de corte de 23 anos com uma intensidade de 22,53m<sup>3</sup>/ha.

Schneider e Finger (2000) afirmam que é necessário que a floresta tropical possa repor o volume de corte, durante o período de tempo definido pelo ciclo de corte estabelecido, garantindo a sustentabilidade de produção da floresta. Esse tempo não necessariamente coincide com o estipulado na legislação florestal, de 25-35 anos, como foi ratificado pelos resultados da presente pesquisa e autores supracitados.

As espécies tolerantes e intolerantes apresentaram o mesmo volume para todos os anos, considerando o modelo Matriz de Transição, e uma diferença que varia de 0,032 a 0,194 m<sup>3</sup>/ha comparando com o método Razão de Movimentação. Justifica-se o mesmo crescimento das tolerantes em relação as intolerantes pelo fato de que mesmo tolerando o sombreamento, estas se beneficiam da abertura do dossel que beneficiam o seu crescimento, considerando esse comportamento como oportunista, em termos de

crescimento, devido à melhoria nas condições de luz (COSTA *et al.*, 2007), ratificando que o grupo das espécies tolerantes à sombra possui grande elasticidade ambiental, se adaptando a uma grande amplitude de ambientes (JARDIM *et al.*, 2007; CHAGAS *et al.*, 2012).

Costa, Carvalho e Berg (2007) afirmam que apesar de determinadas espécies serem tolerantes à sombra, estas se beneficiam com a abertura do dossel para crescerem. Korning e Balslev (1994), avaliando espécies arbóreas em floresta tropical na Amazônia, identificaram cinco espécies preferenciais de dossel ou subdossel, tolerantes à sombra, mas que respondiam oportunisticamente, em termos de crescimento, a melhorias nas condições luminosas. Isso corrobora o comentário de Costa *et al.* (2008) de que independente das características intrínsecas das espécies (grupo ecológico, fatores genéticos etc.), a entrada de luz na copa das árvores estimula um bom crescimento de todas as espécies.

As espécies comerciais, muitas das quais são secundárias tardias ou oportunistas e intolerantes à sombra, terão sua capacidade de recobrimento reduzido pela remoção de matrizes e manutenção dos indivíduos de espécies não comerciais. Todavia, com a exploração, isso pode ser compensado pela criação de ambientes mais favoráveis para o recrutamento e crescimento das espécies mais intolerantes (JARDIM, 2015).

As espécies intermediárias apresentaram um ciclo de corte maior em relação aos outros grupos, devido, provavelmente, a demora na recuperação do volume ocasionado pelo maior número de indivíduos com DAP maior que 65 cm, maior taxa de mortalidade e ingresso. De acordo com Jardim (2015), para esse grupo regenerar e crescer dependem de luz em graus variados, que são disponíveis em clareiras de tamanhos médio a pequeno. A exploração florestal, que proporciona maiores clareiras, pode ter inibido o crescimento acelerado dessas espécies, justificando esse alongamento.

O resultado do Ciclo de Corte, para grupos ecológicos de espécies exploradas, demonstra que o estabelecimento do ciclo de corte pela legislação ambiental Brasileira, IN 5 de 2006, independente da espécie que está sendo manejada, pode não ser sustentável por tratar de uma forma igual espécies com ritmos de crescimento diferentes (BRAZ *et al.*, 2012).

#### 4. CONCLUSÃO

Verificou-se que as espécies tolerantes e intolerantes recuperaram o estoque colhido em um período de 16 anos e as espécies intermediárias apresentaram um ciclo de corte de 22 anos, indo de encontro ao tempo estipulado em lei, de 27 anos.

A exploração florestal necessita que as espécies sejam classificadas conforme suas demandas ecofisiológicas e se estabeleça um Ciclo de Corte compatível com a recuperação do volume extraído de cada grupo, garantindo a sustentabilidade ambiental e financeira da atividade.

#### REFERÊNCIAS

AMARAL, D. D. do; VIEIRA, I. C. G.; ALMEIDA, S. S. de; SALOMÃO, R. de P.; SILVA, A. S. L. da; JARDIM, M. A. G. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 4, n. 3, 2009.

APG III (2009). An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 105- 121.

AUSTREGÉSILO, S.L.; FERREIRA, R.L.C.; SILVA, J.A.A.; SOUZA, A.L.; MEUNIER, I.M.J.; SANTOS, E.S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.227-232, 2004.

AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest measurements**. New York: McGRAW-HILL, 1994. 432 p.

BAIMA, A. M. V.; SILVA, S. M. A.; SILVA, J. N. M. Equações de volume para floresta tropical de terra firme em Moju, PA. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. C. (Eds.). *A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental - DFID, 2001. p. 367-392.

BOM, R. P. *Proposição de um sistema de manejo para floresta nativa objetivando a sustentabilidade da produção*. 1996. 216 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 1996.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 5, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável-PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 mar. 2006.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 406, de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, n° 26, 06 de fev. 2009.

BRAZ, E. M.; SCHNEIDER, P. R.; MATTOS, P. P.; SELLE, G.L.; THAINES, F.; RIBAS, L. A.; VUADEN, E. Taxa de corte sustentável para manejo das florestas tropicais. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 137-145, 2012.

CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A. Growth rate of a terra firme rain forest in brazilian amazonia over an eight-years period in response to logging. *Acta Amazonica*, v. 34., n.2, p.209-217, 2004.

CHAGAS, R. S. das; GOMES, J. M. G.; CARVALHO, J. O. P. de; FERREIRA, J. E. R. Sobrevivência e crescimento de plântulas de *Manilkara huberi* Chevalier durante cinco anos em clareiras causadas pela exploração de impacto reduzido na Amazônia brasileira. *Scientia Forestalis*, v. 40, n. 95, p.417-424, 2012

COSTA, D.H.M . *Dinâmica da composição florística e crescimento de uma área de floresta de terra-firme na FLONA do Tapajós, durante 18 após a colheita de madeiras*. 2000; Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural da Amazônia, Pará, 2000.

COSTA, D.H.M.; CARVALHO, J.O.P.; BERG, E.V.D. Crescimento diamétrico de maçaranduba (*Manilkara huberi* Chevalier) após a colheita da madeira. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v.3, n.5, p.65-76, 2007.

COSTA, D. H. M.; CARVALHO, J. O. P.; BERG, E. V. D. Crescimento diamétrico de maçaranduba (*Manilkara huberi* Chevalier) após a colheita da madeira. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 3, n. 5, p. 65-76, jul./dez. 2007.

COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de. Crescimento de árvores em uma área de terra firme na floresta nacional do tapajós após a colheita de madeira. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 50, p. 63-76, 2008.

DALLA LANA, M. D.; PÉLLICO NETTO, S.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; LINS, C. F.; BRANDÃO, S. Projeção diamétrica por razão de movimentação em um fragmento de floresta ombrófila mista no sul do Paraná. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 151-162, 2015.

DAVIS, K.P. **Forest management: regulation and valuation**. New York: McGRAW-HILL, 1966. 519p.

DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management**. 3.ed. USA: McGRAW-HILL, 1987. 790 p.

EBLING, A. A. Dinâmica e projeção diamétrica em remanescente de Floresta Ombrófila Mista na Flona de São Francisco de Paula, RS. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2012.

JARDIM, F. C. da S. Natural regeneration in tropical forests. **Revista de Ciências Agrárias**, 58 (1), 105-113, 2015

JARDIM, F. C. da S.; SERRÃO, D. R.; NEMER, T. C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. **Acta Amazonica**, v. 37, n.1, p.37-48, 2007.

KORNING, J.; BALSLEV, H. Growth rates and mortality patterns of tropical lowland tree species and the relation to forest structure in Amazonian Ecuador. **Journal of Tropical Ecology**, v.10, p 151-166, 1994.

LISBOA, G. dos S. *Projeção diamétrica em remanescente de floresta ombrófila mista na flona de Irati, PR*. 2014. Monografia (especialização em estatística). Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014.

MOBOT, Missouri Botanical Garden (2010). Trópicos Search. Disponível em: <http://www.tropicos.org/Home.aspx>

NASCIMENTO, R.G.M.; MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; HIGUCHI, N. A growth and yield projection system for a tropical rainforest in the Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 327, p. 201–208, 2014.

REIS, L. P.; SOUZA, A. L. de; REIS, P. C. M. dos; FREITAS, L. J. M. de; SILVA, L. F. da; REGO, L. J. S. Aplicação do método mexicano de ordenamento florestal (MMOF) para estimar o ciclo e intensidade de corte em Floresta na Amazônia Oriental. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 113, p. 187-195, 2017

SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A. ; MELLO, J.M. Modelagem da produção, idade da floresta nativa, distribuição especial das espécies e a análise estrutural. In: SCOLFORO, J.R.S. Manejo Florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. Cap.5, p.189-245.

SILVA, E. J. V. da. Impactos da exploração madeireira predatória e planejada sobre o crescimento e diversidade de espécies arbóreas na Amazônia Oriental. 1998. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – ESALQ, Piracicaba, 1998.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. do C. A.; ALMEIDA, B. F.; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C.; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Crescimento e produção de uma floresta tropical da Amazônia brasileira treze anos após a exploração. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, 1999, Belém, Anais... Belém: EMBRAPA, p.186-189, 1999.

SILVA, S. M. A. S.; SILVA, J. N. M.; BAIMA, A. M. V.; LOBATO, N. M.; THOMPSON, I. S.; COSTA FILHO, P. P. Impacto da exploração madeireira em floresta de terra firme no município de Moju, estado do Pará. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G. (Eds.). *A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental - DFID, 2001. p. 227-251.

SILVA, R. P.; SANTOS, J.; TRIBUZY, E. S.; CHAMBERS, J. Q.; NAKAMURA, S.; HIGUCHI, N. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 166, p. 295-301, 2002.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M. de. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural.

In: Manejo Florestal (J.R.S. SCOLFORO, org). UFLA/FAEPE, 1998, Lavras, p. 189-246

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais. 2000. 195 p.

SOUZA, D. R. de; SOUZA, A. L. de; SILVA, M. L. da; RODRIGUES, F. L. Ciclo de Corte econômico ótimo em floresta ombrófila densa de terra firme sob manejo florestal sustentável, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n.5, p. 681-689, 2004.

SOUZA, A.L.; SOARES, C.P.B. **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa-MG: UFV, 2013. 322p.

STEPKA, T. F.; DIAS, A. N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. do A.; SAWCZUK, R. Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os métodos razão de movimentos e matriz de transição. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 327-335, 2010.

TEIXEIRA, L.M.; JEFFREY Q. CHAMBERS, J. Q.; SILVA, A. R. E; LIMA, A. J. N.; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus - AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Acta Amazonica**, v.37, n.3, p 377-384, 2007.

VANCLAY, J.K. *Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests*. CAB International, Department of Economics and Natural Resource, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, Wallingford, UK, 1994. 312 p.

WHITMORE, T.C. (1989). Canopy gaps and two major groups of forest trees. *Ecology*, 70, 536-538.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises das prognoses de crescimento diamétrico das espécies arbóreas comerciais após exploração florestal permitiram responder ao questionamento que permeia a presente tese: “Qual o ciclo de corte das espécies arbóreas exploradas em uma floresta tropical de terra firme?” E aos questionamentos secundários que proporcionaram responder a pergunta principal: “é possível fazer a divisão de grupos ecológicos baseado na distribuição diamétrica?”; “Qual modelo possui maior acuracidade por grupos ecológicos para prognose do crescimento diamétrico?”; “O ciclo de corte estabelecido na legislação ambiental é compatível com a recuperação e crescimento das espécies arbóreas?”

No artigo 1, que visava fazer a divisão das espécies em grupos ecológicos, a fim de comprovar que pode-se agrupar para facilitar as pesquisas, pode-se confirmar a hipótese de que a distribuição diamétrica classifica as espécies em grupos (tolerantes, intolerantes e intermediárias), proporcionando ao sivilcultor aplicar uma metodologia a cada agrupamento que possui características semelhantes, como o tempo de crescimento diamétrico.

No artigo 2 foram testados dois modelos de prognose (matriz de transição e razão de movimentação) para verificar qual deles é o mais indicado para projetar a floresta no futuro e subsidiar as decisões silviculturais no manejo florestal. De acordo com os resultados, ambos modelos podem ser utilizados.

E por fim, no capítulo 3, respondeu-se a tese da pesquisa. O ciclo de corte para as espécies tolerantes e intolerantes é de 16 anos, indo de encontro à hipótese sobre as espécies com crescimento lento não recuperarem seu volume em 27 anos. As espécies intermediárias apresentaram um ciclo de corte de 22 anos, 5 anos a menos do estipulado em lei. Ou seja, o tempo necessário para explorar novamente a área experimental, conforme preconiza a legislação, é superior as necessidades de recomposição florestal. Portanto, conclui-se que para a exploração florestal é necessário que as espécies sejam classificadas conforme suas demandas ecofisiológicas e se estabeleça um Ciclo de Corte compatível com a recuperação do volume extraído de cada grupo, garantindo a sustentabilidade ambiental e financeira da atividade.