

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Luciana Maria de Barros Francez

**DINÂMICA DE *Carapa guianensis* Aubl. EM FLORESTA AMAZÔNICA
SUBMETIDA A TRATAMENTOS SILVICULTURAIS**

Santa Maria, RS
2019

Luciana Maria de Barros Francez

**DINÂMICA DE *Carapa guianensis* Aubl. EM FLORESTA AMAZÔNICA
SUBMETIDA A TRATAMENTOS SILVICULTURAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Engenharia Florestal**.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Dimas Fleig

Santa Maria, RS
2019

Francez, Luciana Maria de Barros
Dinâmica de *Carapa guianensis* Aubl. em floresta
amazônica submetida a tratamentos silviculturais /
Luciana Maria de Barros Francez.- 2019.
139 p.; 30 cm

Orientador: Frederico Dimas Fleig
Coorientadora: Maristela Machado Araujo
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2019

1. Manejo Florestal e Silvicultura 2. Modelagem do
crescimento 3. *Carapa guianensis* Aubl. 4. Floresta
natural de terra firme 5. Amazônia I. Fleig, Frederico
Dimas II. Araujo, Maristela Machado III. Título.

Luciana Maria de Barros Francez

**DINÂMICA DE *Carapa guianensis* Aubl. EM FLORESTA AMAZÔNICA
SUBMETIDA A TRATAMENTOS SILVICULTURAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Engenharia Florestal**.

Aprovado em 15 de fevereiro de 2019:



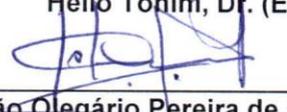
Frederico Dimas Fleig, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



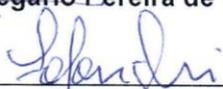
Afonso Figueiredo Filho, Dr. (UNICENTRO)



Hélio Tonini, Dr. (EMBRAPA)



João Olegário Pereira de Carvalho, Dr. (UFRA)



Solon Jonas Longhi, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

Dedico este trabalho com todo carinho e gratidão,

*“A Deus e a Nossa Senhora Medianeira de Nazaré, que me
guiaram, iluminaram e guardaram sob todas as coisas”*

*“Ao meu amado esposo Fábio, com quem amo partilhar a vida,
com quem dividi as alegrias e dificuldades ao longo desta
jornada”*

*“Aos meus pais Horácio e Maria José, que me apresentaram à
importância da família, me conduzindo no caminho da
honestidade e persistência”*

*“À minha irmã Liliane por todo amor e amizade ao longo de
nossas vidas”*

AGRADECIMENTOS

A Deus o Autor da vida;

A minha Mãe, a Imaculada Virgem Santíssima;

Aos meus pais Horácio e Maria José, à minha irmã Liliane e a meu esposo Fábio que nunca me deixaram caminhar sozinha;

Aos meus sogros Batista e Odete que sempre me apoiaram, com muito amor e oração;

Ao meu tio Carlos pelo amparo, carinho e conselhos nos momentos mais difíceis desta pós;

A Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade confiada a mim;

A Universidade Federal Rural da Amazônia / Campus Paragominas pela licença concedida;

A Embrapa Amazônia Oriental pela concessão dos dados para a realização deste estudo;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa pró-doutoral;

Ao meu Professor Orientador Frederico Dimas Fleig, pela amizade, confiança e orientação ao longo destes quatro anos;

A minha Professora e Coorientadora Maristela Machado Araujo pela amizade;

Aos professores que compuseram a banca de avaliação da Tese: Afonso Figueiredo Filho, Hélio Tonini, João Olegário Pereira de Carvalho e Solon Jonas Longhi. Obrigada pelas preciosas considerações;

Aos professores suplentes: Ana Paula Dalla Corte e Jorge Antonio de Farias;

A família MUR (Ministério das Universidades Renovadas) Santa Maria-RS e ao GOU (Grupo de Oração Universitário) Bom Pastor com quem aprendi o poder da oração e o valor da verdadeira amizade. Vocês estarão sempre em meu coração e em minhas orações. Amo vocês até a eternidade;

A minha florzinha Andrieli, as minhas amigas Ale Lemes e Maria Paula, e a minha dinda Joice. Serei eternamente grata por estas amizades que são exemplos de vida e superação para mim. Obrigada Senhor;

Aos Padres Luciano, Maurício, Carlos, Alisson e Pedro pela amizade e conselhos;

As minhas amigas Tamires, Tanise, Taciane e Bianca, pelas boas horas de conversa e mateada nas manhãs de sábado. Nos reencontraremos em breve. Amo vocês;

A minha amiga Naza Santos, que mesmo distante sempre esteve a orar e a torcer por mim;

A minha amiga Athalycia, pelo carinho, cuidado e orações feitas por mim;

Aos meus amigos de curso Camila, Mariangela, Pierre e Verônica pela amizade. Em especial agradeço a Janderson, Pábulo e Noé por dividirem comigo momentos felizes, assim como momentos de dificuldades;

Aos amigos do Labsere: Augusto, Badin, Elisiane Alba, Helena, Dionatas, Ju Marchesan, Leka, Mateus Frigo, Mateus Shuh e Matheus Zimba, pelos momentos de descontração e comilança;

A minha amiga Lílian e Thomas, pelas considerações quanto a estatística dos dados;

E a todos que contribuíram de alguma forma, não só para a construção deste trabalho, mas que me ajudaram e ajudam ser uma pessoa melhor.

Muito obrigada!!!

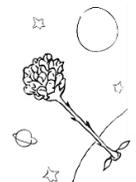
“Tudo posso Naquele que me fortalece”
Jesus



Filipenses, 4,13

*“Só se vê bem com o coração,
o essencial é invisível aos olhos”*

Antoine de Saint-Exupéry



*Salve, ó terra de ricas florestas
Fecundadas ao sol do Equador
Teu destino é viver entre festas
Do progresso, da paz e do amor!
Salve, ó terra de ricas florestas
Fecundadas ao sol do Equador!*

*Ó Pará, quanto orgulhas ser filho
De um colosso, tão belo e tão forte
Juncaremos de flores teu trilho
Do Brasil, sentinela do Norte
E a deixar de manter esse brilho
Preferimos mil vezes a morte!*

...

Hino do Pará



RESUMO

DINÂMICA DE *Carapa guianensis* Aubl. EM FLORESTA AMAZÔNICA SUBMETIDA A TRATAMENTOS SILVICULTURAIS

AUTORA: Luciana Maria de Barros Francez

ORIENTADOR: Frederico Dimas Fleig

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de tratamentos silviculturais na estrutura, crescimento e dinâmica da comunidade e da população de *Carapa guianensis* Aubl., após 30 anos da colheita da madeira, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, a fim de determinar o tratamento silvicultural mais adequado ao crescimento da espécie. Em 1981 e 1983 foram estabelecidas de forma aleatória 60 parcelas de 50 m x 50 m, subdivididas em 25 subparcelas de 10 m x 10 m, onde foram mensurados todas as árvores com $DAP \geq 5$ cm. Em cada parcela de 50 m x 50 m foram sorteadas cinco subparcelas, e no centro de cada uma dessas cinco, foi demarcada uma parcela de 5 m x 5 m, para a mensuração dos indivíduos com $2,5 \text{ cm} \leq DAP < 5$ cm (varas). Cada parcela de 5 m x 5 m foi dividida em quatro triângulos de $6,25 \text{ m}^2$, dos quais um foi sorteado para a mensuração das mudas ($H \geq 30$ cm, $DAP < 2,5$ cm). Foram estabelecidos quatro tratamentos de acordo com as diferentes intensidades dos tratamentos silviculturais, além da área testemunha (T0- área não explorada; T1- área explorada; T2- área explorada + refinamento de até 20%; T3- área explorada + refinamento de até 40%; T4- área explorada + refinamento de até 60%). Foi investigado a diversidade florística, fitossociologia, distribuição diamétrica e taxa de regeneração natural da floresta e de *C. guianensis*. Foi feito, ainda, a cadeia probabilística de transição para *C. guianensis*. A florística revelou uma área rica em termos de família, gênero e espécies. As espécies com maior valor de importância foram: *Rinorea guianensis* Aubl., *Protium apiculatum* Swart e *Rinorea riana* Kuntze T1, T2, T3, T4, apresentaram maior oscilação na densidade e espécies quando comparado a T0. A floresta levou em média, 30 anos para recuperar a área basal inicial, enquanto *C. guianensis* não retomou a área basal de antes da exploração. Entre os tratamentos aplicados, T2 foi o que apresentou os melhores incrementos em área basal, tanto para a comunidade quanto para *C. guianensis*. Em todos os tratamentos a mortalidade foi superior ao ingresso a exceção de T4. A maior parte das árvores, independente do tratamento, apresentaram maior probabilidade de permanecerem na mesma classe diamétrica, com as probabilidades de mortalidade maiores nas pequenas e médias classes de diâmetro. Os modelos gerados, por meio da cadeia de Markov, permitem a realização de estimativas com valores próximos aos observados, apesar de não mostrar eficiência quanto à disposição das árvores nas diferentes classes diamétricas. As mudas foram mais sensíveis as mudanças ocasionadas pela abertura feita pela exploração florestal acompanhada do refinamento, no entanto as varas mostraram um menor número de indivíduos. É necessário a intervenção silvicultural, por meio de enriquecimento e/ou transplante de indivíduos jovens além do beneficiamento dos que já estão presentes na área, a fim de garantir a resiliência da *C. guianensis* e de outras espécies consideradas como comerciais.

Palavras-chave: Andiroba. Manejo florestal e silvicultura. Regeneração natural. Modelagem.

ABSTRACT

DYNAMICS of *Carapa guianensis* Aubl. IN AMAZON RAINFOREST SUBJECTED TO SILVICULTURAL TREATMENTS

AUTHOR: Luciana Maria de Barros Francez

ADVISOR: Frederico Dimas Fleig

This study aimed to evaluate the effect of silvicultural treatments on the structure, growth, and the dynamics of the community and population of *Carapa guianensis* Aubl., after 30 years of harvesting, in the Tapajós National Forest, Pará, in order to determine the most appropriate silvicultural treatment for the growth of the species. In 1981 and 1983, 60 plots of 50 x 50 m were randomly established, subdivided into 25 subplots of 10 x 10 m, where all trees with DBH \geq 5 cm were measured. In each plot of 50 x 50 m, five subplots were sorted, and at the center of each one of those five, one plot of 5 x 5 m was allocated to measure the individuals of $2.5 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 5 \text{ cm}$ (sapling). Each plot of 5 x 5 m was divided into four triangles of 6.25 m², which one was sorted for the measurement of the seedlings ($H \geq 30 \text{ cm}$, DBH $< 2.5 \text{ cm}$). Four treatments were established according to the different intensities of the silvicultural treatments, besides the control area (T0 – unlogged area; T1 – logged area; T2 – logged area + thinning up to 20%; T3 – logged area + thinning up to 40%; T4 – logged area + thinning up to 60%). The floristic diversity, phytosociology, diametric distribution, and natural regeneration rate of the forest and of *C. guianensis* were investigated. In addition, the probabilistic chain of transition to *C. guianensis* was done. The floristic revealed an area rich in terms of family, gender, and species. The species with the highest value of importance were *Rinorea guianensis* Aubl., *Protium apiculatum* Swart, and *Rinorea Riana* Kuntze. T1, T2, T3, T4 showed greater oscillation in density and species when compared with T0. The forest took on average 30 years to restore the initial basal area while *C. guianensis* did not resume the basal area before logging. Among the applied treatments, T2 presented the best increments of basal area, both for the community and for *C. guianensis*. In all treatments, mortality was higher than ingrowth, except for T4. Most trees, regardless of treatment, were more likely to remain in the same diametric class with a higher probability of mortality in small and medium diameter classes. The models generated through the Markov chain allow estimates with values close to those observed, although, it does not show efficiency regarding the disposition of the trees in the different diametric classes. The seedlings were more sensitive to the changes caused by the opening caused by the logging accompanied by the thinning; however, the sapling revealed a smaller number of individuals. Therefore, silvicultural interventions are necessary, through the enrichment and/or transplantation of young individuals as well as the amelioration of those already present in the area to ensure the resilience of *C. guianensis* and other species considered as commercial.

Keywords: Andiroba. Forest management and silviculture. Natural regeneration. Modeling.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - Introdução, Referencial Teórico e Metodologia

Figura 1 - Localização da área de estudo (A), classes de solos (B) e tipologia de vegetação (C), na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.41

Figura 2 - Croqui de localização das parcelas permanentes para a realização de inventário florestal contínuo na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), Pará.....48

CAPITULO II - Efeito de tratamentos silviculturais na área basal e distribuição diamétrica de *Carapa guianensis* Aubl. em floresta Amazônica

Figura 1 - Valor de importância de *Carapa guianensis* Aubl. em uma área de floresta de terra firme, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.69

Figura 2 - Distribuição diamétrica de uma floresta de terra firme (coluna a esquerda) e de *Carapa guianensis* Aubl. (coluna a direita), na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.70

CAPITULO III - Predição da distribuição diamétrica de *Carapa guianensis* Aubl., em floresta Amazônica submetida a tratamentos silviculturais

Figura 1 – Ingresso, mortalidade e dinâmica entre as diferentes classes diamétricas de *Carapa guianensis* Aubl., em uma área de floresta de terra firme, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. 100

Figura 2 - Matrizes de probabilidade de transição, para os períodos de 1983-1989 e 1995-2003 para *Carapa guianensis* Aubl., em uma área de floresta de terra firme, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. 101

Figura 3 – Distribuição do número de indivíduos por classe diamétrica, entre os valores observados e estimados, para *Carapa guianensis* Aubl., em uma área de floresta de terra firme, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará..102

CAPITULO IV - Dinâmica da regeneração natural de *Carapa guianensis* Aubl., em floresta Amazônica submetida a tratamentos silviculturais

Figura 1 - Taxa de regeneração de varas (A) e mudas (B) de uma floresta de terra firme sob a ação da exploração florestal e refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. 124

Figura 2 – Espécies com maiores números de varas (A) e mudas (B) registradas em uma área de floresta de terra firme, sob a ação da exploração florestal e refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará..... 125

Figura 3 – Densidade e frequência absoluta de varas (A) e mudas (B) da espécie *Carapa guianensis* Aubl. em uma área de floresta de terra firme, sob a ação da exploração florestal e refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. 126

- Figura 4 - Densidade e frequência relativas de varas (A) e mudas (B) para *Carapa guianensis* Aubl. em uma área de floresta de terra firme, sob a ação da tratamentos silviculturais, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. 127
- Figura 5 - Taxa de regeneração para varas e mudas de *Carapa guianensis* Aubl. em uma área de floresta de terra firme, sob a ação da exploração florestal e refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, no período entre 1981-2012. 129

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO I - Introdução, Referencial Teórico e Metodologia

Quadro 1 - Histórico da Floresta Nacional do Tapajós, localizada no Oeste do Estado do Pará.....39

Quadro 2 - Atividades e eventos ocorridos em um experimento de 180 ha, pertencente a Embrapa Amazônia Oriental na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da rodovia Santarém-Cuiabá), Pará.....46

CAPÍTULO III - Predição da distribuição diamétrica de *Carapa guianensis* Aubl., em floresta Amazônica submetida a tratamentos silviculturais

Quadro 1 - Número de árvores.ha⁻¹ observadas nas medições de 1983, 1989, 1995, 2003 e 2012 para *Carapa guianensis* Aubl., em uma área de floresta de terra firme não explorada, explorada com e sem o efeito do refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.99

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - Introdução, Referencial Teórico e Metodologia

- Tabela 1 - Espécies comerciais exploradas em 1982 no Km 114 da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.44
- Tabela 2 - Distribuição dos tratamentos na área experimental (Km 114) após o incêndio de 1997 ocorrido na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.46

CAPÍTULO II - Efeito de tratamentos silviculturais na área basal e distribuição diamétrica de *Carapa guianensis* Aubl. em floresta Amazônica

- Tabela 1 – Média do número de indivíduos ($NI.ha^{-1}$) com $DAP \geq 5$ cm, famílias (F), gêneros (G), espécies (E) identificadas e diversidade Simpson (Cs: 1-C) ocorrentes em uma área de floresta de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.67

CAPÍTULO IV - Dinâmica da regeneração natural de *Carapa guianensis* Aubl., em floresta Amazônica submetida a tratamentos silviculturais

- Tabela 1 - Distribuição dos tratamentos na área experimental (Km 114) após o incêndio de 1997 ocorrido na Floresta Nacional do Tapajós, PA. 121
- Tabela 2 - Média do número de varas e mudas ($NI.ha^{-1}$), famílias (F), gêneros (G), espécies (E) e diversidade Simpson (Cs) ocorrentes em uma área de floresta de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós, Pará..... 123
- Tabela 3 - Comparação do número de mudas de *Carapa guianensis* Aubl. com realização do teste U de Mann-Whitney para o ano de 2012, em uma área de floresta de terra firme, sob a ação da exploração florestal e refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará..... 128

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Acre (Estado)
AIMEX	Associação das Indústrias Exportadoras de Madeira do Estado do Pará
AITA	Associação Intercomunitária do Tapajós
AM	Amazonas (Estado)
AP	Amapá (Estado)
APA	Área de Proteção Ambiental
APG	Angiosperm Phylogeny Group
ASMIPRUT	Associação de Mini e Pequenos Rurais do Tapajós
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil
CEAPAC	Centro de Apoio às Ações Comunitárias
CIF	Classe de Identificação de Fuste
CIFOR	Center for International Forestry Research
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPT	Comissão Pastoral da Terra
DAP	Diâmetro a altura do peito (a altura de 1,30 m do solo)
DECEX	Departamento de Comércio Exterior
DMC	Diâmetro Mínimo de Corte
EMATER	Empresa Brasileira de Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FCAP	Faculdade de Ciências Agrárias do Pará
FLONA	Floresta Nacional
GDA	Grupo de defesa da Amazônia
GOU	Grupo de oração universitário
IAN	Instituto Agrônômico do Norte
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IFC	Inventário Florestal Contínuo
IN	Instrução normativa
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
ITTO	International Tropical Timber Organization
Máx.	Valor máximo
M _d	Mediana
Mín.	Valor mínimo
MMA	Ministério de Meio Ambiente
MPEG	Museu Paraense Emílio Goeldi
MUR	Ministério Universidades Renovadas
NE	Norma de execução
PA	Pará (Estado)
p.e	Por exemplo
PMFS	Plano de manejo florestal sustentável
PIB	Produto Interno Bruto
PPG7	Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil
PSA	Projeto Saúde e Alegria
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SEMAS	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
STR	Sindicato dos Trabalhadores Rurais
UC	Unidades de Conservação
UFRA	Universidade Federal Rural da Amazônia
UMF	Unidade de Manejo Florestal

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - Introdução, Referencial Teórico e Metodologia

1 INTRODUÇÃO	20
2 HIPÓTESE DA PESQUISA	23
3 OBJETIVOS.....	23
3.1 GERAL.....	23
3.2 ESPECÍFICOS	23
4 REFERENCIAL TEÓRICO	23
4.1 A EXPLORAÇÃO FLORESTAL NO PARÁ	23
4.2 INVENTÁRIO FLORESTAL CONTÍNUO.....	27
4.3 COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE FLORÍSTICA	28
4.4 BOTÂNICA, ECOLOGIA E USO DE <i>Carapa guianensis</i> Aubl.	29
4.5 ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO	31
4.5.1 Abundância	32
4.5.2 Frequência	32
4.5.3 Dominância	32
4.5.4 Distribuição diamétrica	33
4.6 REGENERAÇÃO NATURAL E DINÂMICA DA POPULAÇÃO	34
4.7 MODELAGEM DO CRESCIMENTO	36
5 METODOLOGIA.....	38
5.1 FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS – BREVE HISTÓRICO.....	38
5.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
5.2.1 Clima.....	40
5.2.2 Geomorfologia e Hidrografia	41
5.2.3 Solos.....	42
5.2.4 Vegetação	42
5.3 HISTÓRICO DA ÁREA DE ESTUDO	43
5.4 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	45
5.5 AMOSTRAGEM.....	47

5.6 REGISTRO DOS DADOS	47
REFERÊNCIAS	49
CAPITULO II - Efeito de tratamentos silviculturais na área basal e distribuição diamétrica de <i>Carapa guianensis</i> Aubl. em floresta Amazônica	
RESUMO.....	60
ABSTRACT.....	61
1 INTRODUÇÃO	62
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	64
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	64
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	64
2.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	66
3 RESULTADOS	67
4 DISCUSSÃO.....	71
5 CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A.....	86
APÊNDICE B.....	87
CAPÍTULO III - Predição da distribuição diamétrica de <i>Carapa guianensis</i> Aubl., em floresta Amazônica submetida a tratamentos silviculturais	
RESUMO.....	89
ABSTRACT.....	90
1 INTRODUÇÃO	91
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	94
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	94
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	94
2.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	95
3 RESULTADOS	98
4 DISCUSSÃO.....	103
5 CONCLUSÕES	106
REFERÊNCIAS.....	107

**CAPÍTULO IV - Dinâmica da regeneração natural de *Carapa guianensis* Aubl.,
em floresta Amazônica submetida a tratamentos silviculturais**

RESUMO.....	115
ABSTRACT.....	116
1 INTRODUÇÃO	117
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	120
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	120
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	120
2.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	121
3 RESULTADOS	122
4 DISCUSSÃO.....	129
5 CONCLUSÕES	132
6 RECOMENDAÇÕES.....	133
REFERÊNCIAS.....	133

CAPÍTULO I



Introdução, Referencial Teórico e Metodologia

1 INTRODUÇÃO

A história de ocupação de terras da Amazônia remonta, principalmente, das décadas de 1960 e 1970 com os incentivos fiscais dados pelo governo federal¹. As atenções dadas às atividades minerais, agropecuárias e madeireira eram justificadas pela ideia de que a Amazônia representava um imenso vazio demográfico, colocando em questão a soberania do Brasil sobre a região (SILVA; MARQUES, 2012). No Estado do Pará, por exemplo, a corrida para a produção da borracha e mais tarde a construção de rodovias como a Belém-Brasília (BR-010), Transamazônica (BR-230) e Santarém-Cuiabá (BR-163) facilitaram esse processo de ocupação.

Neste período os principais obstáculos ao desenvolvimento de países periféricos e de regiões “atrasadas” economicamente como a Amazônia eram atribuídos à insuficiência de capitais e à infraestrutura. Desta forma o Governo Federal possuía a concepção de que a construção de infraestrutura e a oferta de inúmeras vantagens fiscais a grandes empresários do Brasil e exterior iria promover o desenvolvimento da região (LOUREIRO; PINTO, 2005).

Esse modelo de ocupação levou a um rápido avanço nas áreas de floresta antes ocupadas somente por colonos e extrativistas que faziam uso de raízes, frutos e sementes para subsistência. Esse avanço fez com que áreas de florestas antes intocadas, fossem rapidamente substituídas por pastos ou culturas agrícolas praticadas no sistema de corte/queima.

Apesar de possuir a maior biodiversidade e reserva de água doce do planeta, a floresta amazônica é ameaçada pela exploração desordenada de seus recursos, colocando em risco de extinção espécies vegetais e animais, antes mesmo que sejam catalogadas (PINTO et al., 2002; SOUZA D. et al., 2006; MARQUES, 2007; GOMES et al., 2010). Desta forma a busca do equilíbrio entre a conservação da biodiversidade e o crescimento econômico, impulsionou as pesquisas na área do desenvolvimento sustentável (GOMES et al., 2010).

É inquestionável a importância deste bioma para a região, tanto em termos de serviços ambientais quanto econômicos, ofertando uma gama de produtos

¹ Um processo de migração estrangeira e nordestina foi observado durante o período da borracha (MARQUES, 2007), que cocorreu entre os anos de 1879 e 1912, reativando-se por pouco tempo entre 1942 e 1945.

madeireiros e não-madeireiros. Em 2009, na Amazônia Legal foram extraídos 14,2 milhões de m³ de madeira em toras, que geraram uma produção de 5,8 milhões de m³ de madeira processada (serrada, laminados, compensados e produtos beneficiados). Desse montante, o Estado do Pará contribuiu com 6,6 milhões de m³ de madeira em tora para a produção de 2,5 milhões de m³ de madeira processada (PEREIRA et al., 2010).

A exploração ocasiona mudanças na dinâmica de crescimento e na sucessão das florestas tropicais. Quando feita de forma predatória ou não planejada, dificulta o processo de regeneração e manutenção destas florestas (FRANCEZ et al., 2013). Os efeitos da exploração madeireira em matas nativas devem ser observados, pois possuem implicações diretas na escolha do sistema de manejo mais adequado a uma determinada área (MARTINS et al., 2003).

A adoção de técnicas mais produtivas e menos degradantes é uma condição necessária para que o setor madeireiro paraense assuma posição de “vantagem competitiva”, fortalecendo a participação do Estado nas diferentes esferas econômicas globais. Para isso é imperativo que os planos de manejo possuam um melhor padrão técnico de elaboração e execução (SILVA; MARQUES, 2012).

Desde o advento do antigo Código Florestal (Lei 4771/1965) já se falava sobre os planos de manejo florestal sustentável (PMFS) como política ambiental correta para a exploração madeireira. Tais planos devem levar em consideração a composição florística, diversidade das espécies, estrutura da floresta, crescimento dos indivíduos, recrutamento e mortalidade, assim como todo o processo dinâmico de recomposição e reestruturação da floresta (CARVALHO, 1999).

Outro ponto a ser considerado, é o cálculo da intensidade de corte. Espécies com incrementos menores demandarão ciclos maiores, a menos que se faça uso de tratamentos silviculturais que possibilitem aumentar o crescimento (BRAZ et al., 2005).

Estudos referentes ao crescimento, seja em nível de árvore ou de floresta, são essenciais para a definição dos tratamentos silviculturais a serem aplicados e para prognosticar a produção (VANCLAY, 1994). Estas informações servem como base para a criação de políticas ambientais eficientes e estabelecimento de tratamentos que proporcionem celeridade ao crescimento das espécies comerciais (COSTA;

CARVALHO; SILVA, 2002; AUGUSTYNCZIK et al., 2013) e potencialmente comerciais.

O Inventário Florestal Contínuo (IFC) é a ferramenta básica para o conhecimento das mudanças ocorrentes na floresta, provenientes de distúrbios naturais ou antrópicos. O IFC permite o controle do estoque, monitoramento do desenvolvimento, além de fornecer dados para a construção de tabelas de produção e modelos de crescimento (SILVA; LOPES, 1984). Em florestas da Amazônia, onde a maioria das espécies apresentam anéis irregulares ou falsos anéis de crescimento (IMAÑA-ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005), é interessante que os dados para a modelagem sejam coletados em parcelas permanentes oriundas de inventários florestais contínuos.

O levantamento em parcelas permanentes expressa de forma eficaz as mudanças ocorridas quanto ao ingresso, mortalidade e crescimento das espécies objeto de estudo, todavia, requer um alto investimento e grande esforço para a coleta de dados. Várias instituições de pesquisa na Amazônia possuem bancos de dados referentes a inventários florestais contínuos (UFRA², Embrapa Amazônia Oriental, MPEG², INPA², dentre outras). Um dos levantamentos mais antigos é o da Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós, realizado pela Embrapa Amazônia Oriental.

A FLONA do Tapajós detém um dos maiores acervos de pesquisas florestais da Amazônia, contudo, apesar do crescimento da pesquisa florestal na região nas últimas décadas, muitas espécies vegetais ainda carecem de averiguação (CUNHA et al., 2002).

Como afirmou Becker (2001), “a Amazônia não pode mais ser vista, somente, como almoxarifado de recursos naturais de outras regiões do Brasil”. Desta forma, estudos sobre a dinâmica de espécies comerciais ou potencialmente comerciais submetidas a tratamentos silviculturais são importantes para a determinação do manejo mais adequado à espécie.

² UFRA – Universidade Federal Rural da Amazônia; MPEG – Museu Paraense Emílio Goeldi; INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

2 HIPÓTESE DA PESQUISA

A exploração florestal seguida de tratamentos silviculturais proporciona aumento significativo no crescimento e ingresso em população de *Carapa guianensis* Aubl. sendo recomendáveis para o manejo da espécie.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Avaliar o efeito de tratamentos silviculturais na estrutura, crescimento e dinâmica de *Carapa guianensis* Aubl., a fim de determinar o tratamento silvicultural mais adequado ao manejo da espécie.

3.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Avaliar o comportamento da área basal da comunidade e da população de *Carapa guianensis* Aubl. sob o efeito de diferentes tratamentos silviculturais;
- ✓ Avaliar a possibilidade de uso da cadeia de Markov como instrumento de avaliação da distribuição diamétrica da população de *Carapa guianensis* Aubl.; e
- ✓ Avaliar o comportamento da regeneração natural da comunidade e da população de *Carapa guianensis* Aubl. sob a ação de diferentes tratamentos silviculturais e se estes são capazes de contribuir na manutenção da regeneração natural da espécie em Floresta Amazônica.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A EXPLORAÇÃO FLORESTAL NO PARÁ

A exploração madeireira na Amazônia existe há anos. No século XVI, madeiras nobres eram retiradas de florestas de várzeas e exportadas para metrópoles europeias. A madeira possuía pouca importância no comércio amazônico

até meados do século XIX, sendo um dos últimos contribuintes para a renda das exportações (BARROS; UHL, 2002).

No século XIX o ouro da Amazônia era a borracha, que começou a ser extraída para exportação em 1827. Em 1830 a imigração tornou-se presente acarretando transformações socioculturais na região. Belém, Manaus e Porto Velho foram algumas das cidades que enriqueceram com o breve ciclo. Neste período grandes obras arquitetônicas foram construídas como o Teatro da Paz, Palácio do Governo, Mercado Municipal, Cinema Olympia (todos em Belém), Teatro Amazonas (em Manaus), dentre outros (D'AGOSTINI et al., 2013).

Entre 1910 e 1920 empresários holandeses e ingleses entraram no mercado mundial da borracha, por meio de sementes biopiratas pelo botânico inglês Henry Alexander Wickham em 1877. Estes empresários iniciaram o plantio de seringueiras na Ásia (Indonésia, Ceilão e Malásia) a custos muito baixos e em larga escala, levando os produtores amazonidas à falência. Durante a segunda guerra mundial a produção da borracha teve uma sobrevida, contudo teve seu fim em 1960 em função da reativação dos seringais asiáticos (D'AGOSTINI et al., 2013).

Até meados da década de 1960 as áreas na região amazônica pertenciam a União ou aos próprios Estados, sendo livres de titulação de propriedade privada. A terra era ocupada secularmente por nativos que viviam do extrativismo vegetal e animal, sem disputas ou conflitos (LOUREIRO; PINTO, 2005).

Nas décadas de 1960 e 1970 os militares temendo a supremacia Brasileira sobre a região, incentivaram a ocupação da Amazônia, com a utilização de slogans, como: “Integrar para não entregar” e “Amazônia: terra sem homens para homens sem terras” (SILVA; MARQUES, 2012).

O governo ofertou inúmeras vantagens fiscais a grandes empresários e grupos econômicos nacionais e internacionais. Tais incentivos eram concedidos a juros muito baixos ou mesmo negativos, abrindo mão do dinheiro que poderia ser utilizado para benfeitorias sociais ou modernizar as atividades tradicionais dos pequenos e médios produtores da região (LOUREIRO; PINTO, 2005). Para conseguir os recursos públicos a área precisava ser produtiva, dessa forma derrubavam a floresta para a formação de pastos. Independente do uso o governo incentivava a exploração de 50% da área, caso contrário à mesma era considerada improdutiva sendo confiscada (SILVA; MARQUES, 2012).

As facilidades legais e de infraestrutura, atrativas ao empresariado, incentivavam o acesso a grandes extensões de área. As margens de estradas foram rapidamente ocupadas gerando devastação e disputas por terras privilegiadas. A população da Amazônia³, que era de 2.601.519 habitantes em 1960, havia ascendido a 4.197.038 em 1970 (LOUREIRO; PINTO, 2005).

O setor madeireiro na Amazônia contribui de forma expressiva na economia regional e nacional. Entretanto, enfrenta problemas como a baixa qualidade das operações florestais, que causam a degradação da floresta.

Um dos caminhos para movimentar a economia e frear o desmatamento é o manejo florestal (ADEODATO et al., 2011), que segundo a Lei 11.284/2006 (BRASIL, 2006) significa:

“[...] administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal [...].”

Além da Lei 11.284/2006 (BRASIL, 2006) outras legislações federais (IN⁴ N^o 05 do MMA⁵ de 11/12/2006, NE⁶/IBAMA⁷ N^o 1 de 24/05/2007, Resolução CONAMA N^o 406 de 02/02/2009) e estaduais (IN/SEMA/PA⁸ N^o 04 de 13/05/2011; IN/SEMA/PA N^o 05 de 19/05/2011; e IN/SEMA/PA N^o 05 de 10/09/2015), tratam sobre os procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS).

O PMFS é o documento técnico que traz consigo os procedimentos para a administração da floresta, com o objetivo de alcançar os benefícios econômicos, sociais e ambientais (SFB, 2010).

Ao longo dos últimos 30 anos, o Brasil desenvolveu um sistema de manejo florestal para a produção de madeira em florestas primárias da Amazônia, do tipo policíclico, baseado em ciclo de corte de 35 anos, para uma intensidade de corte

³ Dados informados pelos autores de acordo com os censos do IBGE dos anos de 1960 e 1970.

⁴ IN - Instrução normativa.

⁵ MMA - Ministério do Meio Ambiente.

⁶ NE - Norma de Execução.

⁷ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

⁸ Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará atual Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS).

máxima de $30 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, que concilia o uso e conservação dos recursos florestais baseada em critérios técnicos e ecológicos para promover a regeneração das espécies florestais manejadas (SFB, 2010).

Sabogal et al. (2009) afirmaram que existem duas modalidades de exploração florestal na Amazônia: sem planejamento (convencional) e com planejamento (exploração planejada, exploração de impacto reduzido, manejo florestal e manejo florestal sustentável).

Um grande salto na exploração madeireira em florestas de terra firme, no Estado do Pará, foi observado a partir da abertura de estradas pelo governo federal nas décadas de 1960 e 1970, ligando imensas áreas de floresta a regiões densamente povoadas e com escassez de madeira como o Nordeste, Sul e Sudeste do Brasil (UHL; BEZERRA; MARTINI, 1997; VERÍSSIMO; LIMA; LENTINI, 2002).

No Pará a exploração madeireira ocorreu inicialmente no nordeste paraense (VERÍSSIMO; LIMA; LENTINI, 2002). Contudo, em função da diminuição dos estoques de madeira nesta região a exploração migrou para o oeste do Estado, devido a diversidade de espécies de alto valor; facilidade de transporte (terrestre e fluvial); opções de comercialização (nacional e internacional); e certeza no retorno de capital (SCHNEIDER et al., 2000; SILVA; MARQUES, 2012).

Estudos realizados na região, em especial no baixo amazonas (SANTANA et al., 2012; SILVA; MARQUES, 2012), apontaram que o setor florestal atua de forma significativa no Produto Interno Bruto (PIB) do Estado. Dados relativos à exportação emitidos pelo Departamento de Comércio Exterior (DECEX) e processados pela Associação das Indústrias Exportadoras de Madeira do Estado do Pará (AIMEX), mostram o Pará como o terceiro Estado da federação com maior volume de madeira exportada ficando atrás somente dos Estados do Paraná e Santa Catarina (AIMEX, 2013). Por outro lado, grande parte da madeira que circulava no mercado eram de áreas não licenciadas pelo órgão ambiental.

Felizmente foi observado um aumento no número de iniciativas de manejo, na última década, em função da escassez de recurso e cobrança dos órgãos ambientais.

A exploração sustentável de qualquer ecossistema deve ser planejada mediante a compreensão de sua dinâmica biológica, quando se pensa na vegetação, o conhecimento dos processos de regeneração natural após as

perturbações antrópicas é de fundamental importância (PEREIRA et al., 2001). Desta forma são imperativos estudos sobre o desenvolvimento das espécies exploradas e remanescentes por meio de inventário florestal contínuo.

4.2 INVENTÁRIO FLORESTAL CONTÍNUO

A dinâmica de florestas pode ser acompanhada a partir do levantamento de dados realizado em inventários florestais contínuos (IFC), com o uso de parcelas permanentes. Tal atividade gera resultados indispensáveis aos manejadores. Nela é realizada contagem, medição, posterior recontagem e remedição de indivíduos sobreviventes, sendo estas informações sumarizadas em taxas de mortalidade, recrutamento, crescimento, ciclo de corte, sucessão e densidade de estoque (SHEIL; MAY, 1996; COSTA; CARVALHO; SILVA, 2002; AZEVEDO et al., 2008). Esta forma periódica de observação é considerada a melhor maneira de obtenção de dados relativos às transformações ocorridas na florística e demais variáveis importantes para o manejo da floresta (SILVA; LOPES, 1984; COSTA; CARVALHO; SILVA, 2002).

O inventário florestal contínuo é realizado em parcelas permanentes, que são pequenas unidades de amostra, estabelecidas na floresta, onde são feitas medições e observações periódicas, para o acompanhamento do desenvolvimento da vegetação e seus processos dinâmicos (FRANCEZ, 2006).

Sheil; May (1996) afirmaram que o conhecimento sobre a dinâmica de florestas tropicais é resultado de dados coletados a partir de inventários florestais realizados em parcelas permanentes. No entanto, relataram os autores, que a coleta de dados é difícil e onerosa para ser realizada, além da pouca padronização dos períodos para coleta de dados, o que pode influenciar nos resultados referentes ao ingresso e mortalidade.

Para Nash; Rogers (1975) o tamanho da unidade de amostra deve possuir relação com a precisão estatística, e que o uso de unidades pequenas resulta em maior precisão do que o uso de unidades grandes, considerando uma mesma intensidade de amostragem. Contudo, a unidade deverá conter em média sete a 15 árvores para acompanhamento.

4.3 COMPOSIÇÃO E DIVERSIDADE FLORÍSTICA

A floresta amazônica guarda a maior diversidade vegetal do planeta, com ambientes de florística rica e variada. As inúmeras inter-relações entre seus componentes bióticos e abióticos geram um conjunto de ecossistemas altamente complexo e extremamente frágil (OLIVEIRA; AMARAL, 2004).

A composição florística de florestas tropicais é muito dependente dos processos de regeneração natural, os quais estão sujeitos a influências de fatores externos que podem alterar a dinâmica de regeneração (YARED; COUTO; LEITE, 1998). O estudo da florística na região amazônica representa uma tarefa imensa com alguns problemas complexos em função de sua extensão territorial, diversidade, difícil acesso às áreas de amostragens, além da enorme sinonímia vulgar existente (LEITÃO FILHO, 1987).

Lamprecht (1962) afirmou que uma simples tabela contendo os nomes das espécies de uma determinada parcela pode dar uma ideia geral sobre a composição florística da área. Para Sandel; Carvalho (2000), a composição florística pode ser avaliada por meio da distribuição dos indivíduos em espécies, gêneros e famílias botânicas, presentes em uma área.

Souza; Soares (2013) corroboraram a ideia de Lamprecht (1962) declarando que a análise da composição florística é básica, contudo usual e baseada na interpretação da listagem de espécies e que além desta abordagem pode-se incluir as estimativas do quociente de mistura, índices de similaridade, agregação e diversidade de espécies.

O quociente de mistura de Jentsch, por exemplo, consiste na razão do número das espécies encontradas pelo número total das árvores registradas (LAMPRECHT, 1962). Os índices de similaridade quantificam a semelhança entre comunidades. Os mais conhecidos são os de Jaccard e Sorensen. Os índices de agregação revelam o grau de distribuição das espécies, com destaque para: MacGuinnes, Payandeh e Morisita (SOUZA; SOARES, 2013). A diversidade de espécies envolve dois conceitos essenciais que são a riqueza e a uniformidade. A riqueza é inerente ao número de espécies na flora, enquanto a uniformidade reflete a distribuição dos indivíduos por espécie (ODUM, 1988; SOUZA; SOARES, 2013).

Magurran (2011) afirmou que há um grande número de índices de diversidade, o que pode tornar difícil a escolha da melhor opção, sendo necessário ter uma ideia clara dos objetivos do estudo.

Os índices de diversidade recebem três classificações: 1. Índices de riqueza de espécie (número de espécies em uma unidade de amostra definida); 2. Modelos de abundância de espécies (distribuição do número de indivíduos das espécies); e 3. Índices fundamentados na proporção da abundância de espécies. Nesta última estão inseridos os índices de Shannon e de Simpson (MAGURRAN, 1988).

O índice de Simpson fornece uma boa estimativa da diversidade em tamanhos populacionais relativamente pequenos. É uma das medidas de diversidade mais significativa e robusta conhecida. O índice calcula a probabilidade de dois indivíduos, retirados de forma aleatória de uma comunidade grande, pertencerem a mesma espécie (MAGURRAN, 2011).

4.4 BOTÂNICA, ECOLOGIA E USO DE *Carapa guianensis* Aubl.

Pertencente à família Meliaceae, é conhecida vulgarmente como Andiroba, Andiroba-saruba, landiroba, Carapá, Carapa e Nandiroba (SOUZA C. et al., 2006; LORENZI, 2008). Ocorre no sul da América Central, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana Francesa, Peru, Paraguai e nas ilhas do Caribe (PENNINGTON; STYLES; TAYLOR, 1981). No Brasil ocorre em toda a região amazônica, em várzeas secas e alagadiças, indo do Pará até a Bahia em mata pluvial (LORENZI, 2008).

É uma árvore de sub-dossel ou dossel com ocorrência em áreas mais úmidas da floresta de terra firme. A altura fica em torno de 20-30 m podendo chegar a 55 m, com tronco cilíndrico de 50-120 cm de diâmetro, revestido por uma casca com ritidoma escamoso e reticulado (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002; LORENZI, 2008).

Possui copa de tamanho médio, densa e composta por ramos eretos ou com uma leve curvatura. As folhas são compostas, alternadas e paripinadas, com cerca de 30-90 cm de comprimento. Os folíolos são opostos ou sub-opostos com 3 a 10 pares, de 10-50 cm de comprimento e de 4-18 cm de largura, com margens inteiras

em um tom verde-escuro brilhante na superfície superior e glabra na superfície inferior (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002; LORENZI, 2008).

As flores são unissexuais, reunidas em panículas axilares nas extremidades dos ramos, glabras, tetrâmeras, de cor branca a creme, levemente perfumadas. O fruto é uma cápsula globosa deiscente com 5 a 9 sementes (RIZZINI; MORS, 1976; PAULA; ALVES, 2007; LORENZI, 2008).

As sementes são angulosas (trigonais ou tetragonais), possuem 70% de um óleo insetífugo, medicinal e cosmético, muito utilizado, também, na iluminação de casas rurais (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002; PAULA; ALVES, 2007; LORENZI, 2008).

O óleo extraído das sementes tem potencial para a produção de biocombustíveis para motores a diesel (ILHA et al., 2014). A industrialização do óleo teve início no município de Cametá-PA na década de 1970. Em Salvaterra, outro município do Estado do Pará, na ilha do Marajó, muitas famílias coletavam os frutos na beira da praia e os vendiam por R\$ 0,20 o quilo (SHANLEY; MEDINA, 2005). Atualmente, na feira do Ver-o-Peso em Belém do Pará o litro da Andiroba custa em média R\$ 150,00⁹.

A madeira é considerada nobre e moderadamente pesada (0,70 a 0,75 g.cm³), de excelente qualidade sendo considerada como sucessora do mogno (*Swietenia macrophylla* King); o cerne é vermelho escuro brilhante ou marrom-avermelhado logo após o corte; o alburno é castanho pálido; a grã é regular, textura áspera, de cheiro e sabor indistintos. Permite um bom acabamento, porém é fácil de fender. É utilizada para a fabricação de móveis, caixotaria fina, construção civil, carpintaria, marcenaria, lâminas, compensados, acabamentos internos de barcos e navios (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002; LORENZI, 2008).

A Andiroba semelhante ao Mogno (*Swietenia macrophylla* King) pode ser atacada pela *Hypsipyla grandella* Zeller (Broca-do-ponteiro) o que diminui o aproveitamento comercial da madeira. A fim de prevenir o ataque é necessário evitar espaçamentos pequenos e plantios homogêneos, intercalando a espécie com outras de modo que as mesmas fiquem um pouco sombreadas, devendo ser evitado, no entanto, o sombreamento excessivo, já que a Andiroba precisa de luz para seu desenvolvimento (SOUZA C. et al., 2006). A espécie é atacada, ainda, por *Hypsipyla*

⁹ Informação obtida em uma visita à feira do Ver-o-Peso.

ferrealis Hampson que acomete, especialmente, as sementes prejudicando a produção do óleo (QUERINO et al., 2008).

Pode ser utilizada para enriquecer capoeiras altas com a aplicação do método “recrú” (YARED; CARPANEZZI, 1981), apresentando bom desenvolvimento em plantios (SOUZA C. et al., 2006). Lorenzi (2008) considerou a espécie como heliófila, perenifólia de mata primária característica de várzeas úmidas e inundáveis.

Bouffleur (2004) comentou que na fase de plântulas a espécie desenvolve-se de forma satisfatória a plena sombra, ainda que a luz contribua para o desenvolvimento rápido da espécie. Azevedo et al. (1997) ao analisarem o desenvolvimento de mudas de Andiroba sob diferentes níveis de sombreamento concluíram que a espécie é adaptada para se desenvolver sob o dossel florestal, com um bom potencial para plantios de enriquecimento já que a mesma responde de forma favorável ao sombreamento.

É dependente da fertilidade do solo. Em solos pobres e áreas degradadas a produção de madeira é baixa (SOUZA C. et al., 2006). Contudo, é indicada para plantios em áreas degradadas de várzea úmida na região Norte do país (LORENZI, 2008).

O óleo e a madeira são as partes mais utilizadas da espécie. No Estado do Amazonas o corte e extração da madeira são proibidos pelo Decreto Estadual nº. 25.044/2005 (AMAZONAS, 2005), por considerar a exploração madeireira menos rentável que o uso não-madeireiro que gera renda e maior número de empregos às populações tradicionais e indígenas (PINTO et al., 2010).

4.5 ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO

Os estudos sobre a estrutura das florestas naturais ocupam um posto de preferência no campo das investigações silviculturais. Os resultados das análises permitem deduções importantes sobre a origem das características ecológicas e sincológicas, o dinamismo e as tendências do futuro desenvolvimento das comunidades florestais (LAMPRECHT, 1962; 1964).

As ações antrópicas alteram a dinâmica das florestas nativas, modificando a estrutura e regeneração das populações de espécies florestais (AVILA et al., 2016). O entendimento da fitossociologia e dinâmica das florestas tropicais é importante

para a determinação do sistema silvicultural mais adequado a uma floresta (CARVALHO, 1999).

4.5.1 Abundância

A abundância absoluta é o número total de indivíduos pertencentes a uma determinada espécie por unidade de área, enquanto a relativa é a participação de cada espécie em valor percentual do número total de árvores levantadas na respectiva área (LAMPRECHT, 1964).

Em seu dicionário de botânica, Font-Quer (1975) descreveu abundância como a análise quantitativa das associações vegetais, isto é, o número de indivíduos que compõe cada espécie por unidade de superfície.

4.5.2 Frequência

A frequência determina a regularidade da disposição horizontal de cada espécie. A determinação da frequência se dá pela divisão da amostragem em subparcelas de igual tamanho, onde é verificada a presença ou ausência das espécies (LAMPRECHT, 1962; 1964). O mesmo autor comentou que a frequência absoluta de uma espécie é definida pelo valor em percentagem das subparcelas onde há a ocorrência da espécie, sendo o número total de parcelas igual a 100%, ao passo que a relativa é a porcentagem da frequência absoluta de uma espécie em relação à soma das frequências absolutas de todas as espécies que compõem a amostra.

4.5.3 Dominância

A dominância permite mensurar o quanto uma floresta é produtiva, constituindo-se em uma variável útil para a determinação da qualidade de sítio (FINOL U., 1969; 1971; 1975). É determinada pela projeção do corpo da planta no solo, que em análise estrutural, reflete a projeção horizontal das copas das árvores (LAMPRECHT, 1962; 1964; FONT-QUER, 1975).

Em florestas densas, como as da Amazônia, é difícil a determinação da projeção das copas das árvores no solo, corroborando as afirmativas de Longhi (1980) e Gomide (1997) que em florestas densas é praticamente impossível definir a projeção horizontal das árvores, devido à presença de vários estratos (dosséis) dispostos um sobre o outro, compondo uma estrutura vertical e horizontal muito complexa.

Em função desta dificuldade, habitualmente, utiliza-se a área transversal dos troncos para a determinação da dominância, uma vez que segundo Cain et al. (1956) há uma relação direta entre o diâmetro e a copa da árvore. Desta forma, o cálculo da dominância é feito pela soma das áreas transversais dos indivíduos de uma dada espécie (LONGHI, 1980), sendo seu valor relativo correspondente a área ocupada de cada espécie na estrutura horizontal total (LAMPRECHT, 1962; 1964).

4.5.4 Distribuição diamétrica

A distribuição diamétrica reflete como as árvores estão representadas nas diferentes classes de tamanho (FINOL, 1969), sendo um bom indicador do estoque em crescimento das florestas com importância para a realização de predições sobre a produção florestal (MUNIZ; CESAR; MONTEIRO, 1994; BARTOSZECK et al., 2004; MACHADO et al., 2009). Possibilita, do mesmo modo, determinar a influência do histórico de perturbação da área sobre a dinâmica das populações (RICHARDS, 1996).

Em florestas tropicais tal distribuição possui muitos indivíduos nas classes inferiores de tamanho, quantidades menores nas classes medianas e escassos nas classes superiores de diâmetro. Esta estrutura constitui a melhor opção para a sobrevivência da espécie, uma vez que os indivíduos das classes superiores de tamanho, eliminados por causa natural ou antrópica, poderão ser substituídos pelos indivíduos das classes inferiores, enquanto a espécie com distribuição diamétrica irregular, corre o risco de desaparecer com o tempo (LAMPRECHT, 1962; FINOL, 1964).

A avaliação da distribuição diamétrica em florestas tropicais possibilita a aferição sobre ingresso, mortalidade e acompanhamento do desenvolvimento das espécies arbóreas, servindo como ferramenta para caracterizar o estoque de

crescimento auxiliando no planejamento e intensidade da exploração (REIS et al., 2014).

4.6 REGENERAÇÃO NATURAL E DINÂMICA DA POPULAÇÃO

A sucessão florestal é composta por uma sequência de mudanças florísticas e estruturais que ocorrem no ecossistema, após um distúrbio, até que a floresta atinja novamente um ponto de equilíbrio dinâmico (PIRES-O'BRIEN; O'BRIEN, 1995; CARVALHO, 1999). Pires-O'Brien; O'Brien (1995) afirmaram que há dois tipos de sucessão ecológica: a primária que ocorre em uma região onde previamente não havia vegetação; e a secundária que ocorre em uma região onde havia uma vegetação natural.

De acordo com a teoria da sucessão ecológica, o ecossistema se desenvolve durante um estágio inicial de crescimento rápido, seguido de outros estágios de crescimento mais lento até chegar à fase de clímax (PIRES-O'BRIEN; O'BRIEN, 1995). Whitmore (1990) mencionou três fases no processo de sucessão florestal: fase de clareira, fase de regeneração e fase madura. A fase madura é dominada por árvores maduras e/ou senescentes; a fase de regeneração é composta por indivíduos jovens em intenso estágio de desenvolvimento; enquanto as clareiras normalmente contêm pouca ou nenhuma árvore viva, que seja maior do que mudas e arvoretas jovens. As três fases representam um processo contínuo em constante mudança. Estas fases são divisões arbitrárias do processo de crescimento das florestas tropicais, diferindo, porém, em estrutura e composição florística (WHITMORE, 1990; RICHARDS, 1996).

Vatrax et al. (2012) citaram que a dinâmica da floresta pode ser entendida pelas mudanças ocorridas na composição florística, fitossociologia e estrutura diamétrica, baseados no crescimento, ingresso, mortalidade e regeneração. Estudos, neste sentido, são fundamentais para a definição do melhor ciclo e intensidade de corte para a floresta, além de ser ferramenta para a prescrição de tratamentos silviculturais em florestas sob regime de manejo (ROCHA, 2001).

Segundo Venturoli; Felfili; Fagg (2007) a regeneração pode ser compreendida como a recuperação da fitomassa na clareira florestal conforme o dossel atinge a maturidade, ou ser atribuída à reorganização da diversidade

estrutural e florística garantindo a resiliência da floresta até o estado Clímax. Pode ser classificada de duas formas: 1) estática: referente a condição atual; 2) dinâmica: referente aos procedimentos silviculturais que têm por objetivo favorecer a regeneração já existente, especialmente àquelas com déficit ou em fase inicial no povoamento (LIMA FILHO et al., 2002).

A dinâmica da regeneração é considerada como um dos elementos básicos para o sucesso de qualquer sistema silvicultural. Tal processo inicia com a abertura de clareiras por meio da exploração florestal ou por meio dos desbastes, que provocam mudanças nas características edafoclimáticas locais, ocasionando o processo de sucessão florestal (JARDIM et al., 1996; CARVALHO, 1999).

A dinâmica e diversidade das florestas tropicais sofre forte influência da queda natural de árvores, resultando em um mosaico constituído por árvores de vários tamanhos e idade. Isto acontece devido a capacidade das sementes e mudas das inúmeras espécies desenvolverem-se sob diferentes intensidades luminosa (WHITMORE, 1991).

As inúmeras aberturas no dossel determinarão quais espécies irão compor a florística da área (FRANCEZ, 2006). Os estudos referentes a formação de clareiras naturais ou provenientes da exploração florestal são importantes, pois a intensidade de luz que penetra pela floresta até o solo influencia a composição de espécies que formarão o banco de plântulas, assim como a abundância e a distribuição destas na área (FRANCEZ et al., 2013).

Costa; Silva; Carvalho (2002) atestaram que as espécies apresentam particularidades inerentes ao grupo ecológico a que pertencem quando submetidas a diferentes intensidades de distúrbios, por exemplo, as espécies intolerantes à sombra apresentam maiores taxas de ingresso e mortalidade do que as tolerantes, pois, em geral são árvores de rápido crescimento e curta longevidade. Por apresentarem comportamentos distintos, é necessária a realização de estudos em diferentes ambientes da floresta, de acordo com sua exigência por luz, a fim de determinar o trato silvicultural adequado à espécie ou ao grupo de espécies em questão (SERRÃO; JARDIM; NEMER, 2003; JARDIM; SOARES, 2010).

4.7 MODELAGEM DO CRESCIMENTO

As estimativas referentes ao crescimento são de fundamental importância para o planejamento de um empreendimento florestal (SCHNEIDER, 1993).

Há uma extensa literatura sobre modelagem do crescimento em florestas equiâneas (plantações). No entanto, muitas destas abordagens não se aplicam a florestas inequiâneas, tornando-se um problema, já que há centenas de espécies e uma grande diversidade de tamanhos de árvores e padrões de crescimento (VANCLAY, 1994). Modelos para a predição do crescimento e produção foram desenvolvidos para florestas equiâneas com a utilização de variáveis como a idade e índice de sítio que são de difícil obtenção em florestas naturais (SOUZA; SOARES, 2013).

Em mensuração florestal um modelo de crescimento e produção pode ser classificado em três categorias: Modelo em nível de povoamento (não explicam diretamente a variação do tamanho das árvores); Modelo de distribuição por classe diamétrica e Modelos de árvores individuais, que podem ser ajustados com dados provenientes de inventários florestais contínuos ou de parcelas temporárias, ou por meio da análise de tronco (DAVIS, 1966; CAMPOS; LEITE, 2013).

Na construção dos modelos é necessário o entendimento da natureza dos dados. Em florestas inequiâneas os dados devem ser oriundos de parcelas permanentes, que deverão representar fielmente a população estudada (SCHNEIDER; SCHNEIDER; SOUZA, 2009). Esses modelos podem apresentar restrições oriundas da falta de conhecimento das relações biológicas entre as diferentes variáveis, o que requer cautela na seleção das variáveis a serem testadas. É necessário observar, também, a amplitude dos dados amostrados, que se torna complexo à medida que há o aumento da diversidade de espécies (BALBINOT et al., 2009).

Campos; Leite (2013) afirmaram que a produção, em geral, é estimada por modelos de distribuição diamétrica ou de árvores individuais, e que independente do critério utilizado a avaliação do modelo deve ser feita com dados que não foram empregados no ajuste, levando em consideração os aspectos quanto a precisão, realismo biológico, flexibilidade e simplicidade.

Em florestas nativas geralmente os modelos são ajustados por meio de dados coletados em parcelas permanentes, com a prognose fundamentando-se nas produções em área basal, volume, peso e principalmente na distribuição diamétrica, destacando-se neste último as cadeias de Markov ou matrizes de transição (SOUZA; SOARES, 2013).

A matriz de transição (cadeia de Markov) tem sido utilizada na modelagem de sistemas complexos, tendo como fundamento um conceito de estado (ingresso, sobrevivência, mortalidade, cortada ou colhida), onde os movimentos de um estado para outro são estimados pelas probabilidades de transição (SOUZA; SOARES, 2013).

A matriz de crescimento teve sua origem a partir do modelo matricial para estudos da taxa de crescimento de roedores em diferentes classes etárias, proposto por Leslie (1945). Usher (1966; 1969) é considerado um dos primeiros a aplicar a matriz de Markov em modelos de distribuição de diâmetros.

O modelo indica a probabilidade de movimento a partir de um estado inicial admitindo que ele seja constante ao longo de todo o período de projeção, e que as projeções não devem ser realizadas para períodos longos, uma vez que a eficiência da cadeia de Markov é estabelecida em dois pontos básicos: 1) O comportamento futuro é semelhante ao do presente; e 2) A estrutura da floresta depende somente do estado atual, não sofrendo efeito de qualquer característica passada (SCOLFORO, 1998; SOUZA; SOARES, 2013). Somado a isso, a matriz pode apresentar estados absorventes em que a probabilidade de transição, de uma classe diamétrica para outra, é igual a zero, ou seja, as árvores permanecem na mesma classe diamétrica (VANCLAY, 1994; PULZ et al., 1999).

A matriz de transição apresenta algumas limitações quanto ao período de projeção, que aceita somente valores múltiplos ao do período empregado (EBLING, et al., 2012); a outra reporta-se a dependência das projeções a situação da floresta no momento da coleta de dados (SCOLFORO, 1998; SCHNEIDER; FINGER, 2000). É difícil afirmar que não ocorrerão mudanças nas probabilidades de transição ao longo do tempo, sobretudo em populações de árvores longevas. A dificuldade em pôr à prova a homogeneidade deve-se à ausência de dados coletados em períodos mais longos (CUNHA et al., 2002).

A cadeia de Markov é uma possibilidade para investigações sobre o crescimento em florestas naturais, pois não requer variáveis difíceis de serem mensuradas, como idade e índice de sítio, por exemplo (HIGUCHI, 1987). Teixeira et al. (2007) afirmaram que essas duas variáveis são limitantes para o desenvolvimento de modelos de produção e que a prognose em florestas heterogêneas deve ser feita com o uso de parcelas permanentes tendo como alternativa o uso de modelos de curto prazo que dependem exclusivamente da situação imediatamente anterior a atual, objetivando a projeção para uma situação imediatamente posterior. Os autores afirmaram, também, que dos vários modelos disponíveis, o que melhor se ajusta às características das florestas da Amazônia é a cadeia de Markov.

As matrizes de transição são modelos intermediários aos modelos de povoamento total e de árvores individuais, fornecendo informações satisfatórias para o manejo de florestas inequidêneas, sem a complexidade referente aos modelos de árvores individuais (COLPINI, 2008). A prognose da distribuição diamétrica permite várias ações como: definição do ciclo de corte para a floresta ou para uma determinada espécie, estabelecimento de critérios para a definição de que espécies ou árvores poderão ser removidas da floresta, além da avaliação da possibilidade econômica da realização ou não do manejo (PULZ et al., 1999).

5 METODOLOGIA

5.1 FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS – BREVE HISTÓRICO

A Floresta Nacional do Tapajós (FLONA Tapajós) é uma Unidade de Conservação (UC) da categoria de uso sustentável, que segundo a Lei nº 9.985/2000-SNUC é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas (BRASIL, 2000). Foi criada pelo Decreto nº 73.684 homologado pelo Congresso Nacional em 19 de fevereiro de 1974, sob a jurisdição do antigo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) (BRASIL, 1974), que em seu artigo 1º versa:

Art 1º. É criado, no Estado do Pará, a Floresta Nacional do Tapajós, sob jurisdição do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, órgão vinculado ao Ministério da Agricultura, com a área estimada em 600.000ha (seiscentos mil hectares), dentro dos seguintes limites e confrontações: Oeste - Rio Tapajós; Leste - Rodovia Cuiabá - Santarém; Norte - Reta que passa pelo marco 50 (cinquenta) da Rodovia Cuiabá - Santarém e por um ponto de latitude igual a 2º45'S (dois graus e quarenta e cinco minutos Sul), à margem direita do Rio Tapajós; Sul - Rio Cupari e seu afluente Santa Cruz, também chamado Cupari Leste, até a intersecção deste ou do prolongamento do seu eixo, com a Rodovia Cuiabá - Santarém (Decreto nº 73.684/1974).

[...]

A FLONA do Tapajós, localizada entre as coordenadas geográficas 2º45' a 4º10'S e 54º45' a 55º30'W, apresenta uma área de 544.927 ha (600.000 ha no Decreto de Criação) abrangendo os municípios de Aveiro, Belterra, Placas e Rurópolis (IBAMA, 2004). Alloggio (2004) afirmou que com a criação do município de Belterra, em 1996, a maior parte da FLONA passou a pertencer ao referido município. Este mesmo autor apresentou um histórico da FLONA do Tapajós em seu trabalho intitulado "*Trinta anos da FLONA do Tapajós: avanços e retrocessos na integração entre conservação ambiental e participação social*" (Quadro 1).

A floresta faz limite ao norte com o paralelo que cruza o Km 50 da Rodovia Cuiabá-Santarém (BR-163); ao sul com a Rodovia Transamazônica (BR-230) e os Rios Cupari e Cuparaitinga (ou Santa Cruz); a leste com a BR-163 e a oeste com o Rio Tapajós. Dista 20 Km da sede do Município de Belterra e 83 Km do centro urbano de Santarém. O acesso a partir de Santarém pode ser feito de barco pelo Rio Tapajós ou pela BR-163 (IBAMA, 2004).

Quadro 1 - Histórico da Floresta Nacional do Tapajós, localizada no Oeste do Estado do Pará.

continua

Ano	Evento
1974	Criação da Floresta Nacional do Tapajós.
1978	IBDF fez o levantamento populacional dos núcleos familiares e das comunidades às margens do Rio Tapajós, a fim de introduzir a política de desapropriação e indenização.
1980	Comunitários abriram pico na floresta demarcando limite de uso das terras da FLONA, orientados pelo Sindicato dos Trabalhadores Rurais (STR) de Santarém.
1983	IBDF reconheceu provisoriamente a exclusão de áreas para a utilização das comunidades.
1988	Governo enviou chefes graduados do IBAMA para negociação e diálogo visando solucionar conflitos.
1989	Foi criado o projeto de Manejo Florestal na FLONA do Tapajós (IBAMA/ITTO) sem envolvimento das comunidades.
1990	Atividades de inventário florestal do IBAMA/ITTO agitaram os ânimos dos moradores e provocaram discussões e assembléias.
1992	Prefeitura de Santarém criou o Grupo de Estudos da Floresta Nacional do Tapajós (Decreto nº 18), integrado por representantes das comunidades, STRs, Poder Executivo e Legislativo,

Ano	Evento
	IBAMA, INCRA, EMATER, EMBRAPA, FCAP, PSA.
1993	Foi elaborado o estudo socioeconômico das comunidades da FLONA do Tapajós pelo IBAMA.
1995	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do Projeto de Lei nº 794 pelo deputado Nicias Ribeiro, propondo a exclusão de todas as vilas e povoados contidos nos limites da FLONA. • Apresentação do Projeto de Lei nº 939, substituto ao anterior, de autoria dos deputados Hilário Coimbra e Giovanni Queiroz, especificando a exclusão do município de Aveiro, de 48 lotes de colonos assentados pelo INCRA, da comunidade de São Jorge e de áreas ocupadas pelas comunidades ribeirinhas do Tapajós. • Criado o Grupo de Trabalho (GT) da FLONA do Tapajós, composto pelo IBAMA, INCRA, Prefeitura Municipal de Santarém, STR de Santarém, PSA, GDA, CPT AITA, ASMIPRUT, Conselho Comunitário de Belterra, CEAPAC e quatro representantes das 16 comunidades. • Por meio do apoio do PPG7, foi contratado serviço de assessoria jurídica.
1996	<ul style="list-style-type: none"> • Foram realizados plebiscito e votação das propostas apresentadas na cartilha da regularização fundiária. Dos 1.291 moradores, votaram 763 (59,1%). Destes, 36,73% optaram por permanecer nos limites da FLONA; 61,73% decidiram ficar fora da FLONA. Dentre os votantes, 57,8% decidiram pela criação da Área de Proteção Ambiental (APA), enquanto 33,68% optaram pela exclusão sem a criação da APA. • Por meio do PPG7, foi elaborado o Plano Diretor da Floresta Nacional do Tapajós, o Zoneamento Florestal, o Mapeamento Comunitário da Margem Direita do Rio Tapajós.
1997	Foi aprovado o Plano de Utilização das Comunidades da FLONA do Tapajós.
1998	Celebrado Termo de Ajustamento de Conduta entre o IBAMA e o Ministério Público Federal referente à utilização da FLONA pelas populações tradicionais.
2000	Entrou em vigor a Lei nº 9985/00 (SNUC), que admite a presença de populações ribeirinhas no interior das Unidades de Conservações (UC's) de Uso Sustentável.
2001	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentada emenda ao Projeto de Lei nº 794, assegurando às comunidades ribeirinhas o Direito Real de Concessão de Uso, tendo em vista o disposto na lei do SNUC. • Foi criado o Conselho Gestor da FLONA do Tapajós por meio da Portaria nº 84 de 29/06/2001.
2002	• As comunidades criaram a Comissão Fundiária da FLONA do Tapajós.
2004	• As comunidades criaram a Federação das Organizações das Comunidades Tradicionais da Floresta Nacional do Tapajós.

Fonte: Alloggio (2004).

5.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

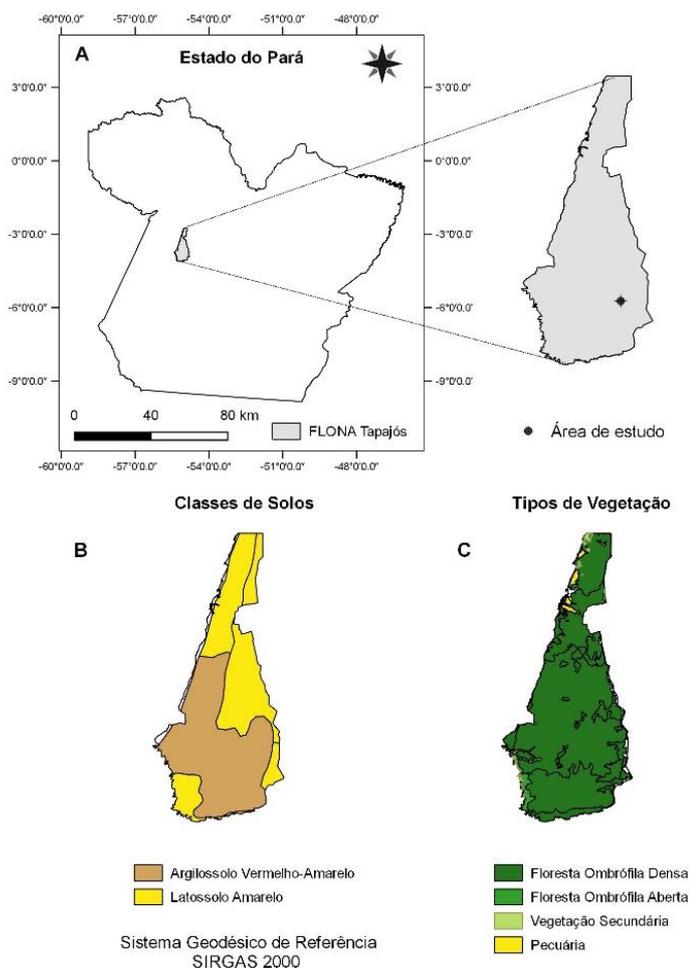
A área de estudo está localizada na Floresta Nacional do Tapajós (FLONA Tapajós), município de Belterra, Pará, à altura do Km 114 da BR-163 (Rodovia Santarém-Cuiabá), entre as coordenadas 02°40' - 04°10' de Latitude Sul e 54°45' - 55°30' de Longitude Oeste (CARVALHO, 2002) (Figura 1-A).

5.2.1 Clima

O clima predominante na região é do tipo "Ami", segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido. A umidade relativa do ar é de aproximadamente 86% (76-93%), com precipitação anual em torno de 2000 mm, com maiores índices de chuva de março a maio e período seco ou pouco chuvoso

de agosto a novembro. A média anual de temperatura é de 25 °C, com mínimas de 18,4 °C e máximas de 32,6 °C (CARVALHO, 2001).

Figura 1 - Localização da área de estudo (A), classes de solos (B) e tipologia de vegetação (C), na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Fonte: EMBRAPA (2001); ICMBio (2019); MMA (2019).

5.2.2 Geomorfologia e Hidrografia

A área apresenta um relevo plano a levemente ondulado. A porção de flanco às margens do Rio Tapajós insere-se na unidade morfoestrutural Planalto Rebaixado da Amazônia (Médio Amazonas), com cotas altimétricas em torno de 100 m, relevos dissecados, colinas com ravinas e vales encaixados. As superfícies de aplainamento são inundadas periodicamente por ocasião das chuvas. A região de planalto compreende a unidade morfoestrutural Planalto Tapajós-Xingu. O desnível entre a

região de planalto e o planalto rebaixado na margem do Rio Tapajós pode chegar a 150 m (RADAMBRASIL, 1976).

A FLONA do Tapajós, a oeste, faz limite com o Rio Tapajós, com uma área de drenagem, estimada em 490 mil Km² e vazão de 1,35 mil m³.segundo⁻¹. Ao sul faz limites com o Rio Cupari, tributário do Rio Tapajós. Internamente, a FLONA apresenta uma rede hidrográfica dividida entre os Rios Tapajós a oeste e Curuá-Una a leste. Na região de declive encontra-se a nascente do Rio Moju, tributário do Curuá-Una, cuja foz é no Rio Amazonas (IBAMA, 2004).

5.2.3 Solos

A principal classe de solo encontrada na área experimental é latossolo amarelo moderado com textura pesada (60% – 94% de argila) (Figura 1-B), com inclusão de latossolo amarelo concrecionário, derivado de argila pedregosa (CARVALHO, 2002).

Ker (1998) afirmou que, Latossolos Amarelos são solos que se encontram espalhados em muitas áreas do Brasil, contudo sua maior expressividade e continuidade de área encontram-se nos platôs litorâneos e amazônicos, apresentando-se como solos profundos, amarelos e cauliníticos. Afirmou, ainda, que normalmente desenvolvem-se a partir de sedimentos do Grupo Barreiras (Plio-pleistoceno) e Formação Alter do Chão (Cretáceo).

5.2.4 Vegetação

A vegetação da Floresta Nacional do Tapajós foi classificada e caracterizada de acordo com o Sistema Fisionômico-Ecológico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), como Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial) (Figura 1-C) (IBGE, 2012).

O termo Ombrófila (de origem grega) criado por Ellenberg; Mueller-Dombois (1967) apud IBGE (2012) substitui Pluvial (de origem latina), ambos com o mesmo significado “amigo das chuvas”. Este tipo de vegetação é caracterizado por fanerófitos - subformas de vida macro e mesofanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitas em abundância.

A característica ombrotérmica da Floresta Ombrófila Densa está presa a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25 °C) e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos). Esta tipologia é caracterizada, por apresentar vegetação com famílias botânicas de dispersão pantropical como as Fabaceae, Malvaceae e Sapotaceae, provenientes de frutos e/ou sementes aladas distribuídas por toda a zona neotropical. As famílias de origem afro-amazônica Caricaceae, Humiriaceae, Vochysiaceae e Lecythidaceae (com apenas um gênero na África), encontram-se bem distribuídas nesta formação (IBGE, 2012).

Ressalta-se, ainda, que ao sul da FLONA percebe-se, também, áreas de Floresta Ombrófila Aberta Aluvial. Dubois (1976) a classificou de forma minuciosa, em seis grupos: floresta alta com babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spring); floresta alta sem babaçu; complexo de florestas baixas; complexo de florestas cipoálicas e cipoal; florestas inundadas; e capoeiras. A área experimental encontra-se no tipo floresta alta sem babaçu, que, segundo o mesmo autor, ocorre no planalto, em terrenos planos a levemente ondulados.

5.3 HISTÓRICO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi instalado em 1981, pela Embrapa Amazônia Oriental, em uma área de 144 ha. Neste mesmo ano foram realizadas as seguintes atividades:

- I. Inventário pré-exploratório a 100% de intensidade: mensuração de todos os indivíduos com DAP (diâmetro a 1,30 m do solo) ≥ 45 cm;
- II. Inventário amostral para determinação da área basal, onde foram medidas todas as árvores com DAP ≥ 5 cm;
- III. Corte de cipós; e
- IV. Instalação e medição de 48 parcelas permanentes (antes da exploração florestal).

Em 1982 foi realizada a exploração florestal, de forma planejada, de 38 espécies comerciais (Tabela 1).

Tabela 1 - Espécies comerciais exploradas em 1982 no Km 114 da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

Nome comum	Nome científico	Família
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae
Angelim-da-mata	<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	Fabaceae
Angelim-pedra	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Fabaceae
Angelim-rajado	<i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W. Grimes	Fabaceae
Aroeira	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae
Aroeira	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Anacardiaceae
Castanheira-do-pará	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Lecythidaceae
Copaíba	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	Fabaceae
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Fabaceae
Cupiúba	<i>Goupia glaba</i> Aubl.	Goupiaceae
Faeira	<i>Roupala</i> sp.	Fabaceae
Fava-amarela	<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	Fabaceae
Fava-amargosa	<i>Vatairea paraensis</i> Ducke	Fabaceae
Fava-arara-tucupi	<i>Parkia multijuga</i> Benth.	Fabaceae
Fava-bolota	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Fabaceae
Freijó-branco	<i>Cordia bicolor</i> A. DC.	Boraginaceae
Gombeira	<i>Swartzia laurifolia</i> Benth.	Fabaceae
Ipê-amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O. Grose	Bignoniaceae
Ipê-roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae
Jarana	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A. Mori	Lecythidaceae
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae
Jutaí-mirim	<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	Fabaceae
Louro-preto	<i>Ocotea nigrescens</i> Vicent.	Lauraceae
Louro-vermelho	<i>Sextonia rubra</i> (Mez) van der Werff	Lauraceae
Maçaranduba	<i>Manilkara elata</i> (Alemão ex Miq.) Monach.	Sapotaceae
Mandioqueira	<i>Qualea gracilior</i> Pilg.	Vochysiaceae
Mandioqueira-escamosa	<i>Qualea paraensis</i> Ducke	Vochysiaceae
Mandioqueira-lisa	<i>Ruizterania albiflora</i> (Warm.) Marc.-Berti	Vochysiaceae
Marupá	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae
Morototó	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	Araliaceae
Parapará	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Bignoniaceae
Piquiá	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae
Piquiarana	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae
Preciosa	<i>Aniba canelilla</i> (Kunth) Mez	Lauraceae
Quarubarana	<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	Vochysiaceae
Sucupira-amarela	<i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth.	Fabaceae
Sucupira-preta	<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Fabaceae
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	Moraceae

Fonte: Carvalho (1992)

A determinação das espécies a serem exploradas se deu pelo valor comercial no município de Santarém, assim como pela abundância e volume das mesmas na floresta (CARVALHO; SILVA; LOPES, 2004). Desta forma, foram extraídas, em média, 12,5 árvores.ha⁻¹, o que soma 73 m³.ha⁻¹ (CARVALHO, 2001).

Em 1983, um ano após a exploração, foi realizada a segunda medição nas 48 parcelas permanentes da área explorada. Neste mesmo ano foram estabelecidas e mensuradas 12 parcelas permanentes em uma área de 36 ha de floresta não explorada (área testemunha), perfazendo uma área de 180 ha de experimento (OLIVEIRA et al., 2005).

Doze anos após a exploração (1993 a 1994), foi realizado o refinamento na floresta explorada, com a finalidade de eliminar árvores, de espécies não comerciais do ponto de vista madeireiro e não madeireiro, a fim de reduzir a área basal do povoamento, proporcionando maior entrada de luz na floresta, favorecendo o desenvolvimento e estabelecimento das espécies comerciais (OLIVEIRA et al., 2005). Foi feito o anelamento com envenenamento, a fim de eliminar as árvores das espécies não comerciais com DAP \geq 15 cm, até atingir a redução de área basal projetada para cada tratamento. Tal processo consistiu em entalhes feitos no fuste, sem a retirada da casca, seguida da utilização de Tordon 2,4D, diluído em óleo diesel, a uma concentração de 5% (COSTA; SILVA; SILVA, 2001).

Outras medições foram efetuadas, somando 31 anos de monitoramento na área explorada e 29 anos na área não explorada (Quadro 2).

5.4 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado. O experimento era composto por quatro tratamentos e uma área testemunha. Os tratamentos e testemunha inicialmente apresentavam 12 repetições, contudo, em função da ocorrência de um incêndio acidental em 1997 este número de repetições tornou-se diferenciado entre os tratamentos e testemunha (OLIVEIRA et al., 2005). Neste estudo serão utilizadas, apenas, as parcelas que não foram atingidas pelo fogo (Tabela 2).

Quadro 2 - Atividades e eventos ocorridos em um experimento de 180 ha, pertencente a Embrapa Amazônia Oriental na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da rodovia Santarém-Cuiabá), Pará.

Ano	Atividade realizada / Evento
1981	<ul style="list-style-type: none"> Estabelecimento de uma área experimental de 144 ha a uma distância de aproximadamente 200 m da rodovia BR-163 onde foram realizadas as seguintes atividades: <ol style="list-style-type: none"> Inventário pré-exploratório a 100% em árvores com DAP \geq 45 cm; Inventário por amostragem da área basal em árvores com DAP \geq 5 cm; Corte de cipós; Instalação e primeira medição das 48 parcelas permanentes.
1982	<ul style="list-style-type: none"> Exploração florestal na área experimental de 144 ha, seguindo a prescrição dos tratamentos.
1983	<ul style="list-style-type: none"> 2ª Medição das 48 parcelas permanentes instaladas na área explorada. Estabelecimento de uma quadra de 36 ha em floresta não explorada (área testemunha), a uma distância de 200 m da área explorada e 500 m da rodovia. Instalação e primeira medição de 12 parcelas permanentes na área testemunha.
1987	<ul style="list-style-type: none"> 3ª Medição das 48 parcelas permanentes instaladas na área explorada. 2ª Medição das 12 parcelas permanentes instaladas na área testemunha.
1989	<ul style="list-style-type: none"> 4ª Medição das 48 parcelas permanentes instaladas na área explorada. 3ª Medição das 12 parcelas permanentes instaladas na área testemunha.
1993 - 1994	<ul style="list-style-type: none"> Realização de refinamento para o beneficiamento das espécies consideradas comerciais.
1995	<ul style="list-style-type: none"> 5ª Medição das 48 parcelas permanentes instaladas na área explorada. 4ª Medição das 12 parcelas permanentes instaladas na área testemunha.
1997	<ul style="list-style-type: none"> Ocorrência de um incêndio acidental na área.
2003	<ul style="list-style-type: none"> 6ª Medição de 35 parcelas permanentes remanescentes na área explorada. 5ª Medição de 6 parcelas permanentes remanescentes na área testemunha.
2008	<ul style="list-style-type: none"> 7ª Medição de 48 parcelas permanentes instaladas na área explorada. 6ª Medição de 12 parcelas permanentes instaladas na área testemunha.
2012	<ul style="list-style-type: none"> 8ª Medição de 48 parcelas permanentes instaladas na área explorada. 7ª Medição de 12 parcelas permanentes instaladas na área testemunha.

Adaptado de: Oliveira et al. (2005).

Tabela 2 - Distribuição dos tratamentos (Trat.) na área experimental (Km 114) após o incêndio de 1997 ocorrido na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

Trat.	Descrição	Nº de parcelas não atingidas pelo fogo	Área amostral (ha)
T0	Floresta não explorada	6	1,50
T1	Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 45 cm	10	2,50
T2	Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 20%	7	1,75
T3	Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 40%	12	3,00
T4	Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 60%	6	1,50

Adaptado de: Oliveira et al. (2005).

5.5 AMOSTRAGEM

Para realizar o monitoramento da vegetação nos 180 ha, foram estabelecidas, de forma aleatória, 60 parcelas quadradas de 50 m x 50 m (0,25 ha) distribuídas em cinco faixas, de 36 ha cada (SILVA; LOPES, 1984; SILVA et al., 2005), alocadas ao longo da área experimental (Figura 2), da seguinte forma:

- Área explorada: 12 parcelas, para cada tratamento, totalizando 48 parcelas distribuídas em quatro faixas. Cada faixa foi constituída por 12 parcelas distribuídas entre os quatro tratamentos (T1, T2, T3, T4); e
- Área não explorada: instalação de 12 parcelas distribuídas em uma única faixa.

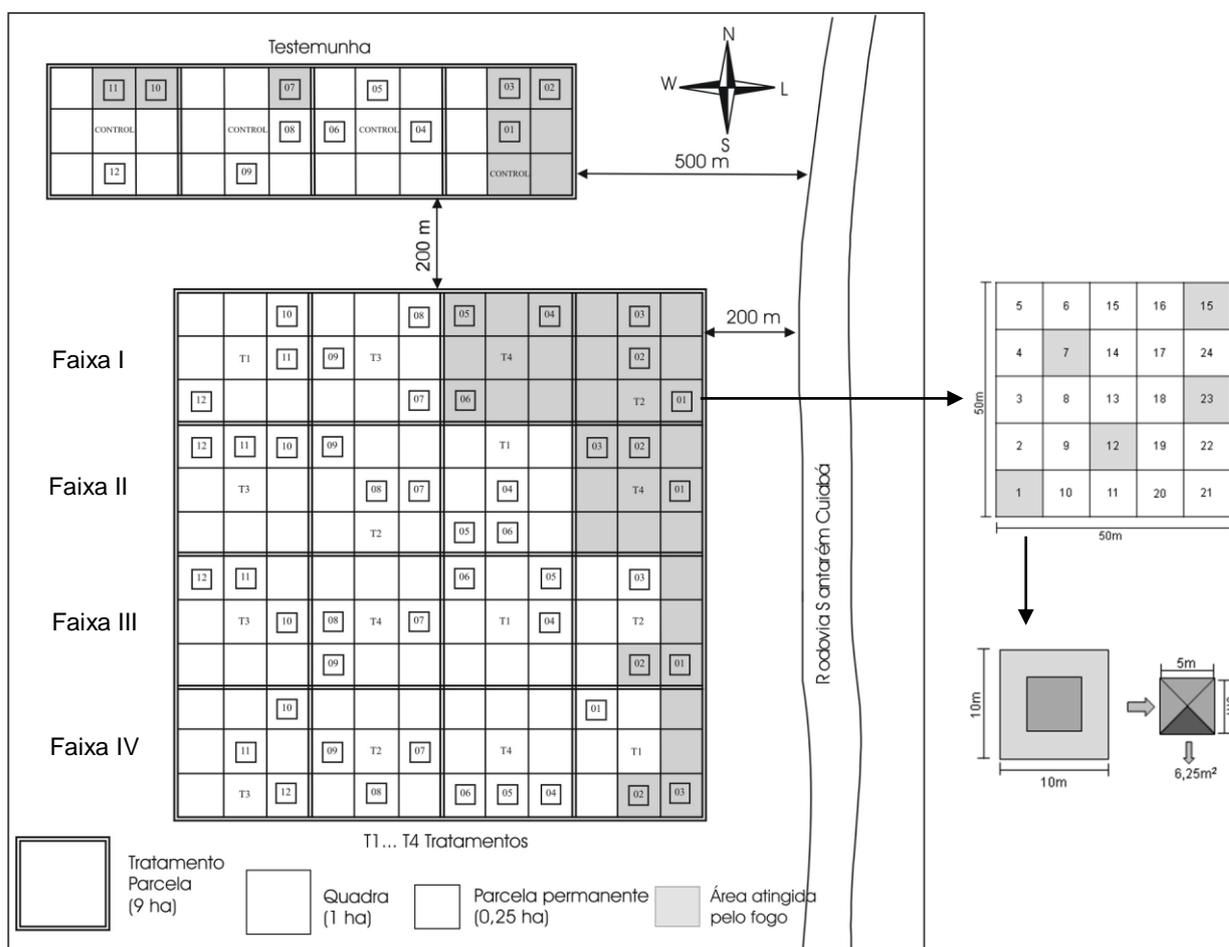
Cada faixa foi dividida em quatro quadrados de 9 ha, os quais foram subdivididos em nove quadrados de 1 ha. Em cada área de 9 ha foram alocadas de forma aleatória três parcelas (50 m x 50 m cada). As parcelas de 50 m x 50 m foram subdivididas em 25 subparcelas de 10 m x 10 m, para a mensuração de todos os indivíduos arbóreos com $DAP \geq 5$ cm (Figura 2).

Em cada parcela de 50 m x 50 m foram sorteadas cinco subparcelas, dentre as 25, e no centro de cada uma dessas cinco, foi demarcada uma parcela de 5 m x 5 m, para a mensuração dos indivíduos com $2,5 \text{ cm} \leq DAP < 5 \text{ cm}$ classificados como “varas”. Cada parcela de 5 m x 5 m foi dividida em quatro triângulos, dos quais um foi sorteado para a mensuração das “mudas” ($H \geq 30$ cm, $DAP < 2,5$ cm) (Figura 2).

5.6 REGISTRO DOS DADOS

Todos os indivíduos das classes de árvores, varas e mudas foram mensurados e identificados, conforme a metodologia de Silva; Lopes (1984) e Silva et al. (2005). As árvores e varas foram marcadas com tinta vermelha, para que todas as medições fossem efetuadas, exatamente, no mesmo ponto de mensuração. O registro das árvores, varas e mudas foi feito em fichas de campo, apropriadas para a medição de parcelas permanentes.

Figura 2 - Croqui de localização das parcelas permanentes para a realização de inventário florestal contínuo na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR-163), Pará.



Adaptado de: Carvalho (1992); Silva et al. (2005).

As varas que atingiram 5 cm ou mais de diâmetro durante as sucessivas medições, foram classificadas como egressas do estrato de varas e ingressas no estrato de árvores. Neste caso, ela perde a sua numeração original como vara e recebe um novo número de acordo com a subparcela a que irá pertencer no estrato de árvores. O seu registro na população de varas é “fechado” (vara egressa), não devendo mais ser registrada nesta classe.

As mudas não recebem qualquer tipo de numeração ou etiqueta, sendo registrado, apenas, o número de indivíduos de cada espécie.

Em árvores com fuste normal e sem sapopemas, o diâmetro foi medido a 1,30 m do solo. Em árvores e varas com qualquer deformação (sapopemas, nós, calosidades, podridão ou danos) a 1,30 m, a medição foi feita em outra posição acima da influência dessas irregularidades.

A identificação das árvores, varas e mudas foi realizada, em campo, por parabolômicos da Embrapa Amazônia Oriental, com base no nome popular da espécie. O material botânico das espécies que não foram identificadas em campo foi encaminhado ao Herbário IAN da Embrapa Amazônia Oriental, para determinação científica.

REFERÊNCIAS

ADEODATO, S.; VILLELA, M.; BETIOL, L. S.; MONZONI, M. **Madeira de ponta a ponta: o caminho desde a floresta até o consumo**. São Paulo: FGV RAE, 2011. 128p.

AIMEX. **Exportação brasileira de madeira 2011-2012** (Posição 44 da NCM/SH). Belém: AIMEX, 2013. Disponível em: < www.aimex.com.br >. Acesso em: 01 ago. 2014.

ALLOGGIO, T. Trinta anos da FLONA do Tapajós: avanços e retrocessos na integração entre conservação ambiental e participação social. In: RICARDO, F. (org.). **Terras Indígenas & Unidades de Conservação da natureza: o desafio das sobreposições**. São Paulo: Instituto Socioambiental, p. 580-588, 2004.

AMAZONAS. Decreto Estadual do Amazonas nº 25.044, de 1 de junho de 2005. Proíbe o licenciamento do corte, transporte e comercialização de madeira das espécies de andirobeiras e copaibeiras e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Amazonas**, Manaus, nº 30.629, 02 de jun. de 2005, página 4 - Poder Executivo. Disponível em: <<http://online.sefaz.am.gov.br/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; PÉLLICO NETO, S. Avaliação do tamanho de parcelas e de intensidade de amostragem em inventários florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 361-368, 2013.

AVILA, A. L. de; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J.; SCHNEIDER, P. R.; CARVALHO, J. O. P. de. Estrutura populacional e regeneração de espécies arbóreas na floresta nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 825-838, 2016.

AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B. de; LIMA, D. de; GARCIA, L. C.; SILVA, S. E. L. da. Formação de mudas de andirobeira (*Carapa guianensis* Aubl. – Meliaceae): 1 – resposta a diferentes níveis de sombreamento. **Revista da Universidade Federal do Amazonas**, Manaus, v. 6, n.1/2. p. 1-12, 1997 (Série: Ciências Agrárias).

AZEVEDO, C. P.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. do A. Efeito de diferentes níveis de exploração e de tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da floresta remanescente. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 277-293, 2008.

BALBINOT, R.; KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; MARCENE, E. A. Ajuste de equações alométricas para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. utilizando análise

de componentes principais conjuntamente com análise de regressão. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 232-237, abr./jun. 2009.

BARROS, A. C.; UHL, C. Padrões, problemas e potencial da extração madeireira ao longo do Rio Amazonas e do seu estuário. In: BARROS, A. C.; VERÍSSIMO, A. (Eds.). **A Expansão madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará**. Belém: Imazon, 2002. p. 109-141.

BARTOSZECK, A. C. de P. e S.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. A distribuição diamétrica para bracingais em diferentes idades, sítios e densidades na região metropolitana de Curitiba. **Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 305-323, 2004.

BECKER, B. K.; Revisão de políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenário? **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 12, p.135-159, 2001.

BOUFLEUR, N. T. **Aspectos ecológicos de Andiroba (*Carapa guianensis* Aublet., Meliaceae), como subsídio ao manejo e conservação**. 2004. 72f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre. 2004.

BRASIL. Decreto nº 73.684 de 19 de fevereiro de 1974. **Diário Oficial da União**, Seção 1, Brasília, DF, 20 de fev. 1974, página 1987. Disponível em: <www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs.../flona_tapajos.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2014.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**, Seção 1, Brasília, DF, 19 de jul. 2000, página 1. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>. Acesso em: 21 jul. 2014.

BRASIL. Lei 11.284 de 02 de março de 2006. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal - FNDF; altera as Leis nos 10.683, de 28 de maio de 2003, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 4.771, de 15 de setembro de 1965, 6.938, de 31 de agosto de 1981, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n.º 43, 03 de mar. de 2006, seção 1, página 1. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

BRAZ, E. M.; AHRENS, S.; THAINES, F.; RIBAS, L. A.; D'OLIVEIRA, M. V. N. **Crítérios para o estabelecimento de limites da intensidade de corte em florestas naturais tropicais**. Colombo: EMBRAPA, 2005. 6p. (Circular técnica 101).

CAIN, S. A.; CASTRO, G. M. de O.; PIRES, J. N. P.; SILVA, N. T. Application of some phytosociological techniques to Brazilian rain forest. **American Journal of Botany**. v. 43, n. 10, p. 911-941, 1956.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. atual. ampl. Viçosa: Ed. UFV, 2013. 605p.

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-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, n. 2, p. 209-217, 2004.

CARVALHO, J. O. P. de. Changes in the floristic composition of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 32, n. 2, p. 277-291, 2002.

CARVALHO, J. O. P. de. Estrutura de Matas altas sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G. (Eds.). **A Silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. DFID, p. 277-290, 2001.

CARVALHO, J. O. P. de. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, 1999, Belém, **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1999, p. 174-179.

CARVALHO, J. O. P. de. **Structure and dynamics of a logged over Brazilian Amazonian rain forest**. 1992. 215f. Thesis (Ph. D. Thesis) – University of Oxford, Oxford, UK, 1992.

COLPINI, C. **Dinâmica e prognose da produção de uma floresta de contato ombrófila aberta/estacional semidecidual**. 2008. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2008.

COSTA, D. H. M.; CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, J. N. M. Dinâmica da composição florística após a colheita de madeira em uma área de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós (PA). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 38, p. 67-90, 2002.

COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. Crescimento de árvores de 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.

COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de. Ingresso e mortalidade de árvores após a colheita de madeira em área de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós (PA). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 38, p. 119-126, 2002.

COSTA, D. H. M.; SILVA, S. M. A.; SILVA, J. N. M. Efetividade e custo do desbaste com aplicação de arboricida em floresta natural na região do Tapajós, Pará e Jari, Amapá. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G. (Eds.). **A Silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. DFID, 2001. p. 339-352.

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**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 109-122, 2002.

D'AGOSTINI, S.; BACILIERI, S.; VITIELLO, N.; HOJO, H.; BILYNSKYJ, M. C. V.; BATISTA FILHO, A.; REBOUÇAS, M. M. Ciclo econômico da borracha – seringueira *Hevea brasiliensis* (Hbk) M. Arg. **Páginas do Inst. Biol.**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 6-14, 2013.

DAVIS, K. P. **Forest management, regulation and evaluation**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1966. 521p.

DUBOIS, J. L. C. **Preliminary Forest management guidelines for the National Forest of Tapajós**. Belém: IBDF/PRODEPF, 1976. 24p.

EBLING, A. A.; WATZLAWICK, L. F.; RODRIGUES, A. L.; LONGHI, S. J.; LONGHI, R. V.; ABRÃO, S. F. Acuracidade da distribuição diamétrica entre métodos de projeção em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p.1020-1026, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Mapa de Solos do Brasil (Escala 1:5.000.000)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/mapa_solos.php>. Acesso em: 18 jan 2019.

FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C.; SAMPAIO, P. de T. B. Sementes e plântulas de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D. C.): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta amazonica**, Manaus, v. 32, n.4, p. 647-661, 2002.

FINOL, U. H. Estudio silvicultural de algunas especies comerciales en el bosque universitario “El Caimital” – Estado Barinas. **Revista Forestal Venezolana**, Mèrida, v. 7, n. 10-11, p. 17-63, 1964.

FINOL, U. H. Posibilidades de manejo silvicultural para las reservas forestales de la region occidental. **Revista Forestal Venezolana**, Mèrida, v. 12, n. 17, p. 81-107, 1969.

FINOL, U. H. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, Mèrida, v. 14, n. 21, p. 29-42, 1971.

FINOL, U. H. La silvicultura en la Orinoquia Venezolana. **Revista Forestal Venezolana**, Mèrida, v. 18, n. 25, p. 37-114, 1975.

FRANCEZ, L. M. de B. **Impacto da exploração florestal na estrutura de uma área de floresta na região de Paragominas, PA, considerando duas intensidades de colheita de madeira**. 2006. 203f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 2006.

FRANCEZ, L. M. B. de; CARVALHO, J. O. P. de; BATISTA, F. de J.; JARDIM, F. C. da S.; RAMOS, E. M. L. S. Influência da exploração florestal de impacto reduzido

sobre as fases de desenvolvimento de uma floresta de terra firme, Pará, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 743-753, 2013.

FONT-QUER, P. **Diccionario de Botánica**. Barcelona: Labor, 1975. 1244p.

GOMES, J. M.; CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, M. G. da; NOBRE, D. N. V.; TAFFAREL, M. FERREIRA, J. E. R.; SANTOS, R. N. J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 171-178, 2010.

GOMIDE, G. L. A. **Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primária e secundária no Estado do Amapá**. 1997. 179f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

HIGUCHI, N. **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon**. 1987. 129f. Thesis (Ph. D. Thesis) - Michigan State University, Michigan, EUA, 1987.

ILHA, O. K.; ALVES, F. C. S. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SILVA, C. R. P.; MENEGHETTI, M. R.; MENEGHETTI, S. M. P. Potential application of *Terminalia catappa* L. and *Carapa guianensis* oils for biofuel production: Physical-chemical properties of neat vegetable oils, their methyl-esters and bio-oils (hydrocarbons). **Industrial Crops and Products**, v. 52. p. 95-98, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**: Sistema fitogeográfico; Inventário das formações florestais e campestres; Técnicas e manejo de coleções botânicas; e Procedimentos para mapeamentos. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Floresta Nacional do Tapajós Plano de Manejo**. Volume I – Informações Gerais. Brasília: IBAMA/MMA, 2004. 580p.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Limites das Unidades de Conservação Federais** (atualizado em janeiro de 2019). Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamentos/51-menu-servicos/4004-downloads-mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-uc-s>>. Acesso em: 18 jan 2019.

IMAÑA-ENCINAS, J.; SILVA, G. F. da; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: Universidade de Brasília (Departamento de Engenharia Florestal), 2005. 43p.

JARDIM, F. C. da S.; SOARES, M. S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 535-542, 2010.

JARDIM, F. C. da S.; SOUZA, A. L.; BARROS, N. F.; MACHADO, C. C.; SILVA, E.; SILVA, A. F. Técnica de abertura do dossel por anelamento de árvores na Estação

Experimental de Silvicultura do INPA, Manaus - AM. **Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará**, Belém, n. 25, p. 91-104, 1996.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1998.

LAMPRECHT, H. Ensayo sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. **Acta Científica Venezolana**, Mérida, v. 13, n. 2, p. 57-65, 1962.

LAMPRECHT, H. Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del bosque universitario "El Caimital" – Estado Barinas. **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v. 7, n. 10-11, p. 77-119, 1964.

LEITÃO FILHO, H. de F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n. 35, p. 41-46, 1987.

LESLIE, P. H. On the use of matrices in certain population mathematics. **Biometrika**, v. 33, n. 3, p. 183-212, 1945.

LIMA FILHO, D. de A.; REVILLA, J.; CÔELHO, L. de S.; RAMOS, J. F.; SANTOS, J. L. dos; OLIVEIRA, J. G. de. Regeneração natural de três hectares de floresta ombrófila densa de terra firme na região do Rio Urucu-AM, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 555-569, 2002.

LOUREIRO, V. R.; PINTO, J. N. A. A questão fundiária na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n.54, p.77-98, 2005.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. 1980. 197f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v.1. 384p.

MACHADO, S. A.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; TÊO, S. J.; MIGUEL, E. P.; FIGURA, M. R.; SILVA, L. C. R. da. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2428-2434, 2009.

MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and its Measurements**. London: New Fatter Lane, 1988. 179p.

MAGURRAN, A. **Medindo a diversidade biológica**. Tradução: Dana Moiana Vianna. Curitiba: UFPR, 2011. 261p.

MARQUES, G. de S. **Estado e desenvolvimento na Amazônia: a inclusão amazônica na reprodução capitalista brasileira**. 2007. 316f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

MARTINS, S. S.; COUTO, L.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. L. Efeito da exploração florestal seletiva em uma Floresta Estacional Semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 01, p. 65-70, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>>. Acesso em: 18 jan 2019.

MUNIZ, F. H.; CESAR, O.; MONTEIRO, R. Aspectos florísticos quantitativos e comparativos da vegetação arbórea da Reserva Florestal do Sacavém, São Luís, Maranhão (Brasil). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 24, n. 3/4, p. 189-218, 1994

NASH, A. J.; ROGERS, B. **Inventory and evaluation of the forest resources in the state of Pará**. Belém: IDESP/USAID, 1975. 188p

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988. 434p.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L. Florística de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 34, n.1, p. 21-34, 2004.

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

PAULA, J. E. de; ALVES, J. L. de H. **897 madeiras nativas do Brasil: anatomia - dedrologia - dendrometria - produção - uso**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2007. 438p.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A. de; COSTA, J. R. M.; DIAS, J. M. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no Agreste Paraibano. **Acta bot. bras**, Belo Horizonte, v. 15, n. 3, p. 413-426, 2001.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia 2010**. Belém: Imazon, 2010. 122p.

PENNINGTON, T. D.; STYLES, B. T.; TAYLOR, D. A. H. Meliaceae. **Flora Neotropica**, v. 28: p. 406-419, 1981.

PINTO, A.; AMARAL, P.; GAIA, C.; OLIVEIRA, W. de. **Boas práticas para manejo florestal e agroindustrial de produtos florestais não madeireiros: açaí, Andiroba, babaçu, castanha-do-brasil, copaíba e unha-de-gato**. Belém: Imazon; Manaus: Sebrae-AM, 2010. 180p.

PINTO, A. C. M.; SOUZA, A. LOPES de; SOUZA, A. P. de; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; VALE, A. B. do. Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime de manejo florestal sustentado na Amazônia Ocidental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 459-466, 2002.

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

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 ineqüiâneas com a matriz de transição. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 1-14, 1999.

QUERINO, R. B.; TONINI, H.; MARSARO JÚNIOR, A. L.; TELES, A. S.; COSTA, J. de A. M. da. **Predação de Sementes de Andiroba (*Carapa spp.*) por *Hypsipyla ferrealis* Hampson (Lepidoptera, Pyralidae) em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 19p. (Embrapa Roraima. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 05).

RADAMBRASIL. *FOLHA SA.21- Santarém*: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1976.

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

RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest: an ecological study**. New York: Cambridge University Press, 1996. 575p.

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica Econômica Brasileira**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1976. 207p.

ROCHA, R. M. **Taxas de recrutamento e mortalidade da floresta de terra firme da bacia do Rio Cuieiras na região de Manaus-AM**. 2001. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2001.

SABOGAL, C.; POKORNY, B.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P de; ZWEEDE, J.; PUERTA, R. **Diretrizes técnicas de manejo para produção madeireira mecanizada em florestas de terra firme na Amazônia brasileira**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 2009, 217p.

SANDEL, M. P.; CARVALHO, J. O. P. de. **Composição florística e estrutura de uma área de cinco hectares de mata alta sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 19p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 63).

SANTANA, A. C. de; SANTOS, M. A. S. dos; SANTANA, A. L. de; YARED, J. A. G. O valor econômico da extração manejada de madeira no baixo amazonas, Estado do Pará. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.3, p. 527-536, 2012.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF-FATEC, 1993. 348p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M de. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2. ed. rev. e ampl. Santa Maria, RS: FACOS, 2009. 249p.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidâneas heterogêneas**. Santa Maria, RS: Imprensa Universitária/UFSM, 2000. 195p.

SCHNEIDER, R. R.; ARIMA, E.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; SOUZA JR., C. **Amazônia Sustentável: limitantes e oportunidades para o desenvolvimento rural**. Brasília/Belém: Banco Mundial/Imazon. 2000. 58p.

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

SERRÃO, R. D.; JARDIM, F. C. da S.; NEMER, T. C. Sobrevivência de seis espécies florestais em uma área explorada seletivamente no município de Moju, Pará. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 2, p.153-163, 2003.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Florestas do Brasil em resumo - 2010: dados de 2005-2010**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 152p.

SHANLEY, P.; MEDINA G. **Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica**. Belém: CIFOR, Imazon, 2005. 300 p. il.

SHEIL, D.; MAY, R. M. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of Ecology**, v. 84, n. 1, p. 91-100, 1996.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C.A. **Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia da EMBRAPA-CPATU na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. 36p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 33).

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C.A.; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, S. M. A. da; CARVALHO, J. O. P. de; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para Instalação e Medição de Parcelas Permanentes em Florestas Naturais da Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa / ITTO, 2005. 68p.

SILVA, L. C. R. da; MARQUES, G. de S. Análise do setor madeireiro paraense: crises e perspectivas. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, v. 8, n. 15, p. 17-37, 2012.

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

SOUZA, C. R. de; LIMA, R. M. B. de; AZEVEDO, C. P. de; ROSSI, L. M. B. **Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2006. 21p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 48).

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L. de; LEITE, H. G.; YARED, J. A. G. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 75-87, 2006.

TEIXEIRA, L. M.; CHAMBERS, J. Q.; SILVA, A. R.; LIMA, A. J. N.; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J.; 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**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 377-384, 2007.

UHL, C.; BEZERRA, O.; MARTINI, A. **Ameaça à Biodiversidade na Amazônia Oriental**. Série Amazônia, Belém: IMAZON, n. 6, 1997. 34p.

USHER, M. B. A matrix model for forest management. **Biometrics**, v. 25, n. 2, p. 309-315, 1969.

USHER, M. B. A matrix approach to the management of renewable resources, with special reference to selection forests— two extensions. **J. Appl. Ecol.**, v. 3, n. 2, p. 355-367, 1966.

VANCLAY, J. K. **Modelling Forest Growth and Yield**: Applications to Mixed Tropical Forest. Wallingford: CAB International, 1994, 312p.

VATRAZ, S.; CARVALHO, J. O. P. de; GOMES, J. M.; TAFFAREL, M.; FERREIRA, J. E. R. Efeitos de tratamentos silviculturais sobre o crescimento de *Laetia procera* (Poepp.) Eichler em Paragominas, PA, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 095-102, 2012.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J.; FAGG., C. W. Dinâmica de regeneração natural em capoeira de floresta estacional semidecidual sob manejo florestal de baixo impacto. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 435-437, 2007.

VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; LENTINI, M. **Pólos Madeireiros do Estado do Pará**. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON, 2002. 74p.

WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forest**. Oxford: Clarendon Press, 1990. 226p.

WHITMORE, T. C. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. In: GOMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. (Eds.). **Rain forest regeneration and management**. Paris: UNESCO, 1991. p. 667-689.

YARED, J. A. C.; CARPANEZZI, A. A. **Conversão da capoeira alta da Amazônia em povoamentos de produção madeireira**: o método do "recrú" e espécies promissoras. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1981. 27p. (Boletim de Pesquisa, 251).

YARED, J. A. G.; COUTO, L.; LEITE, H. G. Composição florística de florestas secundária e primária, sob efeito de diferentes sistemas silviculturais, na Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 463-474, 1998.

CAPÍTULO II



**Efeito de tratamentos silviculturais na área basal e
distribuição diamétrica de *Carapa guianensis*
Aubl. em floresta Amazônica**

RESUMO

EFEITO DE TRATAMENTOS SILVICUTURAIS NA ÁREA BASAL E DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Carapa guianensis* Aubl. EM FLORESTA AMAZÔNICA

AUTORA: Luciana Maria de Barros Francez
ORIENTADOR: Frederico Dimas Fleig

O efeito da exploração florestal e refinamento na área basal e distribuição diamétrica da floresta e de *Carapa guianensis* Aubl. 30 anos após a colheita da madeira, na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará, Brasil, foram analisados. Em 1981 e 1983, foram estabelecidas aleatoriamente 60 parcelas de 50 m x 50 m, nas quais foram medidos os indivíduos com DAP \geq 5 cm. Foram estabelecidos quatro tratamentos de acordo com as diferentes intensidades dos tratamentos silviculturais, além da área testemunha (T0- área não explorada; T1- área explorada; T2- área explorada + refinamento em até 20%; T3- área explorada + refinamento em até 40%; T4- área explorada + refinamento em até 60%). Foram analisadas a composição florística, diversidade, fitossociologia, distribuição diamétrica da floresta e de *C. guianensis*. A normalidade e homocedasticidade dos dados, foram avaliadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene. Quando os dados eram normais e homogêneos foram feitas análise de variância e Teste Tukey. Quando do não atendimento da normalidade e/ou homogeneidade foram realizados testes não paramétricos: teste de Wilcoxon, U de Mann-Whitney ou Kruskal-Wallis. A florística revelou uma área rica em termos de família, gênero e espécies. Simpon variou de 0,97 a 0,99. As espécies com maior índice de importância foram: *Rinorea guianensis* Aubl., *Protium apiculatum* Swart e *Rinorea riana* Kuntze. Os tratamentos T1, T2, T3, T4, apresentaram maior oscilação no número de indivíduos e espécies quando comparado a T0, o que é explicado pela entrada de luz na floresta, proporcionando um maior incremento e ingresso na comunidade. Ao considerar a área basal em um mesmo tratamento, nos diferentes anos de medição para a floresta, foram observadas diferenças para: T1 (1981x1983, 1983x2012) e T4 (1981x1983, 1981x1995), enquanto *C. guianensis* mostrou diferença em T1 entre todas as medições. Ao comparar os tratamentos em um mesmo ano de medição a floresta mostrou diferença entre: 1983 (T0xT1, T0xT3, T0xT4); 1995 (T0xT3, T0xT4, T2xT3, T2xT4); e 2012 (T0xT4, T2xT4), ao passo que *C. guianensis* não apresentou diferença. A floresta levou em média, 30 anos para recuperar a área basal inicial, enquanto *C. guianensis* não retomou a área basal de antes da exploração. A distribuição diamétrica da floresta e da espécie seguiram a forma de J-invertido a exceção de T2, que exibiu maior número de indivíduos nas classes medianas de tamanho. Entre os tratamentos aplicados, T2 foi o que revelou os melhores incrementos em área basal, tanto para a comunidade quanto para *C. guianensis*.

Palavras-chave: Andiroba. Incremento. Ciclo de corte. Exploração florestal. Amazônia.

ABSTRACT

SILVICULTURAL TREATMENT EFFECTS IN THE BASAL AREA AND DIAMETRIC DISTRIBUTION OF *Carapa guianensis* Aubl. IN AMAZON RAINFOREST

AUTHOR: Luciana Maria de Barros Francez

ADVISOR: Frederico Dimas Fleig

The effect of logging and thinning in the basal area and diametric distribution of the forest and of *Carapa guianensis* Aubl., 30 years after harvesting, in the Tapajós National Forest, State of Pará, were analyzed. In 1981 and 1983, 60 plots of 50 x 50 m were randomly established where all trees with DBH \geq 5 cm were measured. Four treatments were established according to the different intensities of the silvicultural treatments, besides the control area (T0 – unlogged area; T1 – logged area; T2 – logged area + thinning up to 20%; T3 – logged area + thinning up to 40%; T4 – logged area + thinning up to 60%). The floristic diversity, phytosociology, diametric distribution, and natural regeneration rate of the forest and of *C. guianensis* were investigated. The normality and homoscedasticity of the data were evaluated by Shapiro-Wilk and Levene tests. When data was normal and homogenous, the Analysis of variance and Tukey tests were performed. In the case of non-attendance of normality and/or homogeneity, non-parametric tests were performed: Wilcoxon, Mann-Whitney U, or Kruskal-Wallis tests. Floristic presented an area rich in terms of family, gender, and species. Simpson ranged from 0.97 to 0.99. The species with the highest importance index were *Rinorea guianensis* Aubl., *Protium apiculatum* Swart, and *Rinorea riana* Kuntze. The treatments T1, T2, T3, T4 showed greater oscillation in density and species compared with T0, which is explained by the entrance of light in the forest, providing a greater increment and ingrowth in the community. When considering the basal area in the treatment, in the different years of measurement of the forest, differences were observed for T1 (1981x1983, 1983x2012) and T4 (1981x1983, 1981x1995) while *C. guianensis* showed the difference in T1 among all measurements. When comparing the treatments in the same year of measurement, the forest showed the difference between 1983 (T0xT1, T0xT3, T0xT4); 1995 (T0xT3, T0xT4, T2xT3, T2xT4); and 2012 (T0xT4, T2xT4), whereas *C. guianensis* showed no difference. The forest took on average 30 years to restore the initial basal area while *C. guianensis* did not resume the basal area before logging. The diametric distribution of the forest and the species followed the reverse J-shaped except for T2 that exhibited a greater number of individuals in the medium-sized classes. Among the treatments applied, T2 was the one that revealed the best increments in the basal area, both for the community and for *C. guianensis*.

Keywords: Andiroba. Increment. Cutting cycle. Logging. Amazon.

1 INTRODUÇÃO

Processos como a exploração não regulamentada ameaçam os ecossistemas de florestais tropicais. A extração de madeira é frequentemente mencionada como uma das maiores ameaças à biodiversidade, mas indicativos sugerem que, bem administradas, as florestas destinadas à produção de madeira podem representar um recurso importante para a conservação (ITTO, 2009).

Países detentores de grandes áreas florestais, tornam-se fortemente comprometidos e pressionados, pois por um lado devem garantir o sustento das populações locais, que almejam os benefícios comuns ao mundo globalizado, por outro devem conservar um ambiente altamente diverso e complexo. Nesse contexto, a exploração madeireira tem seu mérito reconhecido em quase todas as regiões com florestas do planeta, embora seja motivo de muita polêmica (SCHULZE; GROGAN; VIDAL, 2008).

A Amazônia brasileira por ser uma das principais regiões produtoras de madeira tropical do mundo (SFB, 2010), vem gerando bastante preocupação do ponto de vista ambiental, devido à velocidade com que esse bioma vem sendo antropizado (SOUZA et al., 2015). Neste sentido, a promoção do manejo florestal é necessária, a fim de minimizar os efeitos ocasionados pela exploração, visando garantir o uso a gerações futuras.

A legislação florestal sugere um ciclo de corte de 25 a 35 anos para florestas sob o regime de manejo sustentável (BRASIL, 2006; 2009; PARÁ, 2015). Esta determinação, no entanto, requer bastante cautela no sentido de que cada espécie florestal cresce em ritmos diferentes, o que pode colocar em risco o restabelecimento das espécies comerciais que exigem um ciclo de corte superior ao preconizado na legislação.

Informações obtidas com as análises estruturais da floresta, por meio de dados coletados antes da exploração florestal e com acompanhamento por longos períodos após esta atividade, são a base para o conhecimento da dinâmica ecológica (SOUZA et al., 2006; CASTRO; CARVALHO, 2014). Tais informações são fundamentais, pois as espécies apresentam diferentes taxas de crescimento.

Paralelamente, a aplicação de tratamentos silviculturais constitui uma ferramenta importante para a sustentabilidade da produção florestal (SOUZA et al., 2015), podendo acelerar o crescimento das árvores.

Entretanto, apesar da importância dessas modificações na floresta, poucos estudos avaliam o comportamento das espécies florestais amazônicas, sob a ação de tratamentos silviculturais como corte de cipós, desbaste, liberação de copa, dentre outros. As espécies mais exploradas e comercializadas demandam estudos, tanto em termos ecológicos quanto econômicos, pois têm suas populações alteradas (CASTRO; CARVALHO, 2014).

No grupo das espécies mais comercializadas da Amazônia está *Carapa guianensis* Aubl., pertencente à família Meliaceae. Conhecida vulgarmente como Andiroba (LORENZI, 2008), apresenta grande potencial para exploração madeireira e não madeireira (TONINI; COSTA; KAMISKI, 2009).

A espécie ocupa lugar no sub-dossel ou dossel ocorrendo em áreas de várzea e terra firme em toda a região amazônica. Apresenta tronco cilíndrico com diâmetros de 50 a 120 cm, revestido por uma casca com ritidoma escamoso e reticulado. A madeira é vermelha e moderadamente pesada (0,70 a 0,75 g.cm⁻³) (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002; LORENZI, 2008). As sementes possuem um óleo insetífugo e medicinal, utilizado na iluminação de casas rurais (PAULA; ALVES, 2007) e no seguimento de cosméticos. A Andiroba é considerada como uma das espécies mais valiosas da Amazônia e sucessora do Mogno (*Swietenia macrophylla* King) (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002). Lorenzi (2008) considerou a espécie como heliófila, mas segundo Azevedo et al. (1997), desenvolve-se bem em ambientes sombreados na fase juvenil.

Estudos sobre o crescimento de espécies arbóreas exploradas na Amazônia são importantes, pois os resultados gerados são essenciais na tomada de decisões relativas ao manejo florestal, como: escolha das espécies a serem exploradas e protegidas; projeção mais precisa do ciclo de corte; e determinação de tratamentos silviculturais pós-colheita, praticamente inexistentes na Amazônia brasileira (SILVA et al., 2003; SOUZA et al., 2015).

Deste modo, a compreensão quanto a aplicação de tratamentos silviculturais e sua influência no incremento de variáveis dendrométricas das espécies consideradas comerciais é necessário. Nesse contexto, a pesquisa teve como

objetivo: a) avaliar o efeito de diferentes tratamentos silviculturais sobre a comunidade e população de *Carapa guianensis* Aubl., após 30 anos da colheita da madeira na Floresta Amazônica; b) indicar o tratamento silvicultural mais adequado à conservação da floresta e da espécie; c) identificar se o atual ciclo de corte contido na legislação brasileira, permite a conservação de *Carapa guianensis* Aubl.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará, Brasil (02° 40' - 04° 10' S e 54° 45' - 55° 30' W) (CARVALHO, 2002).

O relevo é plano a suavemente ondulado, com latossolo amarelo com textura pesada (60% - 94% de argila) (RADAMBRASIL, 1976; CARVALHO, 2002). O clima é do tipo "Ami" segundo Köppen com precipitação anual acima de 2000 mm e temperatura média de 25 °C (CARVALHO, 2001).

A vegetação na área de estudo é do tipo Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial) (IBGE, 2012). A FLONA do Tapajós, a oeste, faz limite com o rio Tapajós e ao sul com o rio Cupari, tributário do Tapajós. Internamente, a FLONA apresenta uma rede hidrográfica dividida entre os rios Tapajós a oeste e Curuá-Una a leste (IBAMA, 2004).

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Em 1981 foram estabelecidas de forma aleatória 48 parcelas quadradas, de 50 m x 50 m em 144 ha, subdivididas em 25 sub-parcelas de 10 m x 10 m (SILVA; LOPES, 1984; SILVA et al., 2005). Na área, em 1982, foi realizada exploração florestal em diferentes intensidades com a extração média de 12,5 árvores.ha⁻¹, de 38 espécies comerciais, totalizando 73 m³.ha⁻¹ (CARVALHO, 2001).

Em 1983 foram instaladas 12 parcelas em 36 ha de floresta não explorada (Testemunha). Entre os anos de 1993 e 1994 foram realizados refinamentos de diferentes intensidades em 36 das 48 parcelas exploradas, nas árvores com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) ≥ 15 cm, para a diminuição da área basal das espécies consideradas não comerciais. O refinamento não visava liberar o indivíduo

a nível de espécie, mas diminuir a concorrência e promoção geral das espécies comerciais, reduzindo uniformemente a densidade (AVILA, 2017). Em 1997 houve a ocorrência de um incêndio acidental na área diferenciando o número de parcelas entre os tratamentos, tomando a seguinte conformidade:

- T0: Floresta não explorada (seis parcelas);
- T1: Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP ≥ 45 cm (10 parcelas);
- T2: Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP ≥ 55 cm + redução da área basal em até 20% (sete parcelas);
- T3: Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP ≥ 55 cm + redução da área basal em até 40% (12 parcelas);
- T4: Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP ≥ 55 cm + redução da área basal em até 60% (seis parcelas).

Todos os indivíduos com DAP ≥ 5 cm foram mensurados. Quando da presença de alguma anormalidade (calosidades, nós, sapopemas, podridão...) no ponto de medição a mensuração do diâmetro foi feita fora da influência da mesma. As parcelas permanentes foram avaliadas em quatro ocasiões na área explorada (antes da exploração: 1981; e após a exploração: 1983, 1995, e 2012) e em três na área não explorada (1983, 1995, e 2012).

A identificação dos indivíduos foi feita, em campo, com base no nome popular da espécie por parobotânicos da Embrapa Amazônia Oriental. As espécies não identificadas em campo, tiveram material botânico coletado e encaminhado ao Herbário IAN da Embrapa Amazônia Oriental, para determinação científica. Os nomes científicos apresentados neste estudo estão de acordo com o sistema de classificação botânica do APGIV (APG, 2016), sendo os mesmos confirmados pelo site <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>.

2.3 ANÁLISE DOS DADOS

A composição florística da comunidade foi avaliada em nível de família, gênero e espécie. Para a avaliação da diversidade foi utilizado o índice de Simpson (C_s) (MAGURRAN, 2011).

Os parâmetros fitossociológicos foram calculados de acordo com os aspectos metodológicos propostos por Curtis; McIntosh (1951) e Finol U. (1971).

Conjuntamente, realizou-se a análise da estrutura diamétrica por histogramas de frequência, com intervalos de classes de 10 cm, construído para cada tratamento, ao longo de todo período de observação. Foi avaliada, ainda, a distribuição de frequência por meio da função descrita por Campos; Ribeiro; Couto (1983), que utiliza a equação $\ln N_i = b_0 + b_1 X_i + \mathcal{E}$, onde, \ln = logaritmo neperiano; N_i = número de árvores.ha⁻¹ da i-ésima classe de diâmetro; X_i = valor central da i-ésima classe de diâmetro; b_0 e b_1 = coeficientes da equação; \mathcal{E} = erro de estimativa.

A avaliação quanto à normalidade e homogeneidade de variância, da área basal da espécie e da comunidade, foi realizada por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene a 5% de significância. Quando os pressupostos da normalidade e homogeneidade foram atendidos, foi feita a análise de variância (com o uso do teste F de Fisher). Quando detectada diferença estatística pelo teste F, foi aplicado o teste de Tukey a fim de identificar quais médias apresentavam diferença significativa.

Quando do não atendimento dos pressupostos de normalidade e/ou homogeneidade de variância foram realizados testes não paramétricos: 1) Para amostras independentes foram utilizados os testes U de Mann-Whitney (para duas populações) ou de Kruskal-Wallis (mais de duas populações); 2) Para amostras pareadas foi utilizado o teste de Wilcoxon.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares Microsoft Office Excel 2013, Statistical Package for Social Science for Windows (SPSS) versão 21.0 (IBM SPSS, 2012); e Programa R versão 3.4.1 (R CORE TEAM, 2017).

3 RESULTADOS

Foram observadas em média $1120,31 \pm 115,22$ árvores.ha⁻¹ vivas com DAP ≥ 5 cm, para uma área basal de $28,22 \pm 4,01$ m².ha⁻¹, considerando todos os tratamentos e medições.

A florística revelou uma área rica em termos de famílias, gêneros e espécies (Tabela 1). As famílias com maiores médias de indivíduos e espécies foram Fabaceae, Sapotaceae, Lecythidaceae.

O índice de Simpson se manteve praticamente inalterado, demonstrando que a exploração pouco influenciou na diversidade. No entanto, foi observada uma oscilação no número de espécies das áreas com intervenções silviculturais, ocasionadas pela abertura do dossel.

Tabela 1 – Média do número de indivíduos (NI.ha⁻¹) com DAP ≥ 5 cm, famílias (F), gêneros (G), espécies (E) identificadas e diversidade Simpson (Cs: 1-C) ocorrentes em uma área de floresta de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

Trat.	Medição	Floresta						Andiroba	
		F	G	E	Cs	NI.ha ⁻¹	G.ha ⁻¹	NI.ha ⁻¹	G.ha ⁻¹
T0	1983	50	134	192	0,98	1059,33 \pm 85,28	30,51 \pm 2,63 ^{aA}	21,00 \pm 14,38	1,21 \pm 0,33 ^{aA}
	1995	50	134	195	0,98	1068,67 \pm 39,71	30,41 \pm 2,52 ^{aC}	20,00 \pm 11,49	1,46 \pm 0,22 ^{aA}
	2012	48	132	191	0,98	1054,00 \pm 91,35	33,25 \pm 3,15 ^{aE}	13,60 \pm 8,29	1,14 \pm 1,03 ^{aA}
T1	1981	53	136	190	0,97	1124,40 \pm 111,86	31,97 \pm 2,69 ^{acA}	14,22 \pm 8,74	1,92 \pm 1,42 ^{aA}
	1983	53	132	188	0,97	957,20 \pm 173,46	24,31 \pm 4,05 ^{bb}	7,56 \pm 5,81	0,42 \pm 0,44 ^{bA}
	1995	56	148	216	0,98	1240,00 \pm 92,36	30,17 \pm 5,16 ^{bcC}	9,00 \pm 8,49	0,61 \pm 0,65 ^{cB}
	2012	57	152	228	0,98	1142,40 \pm 108,75	32,16 \pm 5,88 ^{cE}	9,50 \pm 9,30	0,81 \pm 0,88 ^{dA}
T2	1981	47	120	178	0,97	1122,86 \pm 153,25	31,89 \pm 7,96 ^{aA}	16,00 \pm 7,59	1,79 \pm 2,22 ^{aA}
	1983	44	116	174	0,97	1017,14 \pm 151,84	25,68 \pm 3,80 ^{aA}	12,00 \pm 7,16	0,97 \pm 1,56 ^{aA}
	1995	48	131	189	0,98	1140,57 \pm 78,36	29,94 \pm 3,87 ^{aC}	10,00 \pm 4,20	0,94 \pm 1,17 ^{aA}
	2012	49	136	203	0,98	1090,29 \pm 95,63	34,06 \pm 5,16 ^{aE}	10,00 \pm 6,07	1,26 \pm 1,39 ^{aA}
T3	1981	54	146	223	0,98	1098,67 \pm 119,82	28,90 \pm 6,07 ^{aA}	17,09 \pm 12,79	0,94 \pm 0,88 ^{aA}
	1983	53	145	220	0,98	958,67 \pm 172,54	23,34 \pm 3,67 ^{aB}	14,90 \pm 12,91	0,55 \pm 0,50 ^{aA}
	1995	54	156	244	0,98	1211,67 \pm 99,02	24,36 \pm 4,67 ^{aD}	16,00 \pm 13,74	0,74 \pm 0,71 ^{aA}
	2012	53	155	255	0,98	1324,00 \pm 87,42	28,82 \pm 4,50 ^{aE}	13,00 \pm 11,46	0,94 \pm 0,68 ^{aA}
T4	1981	49	133	178	0,97	1140,67 \pm 145,25	28,82 \pm 3,85 ^{aA}	16,00 \pm 11,87	1,22 \pm 1,05 ^{aA}
	1983	49	125	177	0,98	957,33 \pm 109,36	20,90 \pm 3,24 ^{bcB}	13,33 \pm 10,63	0,55 \pm 0,57 ^{aA}
	1995	49	136	195	0,98	1204,00 \pm 133,79	21,36 \pm 2,03 ^{bcD}	15,33 \pm 11,15	0,75 \pm 0,70 ^{aA}
	2012	49	138	204	0,98	1374,00 \pm 138,93	25,42 \pm 2,59 ^{acG}	18,00 \pm 7,48	0,86 \pm 0,34 ^{aA}

Legenda: Trat. - Tratamentos; T0 - Floresta não explorada; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 60%; Médias em um mesmo tratamento, considerando as diferentes medições, acompanhadas de letras minúsculas distintas apresentam diferença a 5% de significância; Médias de diferentes tratamentos, considerando um mesmo ano de medição, acompanhadas de letras maiúsculas desiguais apresentam diferença a 5% de significância.

A variação no número de indivíduos, observada, nas parcelas com exploração florestal e/ou refinamento, quando comparadas a T0 (Tabela 1), é

explicada em função da entrada de luz na floresta, que proporcionou um maior incremento dos indivíduos, permitindo o ingresso destes na comunidade.

A área basal de T0 foi superior aos valores das áreas com exploração florestal e/ou aplicação de refinamento, apesar de possuir um menor número de indivíduos. Este tratamento não apresentou diferenças significativas entre as medições.

T1 (1981x1983; 1983x2012) e T4 (1981x1983; 1981x1995) mostraram diferença entre os anos de menor e maior valores de área basal, sinalizando que a floresta demandou 30 anos para alcançar uma área basal semelhante àquela antes da exploração. Isto provavelmente ocorreu em razão de T1 e T4 apresentarem as maiores intensidades de exploração florestal e refinamento, respectivamente.

Ao comparar os diferentes tratamentos em um mesmo ano de medição, foi observado que após a exploração florestal, T1 foi diferente de T0 somente em 1983. Os tratamentos T3 e T4 diferiram de T0 em praticamente todas as medições. A partir de 1995 estes tratamentos diferem de T2. Esta diferença de T2 em relação a T3 deixa de ocorrer somente em 2012 e permanece em relação a T4 (Tabela 1).

Após a exploração houve um aumento nos valores de área basal de T1, T2, T3 e T4, proporcionada pela abertura do dossel. Um novo aumento ocorreu após a realização de refinamento especialmente em T2 que promoveu maior incremento à comunidade.

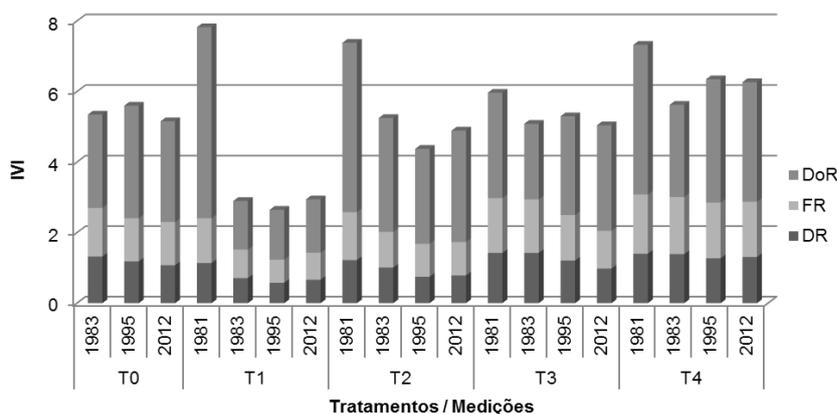
Os valores relativos de densidade, frequência e dominância de *C. guianensis* tiveram pouca variação em todos os tratamentos, excetuando o período entre 1981 e 1983 para as áreas com interveção silvicultural (T1 a T4) (Figura 1).

Os valores de densidade de *C. guianensis* foram maiores em T0 quando comparado aos demais tratamentos. A área basal da espécie variou de 0,42 a 1,92 m².ha⁻¹, com diminuição significativa para o T1 (Tabela 1), ao contrário de T0 que não apresentou diferença. Os demais tratamentos não mostraram diferenças.

Foi observado um aumento na área basal da espécie entre as medições de 1983 e 2012 (30 anos após a exploração), contudo apesar deste aumento, a espécie não conseguiu recuperar a área basal inicial, a exceção de T3 (Tabela 1). Vale ressaltar, porém, que T3 teve a menor área basal extraída durante a exploração. O tratamento com maior incremento em área basal, após o refinamento, foi T2.

A distribuição diamétrica da comunidade e da população de andiroba seguiu a forma de *J*-invertido (Figura 2).

Figura 1 - Valor de importância de *Carapa guianensis* Aubl. em uma área de floresta de terra firme, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



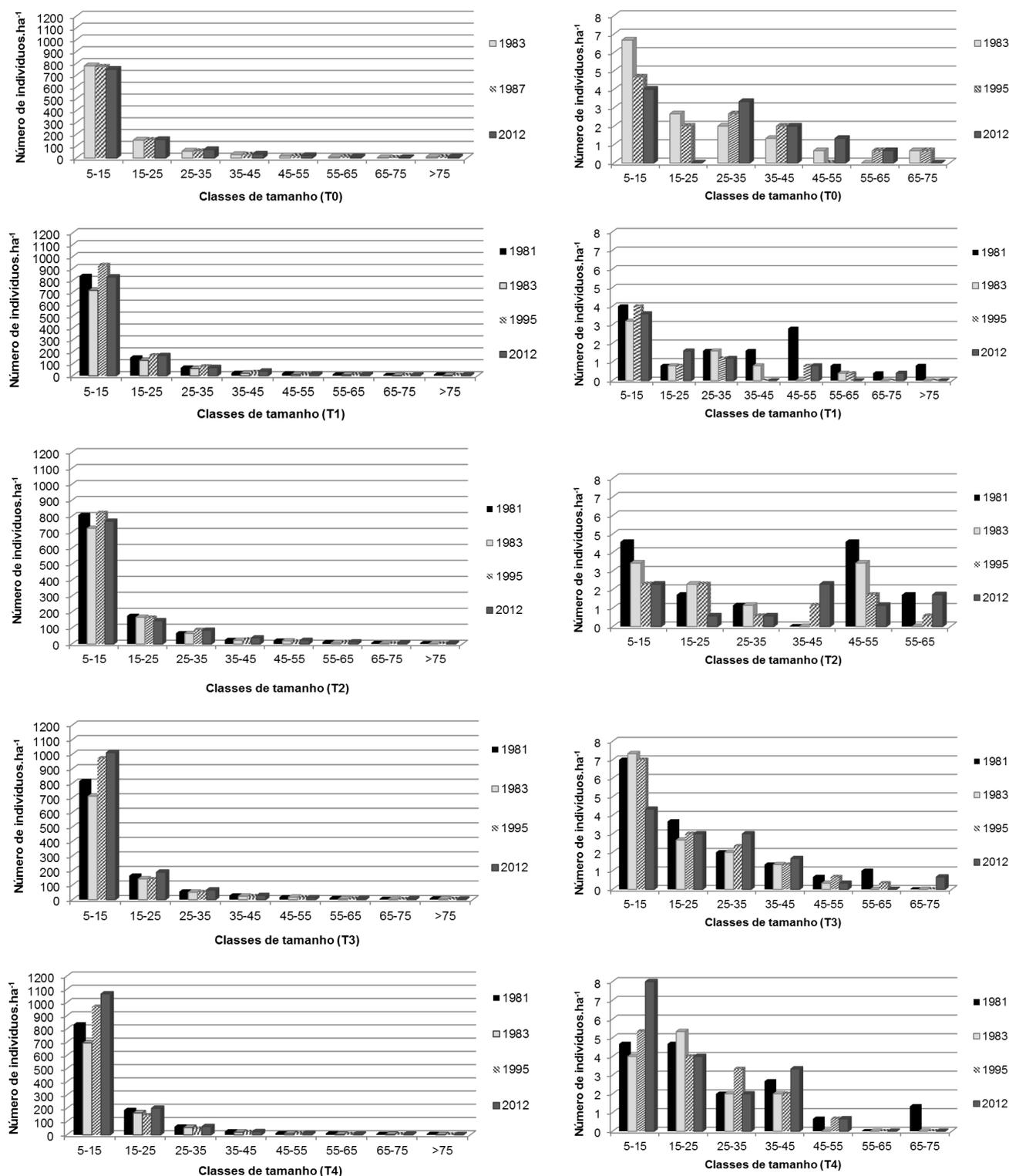
Legenda: T0 - Floresta não explorada; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 60%; DoR - Dominância relativa; FR - Frequência relativa; DR - Densidade relativa; VI - Valor de importância.

A função descrita por Campos; Ribeiro; Couto (1983), utilizada no ajuste da distribuição diamétrica da floresta em estudo, não apresentou bons resultados de acordo com o teste Qui-quadrado, com subestimativa dos valores estimados para a primeira classe diamétrica (Apêndice A).

Apesar de *C. guianensis* apresentar distribuição descontínua em algumas medições (Figura 2), o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{ajust.}$), para a função descrita por Campos; Ribeiro; Couto (1983), apresentou valores elevados em vários tratamentos, excetuando T2 em que não houve ajuste de equação (Anexo B). Este tratamento apresentou maior número de indivíduos nas classes médias e superiores de diâmetro, o que pode ter diminuído a concorrência por luz, água e nutrientes justificando o maior incremento em área basal da espécie.

A frequência estimada por classe de diâmetro de *C. guianensis* nos tratamentos em que foi observada regressão foram semelhantes às observadas em campo, com distribuição diamétrica semelhante ao *J*-invertido (Apêndice B).

Figura 2 - Distribuição diamétrica de uma floresta de terra firme (coluna a esquerda) e de *Carapa guianensis* Aubl. (coluna a direita), na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: T0 - Floresta não explorada; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 60%.

Estes resultados indicam a capacidade de resiliência de *C. guianensis*, que apresenta indivíduos nas classes inferiores de tamanho. Contudo, isto não dá a garantia de que a espécie alcançará o diâmetro mínimo de corte preconizado pela atual legislação ($DAP \geq 50 \text{ cm}$)¹⁰, sendo necessário, o acompanhamento por meio de parcelas permanentes e a utilização de tratamentos silviculturais a fim de beneficiar a espécie, que apresentou poucos indivíduos nas classes superiores de tamanho.

Em todos os tratamentos observados, tanto em termos de área basal quanto em número de indivíduos a floresta tende a recuperação de seus valores iniciais em função do favorecimento de espécies pioneiras e mesmo tolerantes, que não faziam parte da lista das espécies exploradas na área. Cabe ressaltar, no entanto, a importância de estudos em nível de espécie, visto que *C. guianensis* mostrou a necessidade de monitoramento e intervenções silviculturais.

4 DISCUSSÃO

Os valores de área basal registrados para a comunidade, foram semelhantes aos encontrados por Sist; Ferreira (2007), ao considerar indivíduos com $DAP \geq 10 \text{ cm}$ ($28 \pm 4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), antes da atividade florestal, em uma área no nordeste do Estado do Pará, e por Almeida et al. (2012) que registraram $33,64 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ em uma floresta de terra firme no município de Santarém, PA. Da mesma forma o número de famílias, gêneros e espécies foram similar aos resultados encontrados por outros autores na Amazônia Brasileira (LIMA et al., 2007; GONÇALVES; SANTOS, 2008; CONDÉ; TONINI, 2013; REIS et al., 2013; ANDRADE et al., 2015).

Fabaceae, Sapotaceae, Lecythidaceae estiveram entre as mais abundantes e de maior riqueza. Estas famílias são de maior ocorrência na região amazônica, destacando-se, também, nas pesquisas de Francez; Carvalho; Jardim (2007), Gonçalves; Santos (2008), Almeida et al. (2012), Condé; Tonini (2013), Andrade et al. (2015) e Carim et al. (2015) em florestas ombrófilas densas nos Estados do Amapá, Pará e Roraima.

Um pequeno grupo de espécies reuniu mais de 50% dos indivíduos registrados na área, igualmente a outros estudos na Amazônia (FRANCEZ; CARVALHO; JARDIM, 2007; GONÇALVES; SANTOS, 2008; CARIM et al., 2015;

¹⁰ Instrução Normativa n.º 5/2006-MMA (BRASIL, 2006); Resolução do CONAMA n.º 406/2009 (BRASIL, 2009) e Instrução Normativa n.º 05/2015-SEMAS/PA (PARÁ, 2015).

ANDRADE et al., 2015), com *Rinorea guianensis* Aubl., *Protium apiculatum* Swart e *R. riana* Kuntze, figurando entre as de maior valor de importância (BARROS; BARROS; SILVA, 2000; SOUZA et al., 2006; GONÇALVES; SANTOS, 2008).

Os altos valores e a pouca variação no índice de diversidade das espécies mostram um certo equilíbrio do sistema, visto que a diversidade e estabilidade apresentam uma correlação positiva (WHITTAKER; WILLIS; FIELD, 2001). De acordo com Magurran (2011) quanto maior o valor da medida, maior será a uniformidade da comunidade.

A diversidade de espécies arbóreas, é uma variável de resposta comum, usada para avaliar o impacto das intervenções de manejo florestal, contudo nos casos em que é pouco afetada há a possibilidade de alterações a nível de espécie (AVILA et al., 2015). A oscilação no número de espécies nas áreas com intervenção (T1 a T4), foi semelhante ao encontrado por estes autores, enquanto a floresta não explorada manteve-se estável quanto ao número de espécies ao longo do tempo.

A densidade da comunidade foi superior ao encontrado em outros trabalhos na Amazônia (AMARAL; MATOS; LIMA, 2000; GONÇALVES; SANTOS, 2008; FRANCEZ et al., 2009; REIS P. et al., 2014; ANDRADE et al., 2015), o que pode ser explicado pela classe de inclusão de diâmetro ser menor do que a utilizada nestes trabalhos.

A área basal da floresta em estudo foi superior ao identificado por Cunha et al. (2012), Reis et al. (2013) e Andrade et al. (2015) em experimentos na FLONA Tapajós e Moju, ambos no Estado do Pará; e inferior ao registrado por Teixeira et al. (2007) na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (EEST/INPA), no Estado do Amazonas.

A área em estudo necessitou de 30 anos para alcançar os valores de área basal semelhantes aos de antes da exploração, enquanto na pesquisa de Castro; Carvalho (2014), a floresta recuperou 90% da área basal inicial em 28 anos, em uma área onde foi praticada exploração sob a intensidade de $75 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$. Azevedo et al. (2008), em florestas no Estado do Amapá, verificaram que a exploração florestal de impacto reduzido foi boa para a floresta, mas não estimulou o crescimento, o que deverá proporcionar ciclos de corte superiores a 30 anos.

O aumento do incremento na comunidade após a exploração florestal ocorreu especialmente nas espécies demandantes de luz e raramente nas espécies

exploradas. Estudos na região amazônica mostram este mesmo comportamento após a exploração florestal, mas relatam que esse efeito é passageiro (PHILLIPS et al., 2002; CARVALHO; SILVA; LOPES, 2004; VATRAZ et al., 2016), sendo necessário a redução dos danos, aplicação de tratamentos silviculturais e enriquecimento para a manutenção e resiliência das espécies exploradas (LAMPRECHT, 1990; HUTCHINSON; WADSWORTH, 2006; AZEVEDO et al., 2008; PEÑA-CLAROS et al., 2008a; PUTZ et al., 2012; REIS et al., 2013; SOUZA et al., 2015).

Pesquisas demonstram que a utilização de tratamentos silviculturais, sete anos após a exploração de impacto reduzido na Amazônia, proporcionou incremento 20% maior nas árvores quando comparadas as áreas sem intervenção, e que 52% das árvores que não receberam tratamento necessitarão mais de um século para rotação, considerando um diâmetro de 60 cm (WADSWORTH; ZWEEDE, 2006). As taxas de crescimento de uma floresta explorada diminuem com o tempo na ausência de tratamentos silviculturais (SIST; FERREIRA, 2007) e mesmo na aplicação destes é necessária a repetição do tratamento para que este de fato seja efetivo (DE GRAAF; POELS; VAN ROMPAEY, 1999).

As copas das árvores que recebem maior quantidade de luz direta apresentam maiores incrementos em diâmetro, podendo inclusive duplicar o crescimento em relação à floresta explorada e sem tratamento silvicultural, ou mesmo quadruplicar quando comparado à floresta não explorada (SILVA, 2001; VIDAL; VIANA; BATISTA, 2002; VATRAZ et al., 2016). Todavia, estes tratamentos devem ser aplicados com cautela a fim de evitar a proliferação de espécies pioneiras indesejáveis e de valor econômico ainda desconhecido (VIDAL; VIANA; BATISTA, 1998; FRANCEZ et al., 2013), além da mudança não intencional da composição florística em função das grandes intensidades de desbaste praticadas (AVILA et al., 2017).

Semelhante a outros trabalhos em florestas Amazônicas sem grandes distúrbios, a comunidade e a população de Andiroba apresentaram maior número de indivíduos nas menores classes de diâmetro (OLIVEIRA; AMARAL, 2004; SOUZA et al., 2006; KLIMAS; KAINER; WADT, 2007; SILVA; MATOS; FERREIRA, 2008; GONÇALVES; SANTOS, 2008; HESS et al., 2010; PEREIRA; PINTO SOBRINHO;

COSTA NETO, 2011; REIS L. et al., 2014; CARIM et al., 2015), demonstrando uma floresta madura e equilibrada (FINOL U., 1976).

A área basal de *C. guianensis* foi semelhante ao encontrado por Vieira et al. (2013) ($1,23 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$) e menor do que os valores reportados por Tonini; Costa; Kamiski (2009) ($2,34 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$). Durante a realização da exploração florestal na FLONA do Tapajós a espécie era considerada como uma das mais valiosas e de maior densidade, sendo a mais explorada na área (OLIVEIRA et al., 2006). Outros estudos mostram que Andiroba já esteve entre as espécies de maior densidade em florestas amazônicas (PLOWDEN, 2004; KLIMAS; KAINER; WADT, 2007; TONINI; COSTA; KAMISKI, 2009; REIS et al., 2010; GUARINO et al., 2014).

C. guianensis atingiu a área basal de antes da exploração em um dos tratamentos com menor intensidade de colheita (T3). Porém, após aplicação do refinamento, a espécie apresentou maior incremento em T2. Este comportamento deve-se ao fato da espécie ser heliófila (LORENZI, 2008), com tolerância a ambientes sombreados na fase de muda (AZEVEDO et al., 1997), sendo favorecida por menores aberturas no dossel.

Nos trabalhos de Dekker; De Graaf (2003) e Azevedo et al. (2008) os melhores resultados quanto área basal e regeneração natural, foram registrados nos tratamentos com intensidade de desbaste leve ou no tratamento sem intervenção pós-exploratória, enquanto Peña-Claros et al. (2008b) em floresta tropical na Bolívia, observaram que o desbaste mais intenso proporcionou o aumento de 9 a 27% no crescimento das árvores, em especial para as espécies pioneiras de longa duração.

Áreas sem a aplicação de tratamentos silviculturais para beneficiamento das espécies exploradas revelam que a densidade e volume para o segundo corte são constituídos sobretudo pelas espécies não exploradas no primeiro corte (VAN GARDINGEN; VALLE; THOMPSON, 2006; REIS et al., 2010; CASTRO; CARVALHO, 2014), uma vez que o volume diminui a cada ciclo subsequente, não alcançando o volume inicial, tornando os lucros insustentáveis, em razão da diminuição do volume de maneira e mudança na composição de espécies (SILVA et al., 1995; PARROTTA; FRANCIS; KNOWLES, 2002; PHILLIPS et al., 2004).

Estes resultados causam preocupação, uma vez que o ciclo de corte¹¹ preconizado na legislação vigente, estabelece que em Planos de Manejo Florestal (PMFS) da categoria Pleno¹² o ciclo de “*corte inicial é de no mínimo 25 anos e no máximo 35 anos*” conforme Resolução do CONAMA nº 406/2009 e IN nº 05/2006-MMA (BRASIL, 2006; 2009). A IN SEMAS-PA nº 05/2015 (PARÁ, 2015) mencionou que “*o ciclo de corte inicial será de, no mínimo, 10 anos e, no máximo, 35 anos*” e que em áreas onde o ciclo de corte tenha decorrido 12 ou 24 anos será permitido a reentrada para a extração de 10 e 21 m³.ha⁻¹, respectivamente.

O rendimento da madeira diminui cerca de 50% ou mais após a primeira exploração, fazendo com que o setor madeireiro incorpore novas espécies, que antes não eram consideradas comerciais, demonstrando que os atuais regulamentos e práticas de exploração não garantem a sustentabilidade da produção em florestas tropicais (SIST; FERREIRA, 2007; ROZENDAAL; SOLIZ-GAMBOA; ZUIDEMA, 2010; PUTZ et al., 2012). Aqui pode ser tomado como exemplo, *Swietenia macrophylla* King, *Bertholletia excelsa* Bonpl. e *Euxylophora paraensis* Huber que apresentam restrições ou veto quanto a exploração florestal, conforme Portaria nº 443/2014 MMA e Resolução COEMA/PA nº 54/2007 (PARÁ, 2007; BRASIL, 2014), em função da exploração indiscriminada praticada no passado.

Com o tempo, a floresta torna-se pobre em espécies, ficando sujeita a outro tipo de uso ou ao arrendamento para outros fins que não madeireiro, a exemplo do que ocorreu em inúmeras propriedades do nordeste do Estado do Pará.

Em pesquisas na Bolívia, estimou-se que apenas 4 a 28% do volume colhido durante a primeira exploração florestal irá se recuperar a tempo para um segundo ciclo¹³ (DAUBER; FREDERICKSEN; PEÑA-CLAROS, 2005) e que as espécies demandam mais tempo do que o previsto para o ciclo de corte deste país (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006). Kammesheidt (1998) afirmou que apenas, um terço (61,3 m³.ha⁻¹) do volume comercial da floresta madura (185,3 m³.ha⁻¹) foi atingindo após 19 anos da exploração florestal na Venezuela.

Van Gardingen; Valle; Thompson (2006) encontraram incrementos comerciais de 0,33 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, na FLONA do Tapajós e que a retirada de 10 ou

¹¹ “Ciclo de corte: período de tempo, em anos, entre sucessivas colheitas de produtos florestais madeireiros ou não-madeireiros numa mesma área” (BRASIL, 2006; 2009).

¹² “Enquadra-se na categoria de PMFS Pleno, para a produção de madeira, aquele que prevê a utilização de máquinas para o arraste de toras e observará requisitos técnicos previstos nesta Instrução Normativa” (BRASIL, 2006; 2009).

¹³ O autor considerou um ciclo de corte de 25 anos. O ciclo de corte mínimo na Bolívia é de 20 anos.

20 m³.ha⁻¹ de madeira demandaria um ciclo de corte de 30 e 60 anos, respectivamente, e que valores acima de 0,33 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ torna a atividade insustentável, sendo necessário sistemas alternativos de regulação do rendimento para florestas da Amazônia brasileira. Cabe ressaltar, que a IN SEMAS-PA 05/2015 (PARÁ, 2015) prevê uma produtividade anual, para o grupo de espécies comerciais, de 0,86 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, valor superior ao relatado pelos autores.

O manejo florestal para a produção de madeira, exige que as funções florestais sejam mantidas e que o estoque remanescente das espécies comerciais recupere, durante cada ciclo de corte, para permitir o fornecimento de serviços ecossistêmicos e um rendimento sustentável (AVILA et al., 2017). O cálculo para a definição do ciclo de corte considera a comunidade (todas as espécies) e não a população (nível de espécie). Deve-se levar em conta que cada espécie explorada apresenta diferente ritmo de crescimento, e que para a determinação do ciclo de corte, seja respeitado o tempo necessário para a recuperação da espécie de crescimento mais lento, caso esta seja escolhida em um próximo ciclo.

Uma possível forma de diminuir o ciclo de corte é cumprir o limite máximo de volume a ser liberado por espécie que é de 6 m³.ha⁻¹ conforme IN nº 05/2015 da SEMAS/PA (PARÁ, 2015). Ao mesmo tempo o conhecimento e acompanhamento da estrutura diamétrica da floresta é fundamental para a determinação das espécies aptas à exploração. Outra maneira de dar celeridade ao crescimento seria a aplicação de tratamentos silvilculturais (refinamentos, desbastes, liberação de copa, limpeza de cipós) (De GRAAF; POELS; Van ROMPAEY, 1999; FREDERICKSEN; PUTZ, 2003; KAMMESHEIDT et al., 2003; DAUBER; FREDERICKSEN; PEÑA-CLAROS, 2005; WADSWORTH; ZWEEDE, 2006; PEÑA-CLAROS et al., 2008a; ROZENDAAL; SOLIZ-GAMBOA; ZUIDEMA, 2010; CASTRO; CARVALHO, 2014; FINEGAN, 2015).

C. guianensis é considerada de alto valor comercial em função de sua madeira e óleo extraído de suas sementes, sendo necessário a criação de diretrizes específicas para a espécie (CASTRO; CARVALHO, 2014), uma vez que possui características intrínsecas, sendo imperativo a determinação de métodos para a promoção do equilíbrio no ciclo regenerativo de sua população (AVILA et al., 2016).

5 CONCLUSÕES

- *C. guianensis* mostrou-se mais vulnerável à exploração florestal de maior intensidade;
- A exploração florestal somada ao refinamento pós-exploratório de menor intensidade (T2), mostrou os melhores resultados de incremento em área basal, tanto para a comunidade quanto para a população de *C. guianensis*;
- A espécie não é capaz de recuperar os valores de área basal no ciclo de corte médio (30 anos) recomendado na legislação vigente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. S. de; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, F. de A.; CARVALHO, J. O. P. de; GONÇALVES, D. C. M.; ARAÚJO, G. C. Fitossociologia e uso múltiplo de espécies arbóreas em floresta manejada, Comunidade Santo Antônio, município de Santarém, Estado do Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 2, p. 185-194, 2012.

AMARAL, I. L.; MATOS, F. D. A.; LIMA, J. Composição florística e parâmetros estruturais de um hectare de floresta densa de terra firme no Rio Uatumã, Amazônia, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 30, n. 3, p. 377-392, 2000.

ANDRADE, D. F.; GAMA, J. R. V.; MELO, L. O.; RUSCHEL, A. R. Inventário florestal de grandes áreas na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 5, n. 1, p. 109-115, 2015.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 181, p. 1-20, 2016.

AVILA, A. L. de; RUSCHEL, A. R.; CARVALHO, J. O. P. de; MAZZEI, L.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C.; ARAUJO, M. M.; DORMANN, C. F.; BAUHUS, J. Medium-term dynamics of tree species composition in response to silvicultural intervention intensities in a tropical rain forest. **Biological Conservation**, n. 191, p. 577-586, 2015.

AVILA, A. L. de; ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; SCHNEIDER, P. R.; CARVALHO, J. O. P. de. Estrutura populacional e regeneração de espécies arbóreas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 825-838, 2016.

AVILA, A. L. de; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A. R.; LOPES, J. do C.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; DORMANN, C. F.; MAZZEI, I.; SOARES, M. H. M.; BAUHUS, J. Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30

years following logging and thinning in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 385, p. 225-235, 2017.

AZEVEDO, C. P. de; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. do A. Efeito de diferentes níveis de exploração e de tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da floresta remanescente. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 277-293, 2008.

AZEVEDO, C. P. de; LIMA, R. M. B. de; LIMA, D. de; GARCIA, L. C.; SILVA, S. E. L. da. Formação de mudas de andirobeira (*Carapa guianensis* Aubl. – Meliaceae): resposta a diferentes níveis de sombreamento. **Revista da Universidade Federal do Amazonas**, Manaus, v. 6, n.1/2. p. 1-12, 1997 (Série: Ciências Agrárias).

BARROS, A. V. de; BARROS, P. L. C. de; SILVA, L. C. B. da. Análise fitossociológica de uma floresta situada em Curuá-Una – Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 34, p. 9-36, 2000.

BRASIL. Instrução Normativa n.º 5 de 11 de dezembro de 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS's nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, n.º 238, Seção 1, Brasília, DF, 13 de dez. 2006. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/>>. Acesso em: 29 set. 2016.

BRASIL. Resolução do CONAMA n.º 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 União**, Brasília, DF, n.º 26, 06 de fev. de 2009, página 100. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 29 set. 2016.

BRASIL. Portaria do Ministério do Meio Ambiente nº 445, de 17 de dezembro de 2014. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção". **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n.º 245, Seção1, 18 de dez. de 2014, página 126. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 481-493, 2006.

CAMPOS, J. C. C.; RIBEIRO, J. C.; COUTO, L. Emprego da distribuição diamétrica na determinação da intensidade de corte em matas naturais submetidas ao sistema de seleção. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 110-122, 1983.

CARIM, M. de J. V.; GUIMARÃES, J. R. da S.; TOSTES, L. de C. L.; TAKIYAMA, L. R.; WITTMANN, F. Composition, structure and floristic diversity in dense rain forest in the Eastern Amazon, Amapá, Brazil. **Acta Scientiarum**. Biological Sciences, Maringá, v. 37, n. 4, p. 419-426, 2015.

CARVALHO, J. O. P. de. Changes in the floristic composition of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 32, n. 2, p. 277-291, 2002.

CARVALHO, J. O. P. de. Estrutura de Matas altas sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G. (Eds). **A Silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa/DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. DFID, 2001. p. 277-290.

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

CASTRO, T. C.; CARVALHO, J. O. P. de. Dinâmica da população de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. durante 26 anos após a exploração florestal em uma área de terra firme na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2014.

CONDÉ, T. M.; TONINI, H. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 43, n. 3, p. 247-260, 2013.

CUNHA, U. S. da; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FREITAS, J. V. de. Diameter structure and phytosociological frequency of a "terra firme" Amazon Forest, before and after selective cutting. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 293-304, 2012.

CURTIS, J. T.; McINTOSH, R. P. An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. **Ecology**, v. 32, n. 3, p. 476-496, 1951.

DAUBER, E.; FREDERICKSEN, T. S.; PEÑA-CLAROS, M. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 214, p. 294-304, 2005.

DE GRAAF, N. R.; POELS, R. L. H.; VAN ROMPAEY, R. S. A. R. Effect of silvicultural treatment on growth and mortality of rainforest in Surinam over long periods. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 124, p. 123-135, 1999.

DEKKER, M.; DE GRAAF, N. R. Pioneer and climax tree regeneration following selective logging with silviculture in Suriname. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 172, n. 2-3, p.183-190, 2003.

FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C.; SAMPAIO, P. de T. B. Sementes e plântulas de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D. C.): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta amazonica**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 647-661, 2002.

FINEGAN, B. A 21st century viewpoint on natural tropical forest silviculture. In: KÖHL, M.; PANCE, L. (Eds.). **Tropical Forestry Handbook**. Berlin: Springer, 2015. 28p.

FINOL U., H. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v. 14, n. 21, p. 29-42, 1971.

FINOL U., H. Estudio fitossociológico de las unidades 2 e 3 de la Reserva Forestal de Caparo – Estado de Barinas. **Acta Botanica Venezuelana**, Mérida, v. 10, n. 14, p. 15-103, 1976.

FRANCEZ, L. M. B.; CARVALHO, J. O. P.; JARDIM, F. C. S. Mudanças ocorridas na composição florística em decorrência da exploração florestal em uma área de floresta de terra firme na região de Paragominas, PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 2, p. 219-228, 2007.

FRANCEZ, L. M. B. de; CARVALHO, J. O. P. de; JARDIM, F. C. da S.; QUANZ, B.; PINHEIRO, K. A. O. Efeito de duas intensidades de colheita de madeira na estrutura de uma floresta natural na região de Paragominas, Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 851-864, 2009.

FRANCEZ, L. M. B.; CARVALHO, J. O. P.; BATISTA, F. J.; JARDIM, F. C. S.; RAMOS, M. L. S. Influência da exploração florestal de impacto reduzido sobre as fases de desenvolvimento de uma floresta de terra firme, Pará, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 743-753, 2013.

FREDERICKSEN, T. S.; PUTZ, F. E. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 12, 1445-1453, 2003.

GONÇALVES, F. G.; SANTOS, J. R. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 229-244, 2008.

GUARINO, E. de S. G.; GESSNER, C. M; WADT, L. H. de O.; FONSECA, F. L. da; RAPOSO, A. Estrutura etária e espacial de uma população natural de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) na Amazônia Sul Ocidental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 91-99, 2014.

HESS, A. F.; CALGAROTTO, A. R.; PINHEIRO, R.; WANGINIÁK, T. C. R. Proposta de manejo de *Araucaria angustifolia* utilizando o quociente de Liocourt e análise de incremento, em propriedade rural no Município de Lages, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 337-345, 2010.

HUTCHINSON, I. D.; WADSWORTH, F. H. Efectos de la liberación en un bosque secundario de Costa Rica. **Recursos Naturales y Ambiente**, Turrialba, n. 46-47, p. 152-157, 2006.

IBM SPSS Statistics 21. IBM. 2012. **Software**. Disponível em: <<http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/products/statistics/>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**: Sistema fitogeográfico; Inventário das formações

florestais e campestres; Técnicas e manejo de coleções botânicas; e Procedimentos para mapeamentos. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Floresta Nacional do Tapajós Plano de Manejo**. Volume I – Informações Gerais. Brasília: IBAMA/MMA, 2004. 580p.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION/INTERNATIONAL UNION FOR THE CONSERVATION OF NATURE (ITTO/IUCN). **Guidelines for the conservation and sustainable use of biodiversity in tropical timber production forests**. ITTO/IUCN, 2009. 120p. (ITTO Policy Development Series PS-17).

KAMMESHEIDT, L.; DAGANG, A. A.; SCHWARZWALLER, W.; WEIDELT, H. Growth patterns of dipterocarps in treated and untreated plots. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 174, n. 1-3, p. 437-445, 2003.

KAMMESHEIDT, L. Stand structure and spatial pattern of commercial species in logged and unlogged Venezuelan forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 109, p. 163-174, 1998.

KLIMAS, C. A.; KAINER, K. A.; WADT, L. H. de O. Population structure of *Carapa guianensis* in two forest types in the southwestern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 250, p. 256-265, 2007.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ), 1990. 343p.

LIMA, A. J. N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Análise da estrutura e estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após o corte raso seguido de fogo. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 1, p. 49-53, 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v.1. 384p.

MAGURRAN, A. **Medindo a diversidade biológica**. Tradução: Dana Moiana Vianna. Curitiba: UFPR, 2011. 261p.

OLIVEIRA, A. N. de; AMARAL, I. L. do. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, n. 1, p. 21-34, 2004.

OLIVEIRA, L. C. de; COUTO, H. T. Z. de; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de. Exploração florestal e eficiência dos tratamentos silviculturais realizados em uma área de 136ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-Pará. **Rev. de Ciênc. Agrár.**, Belém, n. 46, p. 195-213, 2006.

PARÁ. Instrução Normativa nº 05 de 10 de setembro de 2015. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação

técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável - PMFS nas florestas nativas exploradas ou não e suas formas de sucessão no Estado do Pará, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Pará**, Belém, PA, n.º 32970, 14 de set. de 2015, páginas 31-42. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

PARÁ. Resolução COEMA nº 54, de 24 de outubro de 2007. Homologa a lista de espécies da flora e da fauna ameaçadas no Estado do Pará. **Diário Oficial do Estado do Pará**, Belém, PA, n.º 31035, 26 de out. de 2007, cad. 1, página 12. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

PARROTTA, J. A.; FRANCIS, J. K.; KNOWLES, O. H. Harvesting intensity affects forest structure and composition in an upland Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 169, n. 3, p. 243-255, 2002.

PAULA, J. E. de; ALVES, J. L. de H. **897 madeiras nativas do Brasil**: anatomia - dedrologia - dendrometria - produção - uso. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2007. 438p.

PEÑA-CLAROS, M.; FREDERICKSEN, T. S.; ALARCÓN, A.; BLATE, G. M.; CHOQUE, U.; LEAÑO, C.; LICONA, J. C.; MOSTACEDO, B.; PARIONA, W.; VILLEGAS, Z.; PUTZ, F. E. Beyond reduced-impact logging: silvicultural treatments to increase growth rates of tropical trees. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, p. 1458-1467, 2008a.

PEÑA-CLAROS, M.; PETERS, E. M.; JUSTINIANO, M. J.; BONGERS, F.; BLATE, G. M.; FREDERICKSEN, T. S.; PUTZ, F. E. Regeneration of commercial tree species following silvicultural treatments in a moist tropical forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, p. 1283-1293. 2008b.

PEREIRA, L. A.; PINTO SOBRINHO, F. de A.; COSTA NETO, S. V. da. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na reserva de desenvolvimento sustentável Rio Iratapuru, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 113-122, 2011.

PHILLIPS, P. D.; de AZEVEDO, C. P.; DEGEN, B.; THOMPSON, I. S.; SILVA, J. N. M.; Van GARDINGEN, P. R. An individual-based spatially explicit simulation model for strategic forest management planning in the eastern Amazon. **Ecological Modelling**, v.173, n. 4, p. 335-354, 2004.

PHILLIPS, O. L.; MALHI, Y.; VINCENTI, B; BAKER, T.; LEWIS, S. L.; HIGUCHI, N.; LAURANCE, W. F.; VARGAS, P. N.; MARTINEZ, R. M.; LAURANCE, S.; FERREIRA, L. V.; STERN. M.; BROWN, S.; GRACE, J. Changes in growth of tropical forests: evaluating potential biases. **Ecological Applications**, v. 12, n. 2, p. 576-587, 2002.

PLOWDEN, C. The Ecology and harvest of andiroba seeds for oil production in the Brazilian Amazon. **Conservation & Society**, Bangalore, v. 2, n. 2, p. 251-270, 2004.

PUTZ, F. E.; ZUIDEMA, P. A.; SYNNOTT, T.; PEÑA-CLAROS, M.; PINARD, M. A.; SHEIL, D.; VANCLAY, J. K.; SIST, P.; GOURLET-FLEURY, S.; GRISCOM, B.; PALMER, J.; ZAGT, R. Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: The attained and the attainable. **Conservation Letters**, v. 5, p. 296-303, 2012.

R CORE TEAM (2017). **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2017.

RADAMBRASIL. *FOLHA SA.21- Santarém*: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1976.

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; COELHO, A. A.; LUZ, A. S. da; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V. Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós após 28 anos da exploração florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 265-281, 2010.

REIS, L. P.; SILVA, J. N. M.; REIS, P. C. M. dos; CARVALHO, J. O. P. de; QUEIROZ, W. T. de; RUSCHEL, A. R. Efeito da exploração de impacto reduzido em algumas espécies de Sapotaceae no leste da Amazônia. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 395-406, 2013.

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; REIS, P. C. M. dos; CARVALHO, J. O. P. de; SOARES, M. H. M. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 3, p. 234-243, 2014.

REIS, P. C. M. dos; REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; QUEIROZ, W. T. de. Effect of timber harvesting on density and basal area of Lecythidaceae species in the eastern Amazon. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 2, p. 229-238, 2014.

ROZENDAAL, D. M. A.; SOLIZ-GAMBOA, C. C.; ZUIDEMA, P. A. Timber yield projections for tropical tree species: the influence of fast juvenile growth on timber volume recovery. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, p. 2292-2300, 2010.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Florestas do Brasil em resumo - 2010**: dados de 2005-2010. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 152p.

SCHULZE, M.; GROGAN, J.; VIDAL, E. O manejo florestal como estratégia de conservação e desenvolvimento socioeconômico na Amazônia: quanto separa os sistemas de exploração madeireira atuais do conceito de manejo florestal sustentável? In: NURIT B.; ARMSTRONG, G. (eds.). **O manejo da paisagem e a paisagem do manejo**. Brasília: Instituto Internacional de Educação do Brasil, p. 161-213, 2008.

SILVA, J. N. M. **Manejo Florestal**. 3. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 49p.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A.; ALMEIDA, B. F. de; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C.; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 71, p. 267-274, 1995.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A. **Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia da EMBRAPA-CPATU na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. 36p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 33)

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C.A.; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, S. M. A. da; CARVALHO, J. O. P. de; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para Instalação e Medição de Parcelas Permanentes em Florestas Naturais da Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa / ITTO, 2005. 68p.

SILVA, K. E. da; MATOS, F. D. de A.; FERREIRA, M. M. Composição florística e fitossociologia de espécies arbóreas do Parque Fenológico da Embrapa Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, Manaus. v. 38, n. 2, p. 213-222, 2008.

SILVA, R. P.; NAKAMURA, S.; AZEVEDO, C. P. de; CHAMBERS, J.; ROCHA, R. de M.; PINTO, A. C. M.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da bacia do Rio Cuieiras. **Acta Amazonica**, Manaus. v. 33, n. 1, p. 67-84, 2003.

SIST, P.; FERREIRA, F. N. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 243, p. 199-209, 2007.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L. de; LEITE, H. G.; YARED, J. A. G. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.1, p. 75-87, 2006.

SOUZA, D. V.; CARVALHO, J. O. P. de; MENDES, F. da S.; MELO, L. de O.; SILVA, J. N. M.; JARDIM, F. C. da S. Crescimento de espécies arbóreas em uma floresta natural de terra firme após a colheita de madeira e tratamentos silviculturais, no município de Paragominas, Pará, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 873-883, 2015.

TEIXEIRA, L. M.; CHAMBERS, J. Q.; SILVA, A. R.; 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**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 377-384, 2007.

TONINI, H.; COSTA, P. da; KAMISKI, P. E. Estrutura, distribuição espacial e produção de sementes de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) no sul do Estado de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 247-255, 2009.

- Van GARDINGEN, P. R.; VALLE, D.; THOMPSON, I. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajos National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 231, p.184-195, 2006.
- VATRAZ, S.; CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, J. N. M.; CASTRO, T. da C. Efeito da exploração de impacto reduzido na dinâmica do crescimento de uma floresta natural. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 261-271, 2016.
- VIDAL, E.; VIANA, V.; BATISTA J. F. L. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 133-143, 2002.
- VIDAL, E.; VIANA, V.; BATISTA, J. L. F. Efeitos da exploração madeireira predatória e planejada sobre a diversidade de espécies na Amazônia oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 503-520, 1998.
- VIEIRA, D. dos S.; GAMA, J. R. V.; RIBEIRO, R. B. da S.; XIMENES, L. C. Estrutura, distribuição espacial e volumetria de *Carapa guianensis* Aubl. na Floresta Nacional do Tapajós. **Nature and Conservation**, Aquidabã, v. 6, n. 2, p. 18-25, 2013.
- WADSWORTH, F.H., ZWEEDE, J.C. Liberation: acceptable production of tropical forest timber. **Forest Ecology and management**, Amsterdam, v. 233, p. 45-51, 2006.
- WHITTAKER, R. J.; WILLIS, K. J.; FIELD, R. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. **Journal of Biogeography**, v. 28, n. 4, p. 453-470, 2001.

APÊNDICE A – ESTATÍSTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS PARA FLORESTA POR MEIO DA FUNÇÃO DESCRITA POR CAMPOS; RIBEIRO; COUTO (1983).

Tratamentos		Estatística dos coeficientes estimados				Estatística do modelo				Y x Y'
		Coeficientes		S _{xyBj}	P	R ² _{ajust.}	S _{xy}	F	p	X ² (p)
T0	1983	b ₀	6,9259	0,3173	0,0000	0,9567	0,3754	133,6961	0,0001	0,0000
		b ₁	-0,0820	0,0071	0,0001					
		b ₁	-0,0908	0,0097	0,0002					
	1995	b ₀	7,0008	0,3305	0,0000	0,9553	0,3911	129,3135	0,0001	0,0000
		b ₁	-0,0840	0,0074	0,0001					
	2012	b ₀	6,9275	0,2725	0,0000	0,9659	0,3224	170,8234	0,0000	0,0000
b ₁		-0,0796	0,0061	0,0000						
T1	1981	b ₀	6,8221	0,3964	0,0000	0,9261	0,4690	76,2136	0,0003	0,0000
		b ₁	-0,0774	0,0089	0,0003					
	1983	b ₀	6,7655	0,3706	0,0000	0,9412	0,4385	97,0001	0,0002	0,0000
		b ₁	-0,0816	0,0083	0,0002					
	1995	b ₀	7,0935	0,3413	0,0000	0,9529	0,4038	122,4838	0,0001	0,0000
		b ₁	-0,0845	0,0076	0,0001					
	2012	b ₀	6,9682	0,3046	0,0000	0,9579	0,3604	137,6119	0,0001	0,0000
		b ₁	-0,0799	0,0068	0,0001					
T2	1981	b ₀	6,8043	0,3818	0,0000	0,9260	0,4517	76,0359	0,0003	0,0000
		b ₁	-0,0744	0,0085	0,0003					
	1983	b ₀	6,8537	0,3347	0,0000	0,9492	0,3960	113,0236	0,0001	0,0000
		b ₁	-0,0796	0,0075	0,0001					
	1995	b ₀	6,9988	0,3165	0,0000	0,9555	0,3745	129,7120	0,0001	0,0000
		b ₁	-0,0806	0,0071	0,0001					
	2012	b ₀	6,7662	0,3118	0,0000	0,9446	0,3689	103,3622	0,0002	0,0000
		b ₁	-0,0709	0,0070	0,0002					
T3	1981	b ₀	6,8557	0,3607	0,0000	0,9411	0,4268	96,8504	0,0002	0,0000
		b ₁	-0,0794	0,0081	0,0002					
	1983	b ₀	6,8923	0,3083	0,0000	0,9623	0,3648	154,0437	0,0001	0,0000
		b ₁	-0,0856	0,0069	0,0001					
	1995	b ₀	7,0601	0,3880	0,0000	0,9461	0,4590	106,3042	0,0001	0,0000
		b ₁	-0,0894	0,0087	0,0001					
	2012	b ₀	7,0419	0,4316	0,0000	0,9232	0,5107	73,1180	0,0004	0,0000
		b ₁	-0,0825	0,0097	0,0004					
T4	1981	b ₀	6,8817	0,4257	0,0000	0,9203	0,5036	70,3031	0,0004	0,0000
		b ₁	-0,0798	0,0095	0,0004					
	1983	b ₀	6,9110	0,3694	0,0000	0,9489	0,4371	112,3244	0,0001	0,0000
		b ₁	-0,0875	0,0083	0,0001					
	1995	b ₀	7,0183	0,4227	0,0000	0,9369	0,5001	90,1206	0,0002	0,0000
		b ₁	-0,0897	0,0095	0,0002					
	2012	b ₀	7,2246	0,4346	0,0000	0,9352	0,5142	87,5309	0,0002	0,0000
		b ₁	-0,0909	0,0097	0,0002					
		b ₁	-0,0784	0,0063	0,0001					

Legenda: Medições 1981 – 2012; T0 - Área não explorada; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 45cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55cm + redução da área basal em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55cm + redução da área basal em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55cm + redução da área basal em até 60%. O refinamento foi realizado nos anos de 1993 e 1994; b₀ e b₁ - Coeficientes da equação; S_{xyBj} – Erro padrão dos coeficientes; R²_{ajust.}- Coeficiente de determinação ajustado do modelo; S_{xy} - Erro padrão do modelo; F – Valor de F; p – Significância; Y x Y' – Comparação entre os valores observados (Y) e estimados (Y'); X² – Qui-quadrado.

APÊNDICE B – ESTATÍSTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIAS DE *Carapa guianensis* Aubl. POR MEIO DA FUNÇÃO DESCRITA POR CAMPOS; RIBEIRO; COUTO (1983).

Tratamentos		Estatística dos coeficientes estimados				Estatística do modelo				Y x Y'
		Coeficientes		S _{xyBj}	p	R ² _{ajust.}	S _{xy}	F	p	X ² (p)
T0	1983	b ₀	1,9147	0,2955	0,0029	0,8494	0,3429	29,2000	0,0057	0,9450
		b ₁	-0,0384	0,0071	0,0057					
	1995	b ₀	1,7303	0,2443	0,0021	0,8620	0,2890	32,2273	0,0048	0,9850
		b ₁	-0,0317	0,0056	0,0048					
	2012	b ₀	1,9819	0,3004	0,0071	0,8534	0,2771	24,2882	0,0160	0,9634
		b ₁	-0,0355	0,0072	0,0160					
T1	1981	b ₀	1,1916	0,5802	0,0952	0,2551	0,6864	3,0544	0,1409	---
		b ₁	-0,0227	0,0130	0,1409					
	1983	b ₀	1,1632	0,4629	0,0867	0,6154	0,4901	7,4000	0,0725	---
		b ₁	-0,0347	0,0127	0,0725					
	1995	b ₀	1,1931	0,5148	0,1033	0,5788	0,5513	6,4961	0,0840	---
		b ₁	-0,0339	0,0133	0,0840					
	2012	b ₀	1,3411	0,1985	0,0066	0,9219	0,2279	48,1988	0,0061	0,9844
		b ₁	-0,0328	0,0047	0,0061					
T2SF	1981	b ₀	0,9733	0,6781	0,2467	-0,3146	0,7261	0,0427	0,8495	---
		b ₁	-0,0036	0,0175	0,8495					
	1983	b ₀	0,8469	0,6700	0,3336	-0,4998	0,6347	0,0002	0,9889	---
		b ₁	0,0003	0,0215	0,9889					
	1995	b ₀	0,9112	0,5385	0,1659	0,1874	0,5784	2,1531	0,2162	---
		b ₁	-0,0203	0,0138	0,2162					
	2012	b ₀	-0,0016	0,6583	0,9982	-0,2144	0,7071	0,1174	0,7491	---
		b ₁	0,00579	0,0169	0,7491					
T3	1981	b ₀	2,4784	0,0803	0,0001	0,9928	0,0766	556,4183	0,0002	0,9998
		b ₁	-0,0571	0,0024	0,0002					
	1983	b ₀	2,6337	0,3553	0,0051	0,9095	0,3388	41,1826	0,0077	0,9731
		b ₁	-0,0688	0,0107	0,0077					
	1995	b ₀	2,4754	0,1387	0,0001	0,9814	0,1490	265,1240	0,0001	0,9989
		b ₁	-0,0580	0,0036	0,0001					
	2012	b ₀	1,8782	0,5178	0,0222	0,6397	0,6007	9,8773	0,0348	0,9580
		b ₁	-0,0391	0,0124	0,0348					
T4	1981	b ₀	1,7773	0,4521	0,0171	0,5175	0,5246	6,3634	0,0652	---
		b ₁	-0,0274	0,0109	0,0652					
	1983	b ₀	1,8767	0,4530	0,0536	0,4467	0,3699	3,4221	0,2056	---
		b ₁	-0,0306	0,0165	0,2056					
	1995	b ₀	2,3660	0,3426	0,0062	0,8404	0,3267	22,0578	0,0183	0,9460
		b ₁	-0,0485	0,0103	0,0183					
	2012	b ₀	2,5371	0,5316	0,0175	0,7000	0,5069	10,3326	0,0488	0,6998
		b ₁	-0,0515	0,0160	0,0488					

Legenda: Medições 1981 – 2012; T0 - Área não explorada; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 45cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55cm + redução da área basal em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55cm + redução da área basal em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55cm + redução da área basal em até 60%. O refinamento foi realizado nos anos de 1993 e 1994; b₀ e b₁ - Coeficientes da equação; S_{xyBj} – Erro padrão dos coeficientes; R²_{ajust.} - Coeficiente de determinação ajustado do modelo; S_{xy} - Erro padrão do modelo; F – Valor de F; p – Significância; Y x Y' – Comparação entre os valores observados (Y) e estimados (Y'); X² – Qui-quadrado.

CAPÍTULO III



Predição da distribuição diamétrica de *Carapa guianensis* Aubl., em floresta Amazônica submetida a tratamentos silviculturais

RESUMO

PREDIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Carapa guianensis* Aubl., EM FLORESTA AMAZÔNICA SUBMETIDA A TRATAMENTOS SILVICULTURAIS

AUTORA: Luciana Maria de Barros Francez
ORIENTADOR: Frederico Dimas Fleig

O monitoramento do crescimento de uma floresta após a realização da exploração florestal, proporciona o conhecimento dos processos ecológicos e de regulação, que aliado a estudos relativos a predição da distribuição diamétrica, torna-se uma ferramenta eficaz para práticas de manejo e silvicultura. O objetivo deste estudo foi investigar a possibilidade de uso da Cadeia de Markov como instrumento de avaliação da distribuição diamétrica da população de *Carapa guianensis* Aubl., após realização de tratamentos silviculturais em Floresta Amazônica. Em 1981 e 1983, foram instaladas de forma aleatória 60 parcelas de 50 m x 50 m, subdivididas em 25 subparcelas de 10 m x 10 m onde foram mensurados os indivíduos com DAP \geq 5 cm. Foram estabelecidos quatro tratamentos de acordo com as diferentes intensidades dos tratos silviculturais, além da área testemunha (T0- área não explorada; T1- área explorada; T2- área explorada + refinamento de até 20%; T3- área explorada + refinamento de até 40%; T4- área explorada + refinamento de até 60%). Foi construída a Matriz de Transição de Markov para a prognose dos anos de 1995 e 2011 tendo como base os períodos de 1983-1989 e 1995-2003. A eficiência do método foi analisada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (teste KS), a 5% de significância. O recrutamento e a dinâmica entre as diferentes classes diamétricas foram superiores nos tratamentos com maior intensidade de refinamento. A maior parte das árvores, independente do tratamento, apresentaram maior probabilidade de permanecerem na mesma classe diamétrica. As probabilidades de mortalidade foram maiores nas pequenas e médias classes de diâmetro, em praticamente todos os tratamentos, além de serem superiores ao recrutamento. Os valores preditos para os anos de 1995 e 2011 foram ligeiramente menores do que os observados, mas considerados não significante pelo teste KS, apresentando boa performance nas projeções. Em relação a distribuição das árvores ao longo das classes diamétricas a cadeia foi eficiente, para a primeira projeção (1995), diferente da segunda (2011) que apontou dessemelhança em relação a estrutura real. As prognoses realizadas para as áreas sob o efeito da exploração florestal e refinamento apresentaram uma redução progressiva nas frequências dos indivíduos em praticamente todas as classes diamétricas. Os modelos gerados permitem a realização de estimativas com valores próximos aos observados. Apesar disso, a cadeia de Markov não se mostrou eficiente quanto à disposição das árvores nas diferentes classes diamétricas.

Palavras-chave: Andiroba. Cadeia de Markov. Prognose. Floresta natural de terra-firme. Amazônia.

ABSTRACT

PREDICTION OF THE DIAMETRIC DISTRIBUTION OF *Carapa guianensis* Aubl. IN AMAZON RAINFOREST SUBJECTED TO SILVICULTURAL TREATMENTS

AUTHOR: Luciana Maria de Barros Francez

ADVISOR: Frederico Dimas Fleig

Monitoring the growth of a forest after logging activities provides the knowledge of ecological processes and regulation, which combined with studies related to the prediction of the diametric distribution, becoming an effective tool for management and silvicultural practices. The aim of this study was to investigate the possibility of using the Markov chain as an instrument for assessing the diametric distribution of the population of *Carapa guianensis* Aubl., after the implementation of silvicultural treatments in Amazon rainforest. In 1981 and 1983, 60 plots of 50 x 50 m were randomly established, subdivided into 25 subplots of 10 x 10 m, where all trees with DBH \geq 5 cm were measured. Four treatments were established according to the different intensities of the silvicultural treatments, besides the control area (T0 – unlogged area; T1 – logged area; T2 – logged area + thinning up to 20%; T3 – logged area + thinning up to 40%; T4 – logged area + thinning up to 60%). The Markov transition matrix was built for the prognosis of the years 1995 and 2011, based on the periods of 1983-1989 and 1995-2003. The efficiency of the method was analyzed by means of the Kolmogorov-Smirnov test (KS test), at 5% significance. The recruitment and the dynamics between the different diametric classes were higher in the treatments with higher intensity of thinning. Most trees, regardless of treatment, were more likely to remain in the same diametric class. The mortality probabilities were higher in small and medium diameter classes, in practically all treatments, besides being superior to the recruitment. The predicted values for the years 1995 and 2011 were slightly lower than those observed, but considered not significant by the KS test, presenting good performance in the projections. In relation to the distribution of the trees along the diametric classes, the chain was efficient for the first projection (1995), different from the second (2011) that showed dissimilarity in relation to the actual structure. The prognoses performed for the areas under the effect of logging and thinning showed a progressive reduction in the frequencies of individuals in practically all diametric classes. The models generated allow the estimations with values close to those observed. Nevertheless, the Markov chain was not efficient at the arrangement of the trees in the different diametric classes.

Keywords: Andiroba. Markov chain. Prognosis. Terra Firme natural forest. Amazon.

1 INTRODUÇÃO

A procura por produtos madeireiros e não madeireiros na região amazônica é considerável, motivando pesquisadores na busca de técnicas ou alternativas que permitam garantir a sustentabilidade desses recursos em florestas tropicais de rendimento sustentado (VASCONCELOS; HIGUCHI; OLIVEIRA, 2009).

Os recursos madeireiros geram retorno a curto prazo aos que tem direito a colheita de madeira, no entanto isso deve ser feito de modo cauteloso a fim de disponibilizar os serviços e produtos da floresta a gerações futuras (PHILLIPS et al., 2004). Os mesmos autores afirmaram que as florestas tropicais são ecossistemas complexos nos quais, geralmente, não existem dados suficientes para descrever de forma adequada, os efeitos a longo prazo do manejo florestal e estratégias para o desenvolvimento. Pesquisas sobre a dinâmica e desenvolvimento das espécies após a realização de intervenções florestais (exploração, desbaste, refinamento...), são necessárias.

Os modelos de crescimento e rendimento são ferramentas essenciais para avaliar as características da floresta no decorrer de um ou mais ciclos de corte (VANCLAY, 1992; PULZ et al., 1999). Na Bolívia, por exemplo, um modelo desenvolvido com base na distribuição diamétrica, incremento e mortalidade revelou que a recuperação do volume extraído não será possível para o ciclo de corte prescrito àquela época (DAUBER; FREDERICKSEN; PEÑA, 2005). Tais ferramentas devem ser acessíveis à gestores florestais e políticos, permitindo-lhes previsões de cenários futuros, proporcionando informações para o uso sustentado dos recursos ou em sua conservação (PHILLIPS et al., 2004; BATISTA, 2014; MACHADO et al., 2017).

A prognose da produção florestal em geral é feita por meio de modelos de crescimento e produção, e de um conjunto de informações oriundos de inventário florestal contínuo (AGUIAR, 2015). Tais modelos dividem-se em: povoamento total, classes de tamanho e árvores individuais (DAVIS, 1966; CAMPOS; LEITE, 2013).

Uma extensa literatura aborda modelos de predição para florestas equiâneas (COUTO; BASTOS; LACERDA, 1989; CUNHA NETO et al., 1994; MACHADO; CONCEIÇÃO; FIGUEIREDO, 2002; EISFELD et al., 2005a; EISFELD et al., 2005b; OLIVEIRA et al., 2009; BINOTI et al., 2015; PEREIRA et al., 2016; PEZZUTTI et al.,

2016) que utilizam variáveis como idade e índice de sítio, de difícil aquisição em florestas naturais (HIGUCHI, 1987; ALDER, 1995; SANQUETTA et al., 1996b; ROCHA, 2001; TEIXEIRA et al., 2007; SOUZA; SOARES, 2013).

Em florestas nativas, os modelos podem ser ajustados com o uso das cadeias de Markov ou matrizes de transição elaboradas a partir da distribuição diamétrica dos indivíduos, por meio de variáveis de fácil obtenção (HIGUCHI, 1987; ALDER, 1995). A realização da prognose das classes diamétricas, que formam a floresta, permite várias ações (PULZ et al., 1999) relativas ao manejo e silvicultura das espécies.

A cadeia de Markov ou matriz de transição é um meio essencial e exequível para prognosticar a produção em florestas nativas. É feita por meio da probabilidade de transição dos diâmetros entre as diferentes classes diamétricas, onde o manejador pode prever o recrutamento, a mortalidade e o estoque de uma floresta inequiânea ao longo do tempo (SANQUETTA et al., 1996a; SANQUETTA et al., 1996b; SCOLFORO, 1998; SCHNEIDER, 2009). No entanto, a projeção não deve ser feita para períodos longos, visto que a probabilidade de transição é obtida a partir de um estado inicial, admitindo que o mesmo é constante ao longo do tempo, onde o comportamento futuro é similar ao presente e que a floresta está sujeita somente ao estado atual, sem interferência de qualquer característica passada (SCOLFORO, 1998; SOUZA; SOARES, 2013).

Na região amazônica alguns estudos quanto ao crescimento e distribuição diamétrica da floresta foram feitos (ex: HIGUCHI, 1987; SILVA, 1989; ROCHA, 2001; TEIXEIRA et al., 2007; VASCONCELOS; HIGUCHI; OLIVEIRA, 2009), porém estes são escassos a nível de espécie, apesar da legislação florestal (BRASIL, 2006; 2009; PARÁ, 2015) afirmar que o diâmetro mínimo de corte deve ser estabelecido por espécie comercial manejada:

Art 7. O Diâmetro Mínimo de Corte (DMC) será estabelecido por espécie comercial manejada, mediante estudos, que observem as diretrizes técnicas disponíveis, considerando conjuntamente os seguintes aspectos:

I - distribuição diamétrica do número de árvores por unidade de área (n/ha), a partir de 10 cm de Diâmetro à Altura do Peito (DAP), resultado do inventário florestal da UMF;

II - outras características ecológicas que sejam relevantes para a sua regeneração natural;

III - o uso a que se destinam.

...

(BRASIL, 2006)

Não obstante, a maioria dos planos de manejo florestal do Estado do Pará não apresentam a distribuição diamétrica solicitada na legislação. A falta deste item pode ocasionar a exploração intensa em algumas classes diamétricas dificultando, em alguns casos, a recuperação das espécies. O manejo florestal deve olhar com atenção à estrutura diamétrica de cada espécie no planejamento da exploração, observando a capacidade de restauração da densidade nas diferentes classes diamétricas (REIS et al., 2014).

Uma das espécies mais valiosas no Estado do Pará é a *Carapa guianensis* Aubl., conhecida como Andiroba, que oferta madeira de excelente qualidade, além de um óleo insetífugo e medicinal (PAULA; ALVES, 2007; LORENZI, 2008; TONINI; COSTA; KAMISKI, 2009), muito apreciado pelas empresas farmacológicas e de cosméticos. Porém, o uso exacerbado dessa matéria prima pode colocar em risco uma das espécies mais nobres da Amazônia, que gera receita para grandes empresários da região, assim como para extrativistas. No entanto, a aplicação de tratamentos silviculturais como corte de cipós, refinamento, enriquecimento e desbaste são capazes de acelerar o crescimento e favorecer a perpetuação da espécie.

Estudos quanto à distribuição diamétrica, recrutamento e mortalidade de *C. guianensis* após a realização de tratamentos silviculturais são indispensáveis, a fim de entender o comportamento da espécie, produzindo ferramentas para auxiliar no desenvolvimento e regeneração natural da mesma. Deste modo a pesquisa teve como objetivo: investigar a possibilidade de uso da cadeia de Markov como instrumento de avaliação da distribuição diamétrica da população de *Carapa guianensis* Aubl., após realização de tratamentos silviculturais em Floresta Amazônica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará, Brasil (02° 40' - 04° 10' S e 54° 45' - 55° 30' W) (CARVALHO, 2002).

O clima é tropical moçônico ("Ami" segundo Köppen) com precipitação anual acima de 2000 mm e temperatura média de 25 °C (CARVALHO, 2001).

O latossolo é do tipo amarelo com textura pesada (60% - 94% de argila), mostrando um relevo plano a suavemente ondulado (RADAMBRASIL, 1976; CARVALHO, 2002).

A Floresta é da categoria Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial), tendo como limitantes os rios Tapajós a oeste, Curuá-Una a leste e Cupari ao sul (IBAMA, 2004; IBGE, 2012).

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Em 1981 foram instaladas aleatoriamente 48 parcelas quadradas, de 0,25 ha em 144 ha, subdivididas em 25 sub-parcelas de 10 m x 10 m (SILVA; LOPES, 1984; SILVA et al., 2005). A exploração florestal foi realizada em 1982, em diferentes intensidades com a extração média de 12,5 árvores.ha⁻¹, de 38 espécies comerciais, totalizando 73 m³.ha⁻¹ (CARVALHO, 2001).

Em 1983 foram alocadas 12 parcelas em 36 ha de floresta não explorada (Testemunha). Entre os anos de 1993 e 1994 foram realizados refinamentos de diferentes intensidades em 36 das 48 parcelas exploradas, nas árvores com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) \geq 15 cm, para a diminuição da área basal das espécies consideradas não comerciais. O refinamento visava a redução da concorrência e promoção geral das espécies comerciais e não o beneficiamento a nível de indivíduo (AVILA, 2017). Em 1997 houve a ocorrência de um incêndio acidental na área diferenciando as repetições entre os tratamentos, adquirindo o seguinte aspecto:

- T0: Floresta não explorada (seis parcelas);
- T1: Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 45 cm (10 parcelas);
- T2: Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 20% (sete parcelas);
- T3: Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 40% (12 parcelas);
- T4: Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 60% (seis parcelas).

Todos os indivíduos com DAP \geq 5 cm foram mensurados. Quando da presença de calosidades, nós, sapopemas, podridão no ponto de medição, o diâmetro foi medido fora da influência das mesmas. As parcelas permanentes foram avaliadas em cinco ocasiões: 1983, 1989, 1995, 2003 e 2012.

A identificação das espécies foi efetuada, em campo, com base no nome popular por parobotânicos da Embrapa Amazônia Oriental. As espécies não identificadas em campo, tiveram material botânico coletado e encaminhado ao Herbário IAN da Embrapa Amazônia Oriental, para determinação científica. Os nomes científicos apresentados neste estudo estão de acordo com o sistema de classificação botânica do APGIV (APG, 2016), sendo os mesmos confirmados pelo site <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>.

2.3 ANÁLISE DOS DADOS

A matriz de transição foi construída com base na metodologia adotada por Buongiorno; Michie (1980). Com os dados nos períodos de 1983-1989 e 1995-2003 foram feitas prognoses para os anos de 1995 e 2011, respectivamente.

A distribuição diamétrica de uma comunidade ou floresta é dada pelo agrupamento de árvores em diferentes classes de diâmetro, que podem ser divididas em diferentes amplitudes como de 5 cm (COLPINI, 2008), 10 cm (BRAZ et al., 2012), 20 cm (VIDAL; VIANA; BATISTA, 2002), sendo as mais usuais as de 5 e 10 cm. Neste estudo os diâmetros foram agrupados em classes de 5 cm, a partir de

um diâmetro mínimo de 5 cm. A frequência dos indivíduos ao longo das classes diamétricas foi a variável principal na aplicação da cadeia de Markov.

As probabilidades de transição e de mortalidade foram obtidas pela razão do número de árvores que permanecem na mesma classe de diâmetro, mudam de classe ou morrem, pelo número de árvores naquela classe no início do período de crescimento (TEIXEIRA et al., 2007). Desta forma a distribuição diamétrica pôde ser projetada para um tempo $t+\theta$ a partir do tempo t e pelo ingresso ocorrido no intervalo de tempo utilizado no modelo, representado de forma matricial segundo Azevedo; Souza; Jesus (1995):

$$G = \begin{matrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ \vdots \\ i_n \end{matrix} \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_n & b_n & a_n \\ m_1 & m_2 & m_3 & m_4 & m_5 & \dots & m_n \end{bmatrix}$$

Onde:

G = matriz de probabilidade de transição;

i_n = i -ésima classe de diâmetro;

a_n = probabilidade de uma árvore permanecer na mesma classe diamétrica;

b_n = probabilidade de uma árvore mudar para a classe diamétrica subsequente;

c_n = probabilidade de uma árvore mudar para duas classes diamétricas subsequentes;

m_n = probabilidade das árvores que morreram.

A projeção do número de árvores de cada classe, ao final do período de crescimento avaliado, foi feita pela multiplicação do número de árvores atual pela probabilidade de transição somado as árvores ingressantes em cada classe (BUONGIORNO; MICHIE, 1980).

$$Y_{t+\theta} = G \cdot Y_{it} + I_{it}$$

$$\begin{bmatrix} Y_{1t+\theta} \\ Y_{2t+\theta} \\ Y_{3t+\theta} \\ Y_{4t+\theta} \\ Y_{5t+\theta} \\ \vdots \\ Y_{nt+\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_n & b_n & a_n \\ m_1 & m_2 & m_3 & m_4 & m_5 & \dots & m_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ Y_{3t} \\ Y_{4t} \\ Y_{5t} \\ \vdots \\ Y_{nt} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \\ I_{4t} \\ I_{5t} \\ \vdots \\ I_{nt} \end{bmatrix}$$

Onde:

$Y_{nt+\theta}$ = número de árvores projetadas;

G = probabilidade de transição por classe diamétrica;

Y_{nt} = número de árvores por classe de diâmetro no período atual;

I_{nt} = número de árvores ingressas ou recrutadas.

O ingresso foi determinado pela contagem do número de indivíduos recrutados na primeira classe de tamanho (5-10 cm) nos períodos de 1983-1989 e 1995-2003, sendo considerado constante para a realização da prognose, ou seja, realizada a projeção, o número de indivíduos recrutados do período anterior foi somado às devidas classes diamétricas (PULZ et al., 1999; AUSTREGÉSILO et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2007; VASCONCELOS; HIGUCHI; OLIVEIRA, 2009; DALLA LANA et al., 2015; COLPINI; SILVA; SOARES, 2017). Este artifício foi utilizado em razão do ingresso ser de difícil modelagem e pelo mesmo não ser projetado por meio da cadeia de Markov, além do que desconsiderá-lo pode ocasionar predição tendenciosa (ZHANG et al., 2012; BATISTA, 2014).

O sistema foi composto por 13 estados de espaço (SANQUETTA et al., 1996b): a_1 (recrutamento - R), a_2 a a_{12} (classes diamétricas) e a_{13} (mortalidade - M). Para cada matriz de transição probabilística, foi feita uma tabela incluindo a frequência absoluta das transições entre os estados.

A eficiência do método foi analisada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (teste KS), a 5% de significância, comparando a projeção da distribuição diamétrica realizada para os anos de 1995 e 2011 com os dados reais obtidos nas medições de 1995 e 2012, respectivamente. A projeção de 2011 foi comparada ao ano de 2012, em função de não haver medição em 2011.

Toda a análise foi realizada com auxílio do Microsoft Office Excel 2013.

3 RESULTADOS

Ao considerar os tratamentos com intervenção silvicultural, foi observado uma diminuição do número de árvores de *C. guianensis* entre os anos de 1983 e 1989, seguido por um aumento e equilíbrio nos anos seguintes (Quadro 1). O tratamento com maior número de indivíduos ao longo do período de estudo foi T4.

A mortalidade foi maior nos tratamentos sob a ação da exploração florestal, em especial no T1 que apresentou a maior intensidade de corte. Estes tratamentos, apontaram maior mortalidade entre os anos de 1983-1989. No período de 1995-2003 essa taxa foi inferior (Figura 1). Este número é maior no primeiro período em função da exploração florestal, além da queda de árvores de grande porte, atingindo principalmente, indivíduos de pequenos diâmetros, enquanto no segundo período, o refinamento foi feito por anelamento, ocasionando a morte destas de forma gradual, gerando assim menos danos aos indivíduos remanescentes.

O recrutamento e a dinâmica entre as diferentes classes diamétricas (passagem de uma classe para outra) foram superiores nos tratamentos com maior intensidade de refinamento (T3 e T4). Em praticamente todos os períodos a mortalidade foi superior ao recrutamento, com exceção do T4, após o refinamento, que apresentou a taxa de mortalidade inferior ao recrutamento. A área testemunha (T0) manteve um equilíbrio entre as taxas de mortalidade e recrutamento em ambos os períodos (Figura 1).

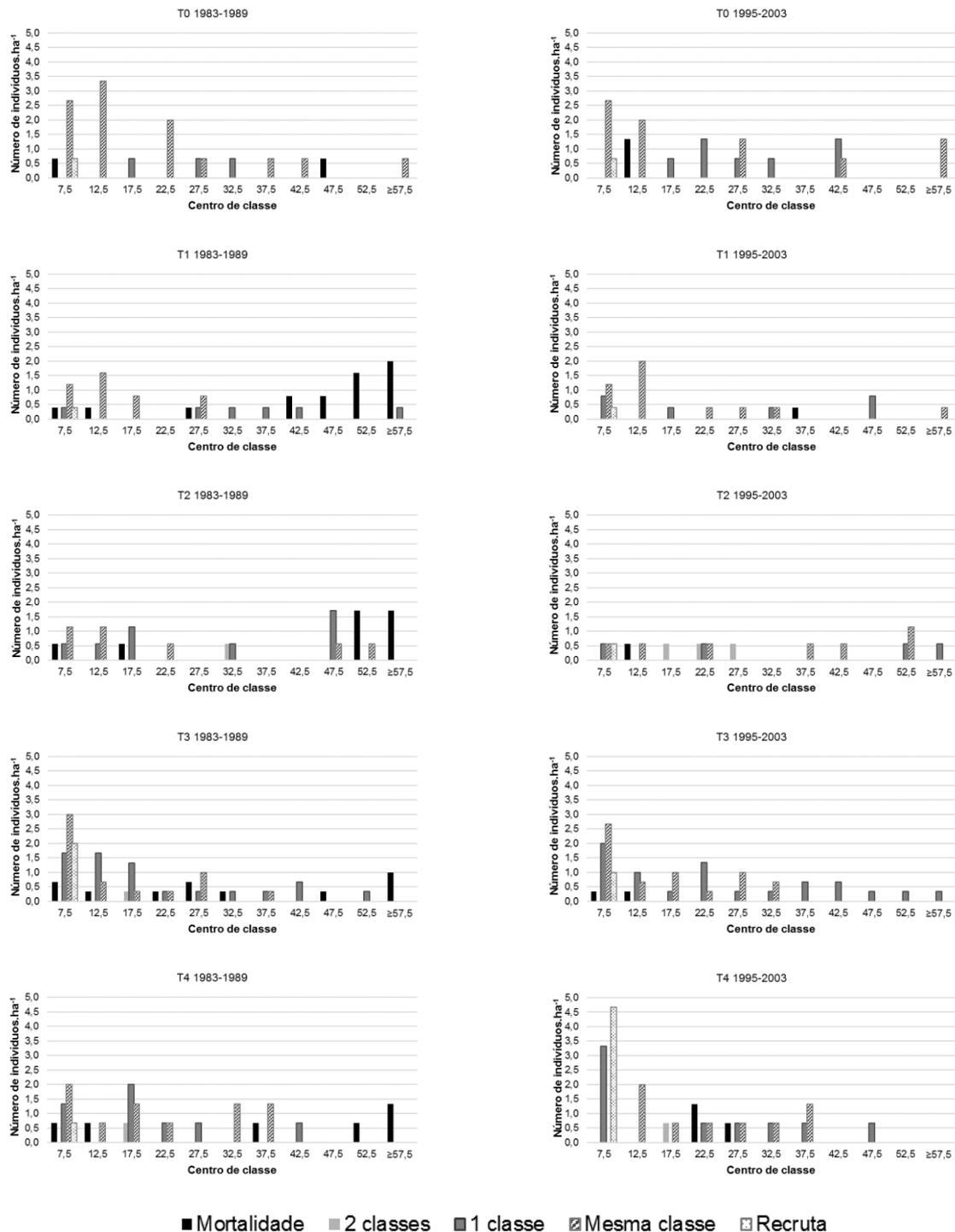
A partir dos dados absolutos referente às frequências das árvores em cada classe diamétrica foram construídas as matrizes de probabilidade, onde são observadas as possibilidades, de cada árvore permanecer na mesma classe diamétrica, mudar para uma ou duas classes seguintes ou sair do sistema por meio da mortalidade (Figura 2). Por exemplo, a probabilidade de uma árvore, cujo centro de classe é de 7,5 cm do tratamento T1 no período de 1983-1989, permanecer na mesma classe é de 60% (0,60) enquanto a probabilidade de passar para a classe seguinte (12,5 cm) é de 20% (0,20). De forma similar a mortalidade na mesma classe é dada por 20% (0,20).

Quadro 1 - Número de árvores.ha⁻¹ observadas nas medições de 1983, 1989, 1995, 2003 e 2012 para *Carapa guianensis* Aubl., em uma área de floresta de terra firme não explorada, explorada com e sem o efeito do refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

Tratamentos	Medições	CC												
		7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	>57,5		
T0	1983	3,33	3,33	0,67	2,00	1,33	0,67	0,67	0,67	0,67	0,00	0,67	0,67	0,67
	1989	3,33	3,33	0,00	2,67	0,67	0,67	1,33	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	0,67
	1995	2,67	3,33	0,67	1,33	2,00	0,67	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	0,00	1,33
	2003	3,33	2,00	0,00	0,67	2,67	0,67	0,67	0,67	0,67	1,33	0,00	1,33	1,33
	2012	3,33	1,33	0,00	0,00	2,67	0,67	0,67	1,33	0,00	1,33	0,00	1,33	0,67
T1	1983	2,00	2,00	0,80	0,00	1,60	0,40	0,40	1,20	0,80	1,60	0,80	1,60	2,40
	1989	1,60	2,00	0,80	0,00	0,80	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00	0,40
	1995	2,00	2,00	0,40	0,40	0,40	0,80	0,40	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,40
	2003	1,60	2,80	0,00	0,80	0,00	0,80	0,40	0,00	0,00	0,00	0,80	0,80	0,40
	2012	4,00	0,80	1,60	0,00	0,40	0,80	0,00	0,40	0,00	0,40	0,00	0,80	0,40
T2	1983	2,29	1,71	1,71	0,57	0,00	1,14	0,00	0,00	2,29	0,00	0,00	2,29	1,71
	1989	1,14	1,71	0,57	1,71	0,00	0,00	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	2,86	0,00
	1995	1,14	1,14	0,57	1,71	0,57	0,00	0,57	0,57	0,00	0,57	0,00	1,71	0,57
	2003	1,14	1,71	0,00	0,57	1,14	1,14	0,57	0,57	0,00	0,57	0,00	1,14	0,57
	2012	1,14	1,71	0,00	0,57	0,00	0,57	0,57	1,71	0,57	0,57	0,57	0,57	1,14
T3	1983	5,33	2,67	2,00	1,00	2,00	0,67	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00
	1989	5,00	2,33	2,00	1,67	1,67	0,33	0,67	0,33	0,67	0,00	0,00	0,00	0,33
	1995	5,00	2,00	1,33	1,67	1,33	1,00	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
	2003	4,00	3,00	2,00	0,67	2,00	1,33	0,33	0,67	0,67	0,33	0,33	0,33	0,67
	2012	3,00	2,00	1,33	1,67	1,67	1,33	0,33	1,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,67
T4	1983	4,00	1,33	4,00	1,33	0,67	1,33	2,00	0,67	0,00	0,67	0,00	0,67	1,33
	1989	2,67	2,00	1,33	2,67	1,33	2,00	1,33	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00
	1995	3,33	2,00	1,33	2,67	2,00	1,33	2,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00
	2003	4,67	5,33	0,67	2,00	2,00	1,33	2,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,00
	2012	4,00	4,00	3,33	0,67	0,67	1,33	2,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67

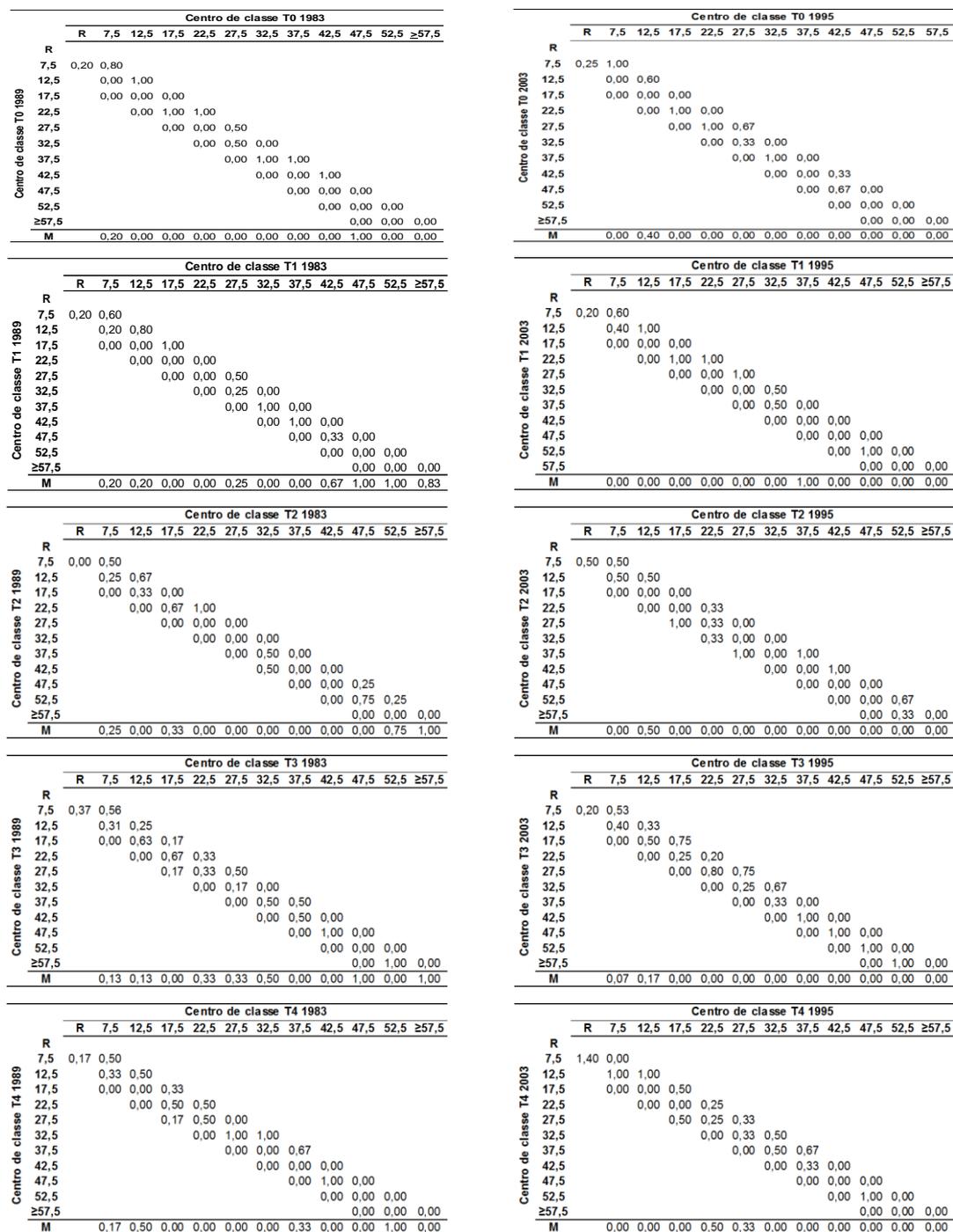
Legenda: CC – Centro de classe diamétrica; T0 - Floresta não explorada; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 60%

Figura 1 – Ingresso, mortalidade e dinâmica entre as diferentes classes diamétricas de *Carapa guianensis* Aubl., em uma área de floresta de terra firme, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: T0 - Floresta não explorada; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 60%; Recruta - indivíduos que ingressaram na primeira classe de diâmetro; 2 classes - indivíduos que avançaram duas classes diamétricas; 1 classe - indivíduos que avançaram uma classe diamétrica; Mesma classe - indivíduos que permaneceram na mesma classe de diâmetro.

Figura 2 - Matrizes de probabilidade de transição, para os períodos de 1983-1989 e 1995-2003 para *Carapa guianensis* Aubl., em uma área de floresta de terra firme, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

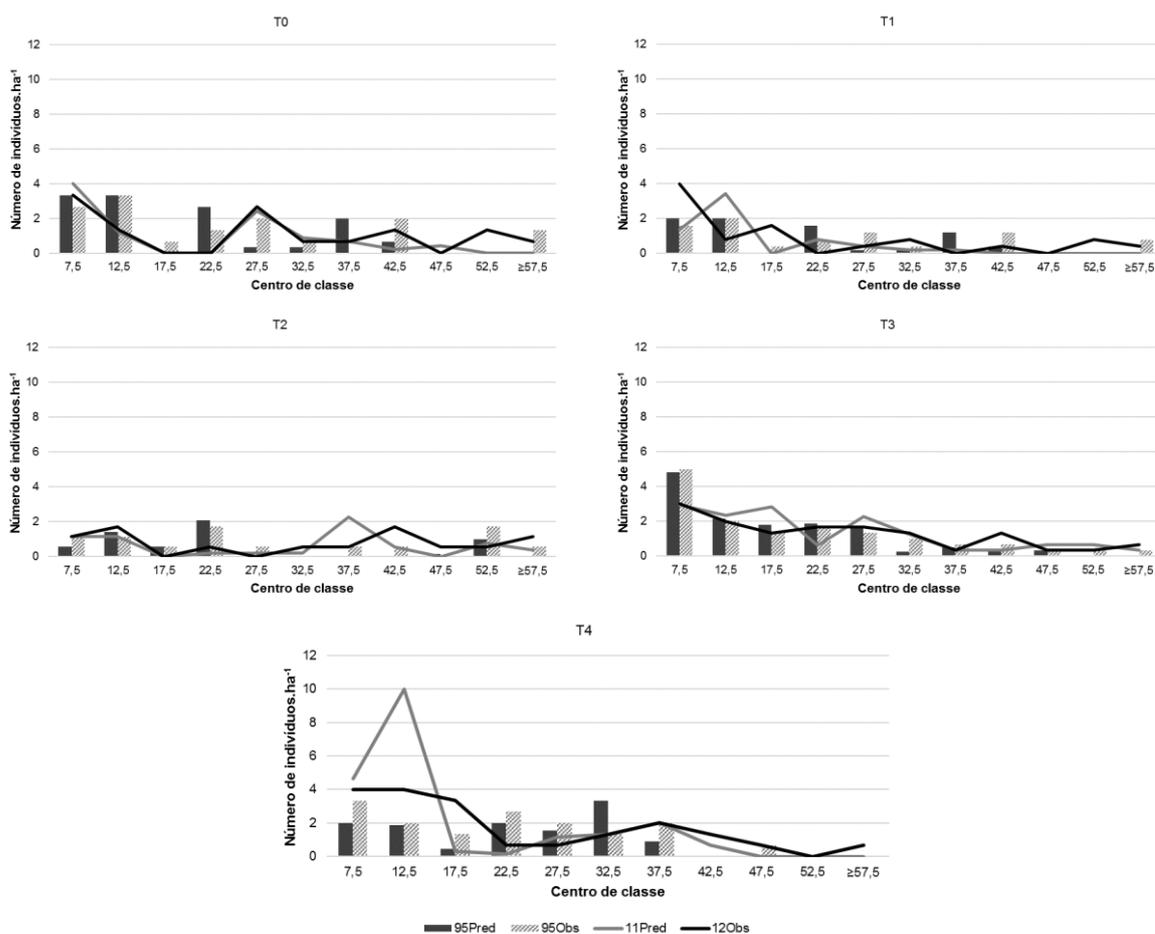


Legenda: T0 - Floresta não explorada; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 60%; 1983-1989 (após a exploração florestal); 1995-2003 (após o refinamento); R – recrutamento (indivíduos que ingressaram na primeira classe de diâmetro); M – mortalidade.

As matrizes geradas mostraram estados absorventes (0,00) caracterizado pelo não movimento de estado, acarretando um aumento contínuo de árvores na classe. Ocorre com maior frequência nas classes de maior diâmetro, em razão do menor número de indivíduos e crescimento reduzido das árvores.

Os valores preditos para os anos de 1995 e 2011 foram ligeiramente menores do que os observados, mas considerados não significante pelo teste KS, apresentando boa performance nas projeções. Em relação a distribuição das árvores ao longo das classes diamétricas a cadeia foi eficiente, para a primeira projeção (Figura 3, colunas), diferente da segunda que apontou dessemelhança em relação a estrutura real (Figura 3, linhas).

Figura 3 – Distribuição do número de indivíduos por classe diamétrica, entre os valores observados e estimados, para *Carapa guianensis* Aubl., em uma área de floresta de terra firme, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: T0 - Floresta não explorada; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 60%; Pred - valores preditos; Obs - valores observados.

Foi observado que as prognoses realizadas para as áreas sob o efeito da exploração florestal e refinamento (T1, T2, T3 e T4), tanto para o primeiro (1995) quanto para o segundo período (2011) apresentaram uma redução progressiva nas frequências dos indivíduos em praticamente todas as classes diamétricas. De outro modo, T0 praticamente manteve os valores de frequência ao longo das diferentes classes.

A leve redução da densidade nas classes de diâmetro inferiores e intermediárias, acompanhadas de aumento nas superiores, para as predições de 1995 e 2011, indicam um avanço no processo de sucessão.

4 DISCUSSÃO

O refinamento deve ser atividade habitual do manejo florestal. No entanto, esta prática deve ser feita com cautela, visto que as espécies apresentam diferentes comportamentos quanto a intensidade de luz que chega ao piso florestal (JARDIM; SOARES, 2010).

A maior parte das árvores, independentemente do tratamento, apresentaram maior probabilidade de permanecerem na mesma classe diamétrica (Figuras 1 e 2) semelhante aos estudos de Azevedo et al. (2007), Teixeira et al. (2007), Soares et al. (2009), Menon; Figueiredo Filho; Watzlawick (2010), Stepka et al. (2010), Ebling et al. (2012), Batista (2014), Dalla Lana et al. (2015) e Colpini; Silva; Soares (2017). Dalla Lana et al. (2015) afirmaram que essa peculiaridade sofre influência da amplitude temporal e do intervalo utilizado entre as classes de diâmetro. Em amplitudes pequenas a probabilidade da árvore permanecer na mesma classe é maior quando comparada a maiores amplitudes. O contrário ocorre em relação ao intervalo de classes de diâmetro, em que a probabilidade de permanência na mesma classe ocorre em intervalos maiores.

Diferente dos trabalhos de De Graaf (1986), Silva (1989), Teixeira et al. (2007), Vasconcelos; Higuchi; Oliveira (2009), Dalla Lana et al. (2015) e Colpini; Silva; Soares (2017) as probabilidades de mortalidade foram maiores nas pequenas e médias classes de diâmetro, à exceção de T1 com maiores valores nas classes superiores de tamanho. Os números apontados nas classes superiores foram causados, principalmente, pela exploração florestal. Contudo, a dinâmica da floresta apresenta um comportamento aleatório, justificando a utilização da cadeia de

Markov, conforme sugerido por estes mesmos autores. Porém, cabe ressaltar que a maioria dos estudos sobre cadeia de Markov trabalha com a comunidade e não a nível de espécie.

A dinâmica mais acentuada nas menores classes de diâmetro é resultado da forte movimentação provocada pela mortalidade e recrutamento (STEPKA et al., 2010; DALLA LANA et al., 2015; MACHADO et al., 2017).

Na maior parte dos tratamentos analisados, as taxas de mortalidade foram superiores às de recrutamento, similar ao encontrado por Stepka et al. (2010) e Machado et al. (2017). Isto não significa que as comunidades estejam em declínio, posto que este é um comportamento provável da sucessão em florestas naturais (EBLING et al., 2013; BATISTA, 2014). Alguns autores denominam este processo como autodesbaste ou raleamento competitivo, caracterizado pela diminuição da densidade e aumento da área basal (OLIVEIRA FILHO; MELLO; SCOLFORO, 1997; CHAZDON et al., 2007).

A ocorrência de estados absorventes (0,00) será maior a medida que mais previsões forem realizadas (Figura 2), posto que as árvores não sairão desta classe (PULZ et al., 1999). O mesmo foi observado nos trabalhos de Pulz et al. (1999), Austregésilo et al. (2004), Stepka et al. (2010), Dalla Lana et al. (2015), Colpini; Silva; Soares (2017), Longhi et al. (2017), Machado et al. (2017) e Reis et al. (2018). Esses estados podem interferir nas projeções, que em função disso deverão ser feitas para curtos períodos de tempo (AZEVEDO; SOUZA; JESUS, 1995; MACHADO et al., 2017), já que prejudica as prognoses e detecção do estado de equilíbrio da floresta (PULZ et al., 1999; DALLA LANA et al., 2015).

Os resultados alcançados nas projeções reforçam os encontrados em outros estudos (PULZ et al., 1999; MELLO; EISFELD; SANQUETTA, 2003; TEIXEIRA et al., 2007; VASCONCELOS; HIGUCHI; OLIVEIRA, 2009; STEPKA et al., 2010; BATISTA, 2014; AGUIAR, 2015; MACHADO et al., 2017; REIS et al., 2018) de que as estimativas geradas com o uso da matriz de transição podem ser um valioso instrumento para o manejo de florestas naturais.

Alguns autores afirmaram que a acuracidade das projeções diamétricas feitas por meio da razão de movimentação é superior à da matriz de transição de Markov (EBLING et al., 2012), mas outros consideram tanto a matriz de transição quanto a razão de movimentação confiáveis para a estimativa da frequência por classe diamétrica (DALLA LANA et al., 2015). A estrutura diamétrica de uma floresta

pode ser estudada, de forma adequada, por meio da cadeia de Markov, desde que a floresta tenha um padrão de crescimento lento e a projeção seja feita para períodos de tempo curtos (ARCE et al., 1997).

A diferenciação dos dados relativos a mortalidade por causas naturais e silviculturais (exploração, refinamento, desbaste...) é importante, a fim de diminuir a discrepância entre os dados observados e estimados. A matriz não leva em conta as alterações nesta variável ao longo do tempo, ficando restrita a curtos períodos de projeção (REIS et al., 2018). As mudanças na riqueza de espécies, do mesmo modo, podem ocasionar diferenças entre os valores observados e estimados por meio da cadeia probabilística (BATISTA, 2014).

É importante que em florestas exploradas seja aguardado a estabilização (5 e 10 anos) do recrutamento e mortalidade para a previsão por meio da Cadeia de Markov, uma vez que após a abertura provocada pela exploração, há o aumento da dinâmica desse ambiente nos primeiros anos, devido a alterações em termos de quantidade e qualidade de luz, assim como espaço, processo de regeneração em clareiras, competição e mortalidade provocada pelos danos (VASCONCELOS; HIGUCHI; OLIVEIRA, 2009).

A redução gradativa nas frequências dos indivíduos nas diferentes classes diamétricas foi observada em outros trabalhos em florestas heterogêneas e multiâneas (TEIXEIRA et al., 2007; EBLING et al., 2012; LIMA et al., 2013; MACHADO et al., 2017; COLPINI; SILVA; SOARES, 2017).

Os períodos de projeção não devem ser amplos, já que acontece modificações na estrutura do povoamento, produzindo resultados incoerentes (SCOLFORO; PULZ; MELO, 1998), devendo as projeções serem inferiores a 20 anos (PULZ et al., 1999). Todavia, há de se considerar que as matrizes geradas, neste estudo, tratam de uma espécie e não da comunidade.

Em florestas tropicais com poucas espécies abundantes e muitas espécies raras o ajuste de uma matriz de transição é difícil se não impossível para as espécies mais raras. Esta questão não é específica para modelos de matriz, mas é frequente em todos os modelos referentes à dinâmica (LIANG; PICARD, 2013).

No modelo gerado neste estudo *Carapa guianensis* Aubl. demandaria mais de 30 anos para a recuperação do estoque inicial de madeira, o que é motivo de preocupação visto que a legislação florestal vigente preconiza um ciclo de corte médio de 30 anos (PARÁ, 2015; BRASIL, 2006; 2009).

A análise da estrutura diamétrica em florestas tropicais, permite ao silvicultor a inferência sobre o ingresso, mortalidade e dinâmica de evolução das espécies arbóreas, assim como classificar o nível de distúrbio ocorrido na comunidade, possibilitando a determinação do estoque de crescimento por espécie e o planejamento da colheita por classe de diâmetro (REIS et al., 2014).

A prognose da estrutura diamétrica é relevante para o manejo e economia de florestas nativas, já que a partir dos diâmetros futuros, é possível presumir a produção e determinar as intervenções no povoamento a fim de assegurar o desenvolvimento econômico e ecológico de forma sustentável (SANQUETTA et al., 1996a; 2001). Todavia, admitir que as probabilidades de transição sejam concernentes apenas ao estado atual da floresta e que estas se tornem permanentes no decorrer do tempo, é um aspecto desfavorável da cadeia, uma vez que padrões de crescimento distintos não devem ser expressos por valores fixos (BRUNER; MOSER Jr., 1973; SANQUETTA et al., 1996a; ARCE et al., 1997).

Embora seja necessário o levantamento contínuo de dados, pressupõe-se que modelos gerados por meio da cadeia de Markov sejam mais eficazes do que os modelos determinísticos, permitindo o entendimento da disposição diamétrica futura da floresta. Outro ponto a ser considerado, é a necessidade de mais estudos a nível de espécie, como sugerido por Solomon; Hosmer; Hayslett Jr. (1986), contudo há de se considerar as dificuldades para coleta de dados e esforço amostral em florestas tropicais heterogêneas como as do Bioma Amazônia, especialmente a nível de espécie.

5 CONCLUSÕES

- Os modelos para prognose da distribuição diamétrica permitiram boas estimativas com valores totais próximos aos observados proporcionando um conhecimento prévio do crescimento e produção da floresta natural. Apesar disso, os valores estimados por meio da cadeia de Markov não mostraram eficiência quanto à disposição das árvores nas diferentes classes diamétricas, o que pode ter ocorrido devido à elevada dinâmica da floresta após a realização da exploração florestal e refinamento, sugerindo-se a estabilização da mesma após a ocorrência de distúrbios naturais ou antrópicos, para a realização da modelagem.

- É necessário o aprimoramento na obtenção/estimativa do recrutamento e mortalidade, pois estes possuem relevante contribuição para a composição das matrizes de transição.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. C. de. **Prognose da estrutura diamétrica de um fragmento de floresta estacional semidecidual, vale do Rio Doce - MG, por meio de matriz de transição**. 2015. 33f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.
- ALDER, D. **Growth modelling for mixed tropical forests**. Oxford: Forestry Institute, 1995. 231p. (Tropical Forestry Paper, 30).
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 181, p. 1-20, 2016.
- ARCE, J. E.; PIZATTO, W.; SANQUETTA, C. R.; WENDLING, J. L. G.; MAESTRI, R. Utilização das matrizes de transição na avaliação e simulação precoce do crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Floresta**, Curitiba, v. 27, n. 1/2, p. 83-98, 1997.
- AUSTREGÉSILO, S. L.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. da; SOUZA, A. L. de; MEUNIER, I. M. J.; SANTOS, E. de S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 227-232, 2004.
- AVILA, A. L. de; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A. R.; LOPES, J. do C.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; DORMANN, C. F.; MAZZEI, I.; SOARES, M. H. M.; BAUHUS, J. Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30 years following logging and thinning in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 385, p. 225-235, 2017.
- AZEVEDO, C. P.; SOUZA, A. L., JESUS, R. M. de. Um modelo de matriz de transição para prognose do crescimento de um povoamento natural remanescente não manejado de mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2 p. 187-199, 1995.
- _____; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. do A.; SOUZA, C. R.; OLIVEIRA, M. M. Predição da distribuição diamétrica de uma floresta manejada experimentalmente através de um sistema de equações diferenciais. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 4, p. 521-532, 2007.

BINOTI, M. L. M. da S.; LEITE, H. G.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M. Prognose em nível de povoamento de clones de eucalipto empregando redes neurais artificiais. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 1, p. 97-105, 2015.

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

BRASIL. Instrução Normativa n.º 5 de 11 de dezembro de 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS's nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, n.º 238, Seção 1, Brasília, DF, 13 de dez. 2006. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/>>. Acesso em: 29 set. 2016.

_____. Resolução do CONAMA n.º 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 União**, Brasília, DF, n.º 26, 06 de fev. de 2009, página 100. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 29 set. 2016.

BRAZ, E. M.; SCHNEIDER, P. R.; MATTOS, P. P. de; THAINES, F.; SELLE, G. L.; OLIVEIRA, M. F. de; OLIVEIRA, L. C. Manejo da estrutura diamétrica remanescente de florestas tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 787-794, 2012.

BRUNER, H. D.; MOSER Jr., J. W. A Markov chain approach to the prediction of diameter distributions in uneven-aged forest stands. **Canadian Journal of Forest Research**, Ontario, v. 3, p. 409-417, 1973.

BUONGIORNO, J.; MICHIE, B. R. A matrix model of uneven-aged forest management. **Forest Science**, Washington, v. 26, n. 4, p. 609-625, 1980.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. 4. ed. atual. ampl. Viçosa: Ed. UFV, 2013. 605p.

CARVALHO, J. O. P. de. Estrutura de Matas altas sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G. (Eds). **A Silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa/DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. DFID, 2001. p. 277-290.

_____. Changes in the floristic composition of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 32, n. 2, p. 277-291, 2002.

CHAZDON, R. L.; LETCHER, S. G.; van BREUGEL, M.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, London, v. 362, n. 1478, p. 273-289, 2007.

COLPINI, C. **Dinâmica e prognose da produção de uma floresta de contato ombrófila aberta/estacional semidecidual**. 2008. 113f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2008.

_____; SILVA, V. S. M.; SOARES, T. S. Prognose da estrutura diamétrica e da produção de uma floresta de contato ombrófila aberta/estacional. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 4, n. 3, p. 147-150, 2017.

COUTO, H. T. Z. do; BASTOS, N. L. M.; LACERDA, J. S. Comparação de dois modelos de prognose de madeira de *Eucalyptus* para alto fuste e talhadia. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p. 27-35, 1989.

CUNHA NETO, F. R. da; SCOLFORO, J. R. S.; CALEGARIO, N.; OLIVEIRA, A. D. de; KANEGAE Jr., H. Modelo para predição da produção por classe de diâmetro para *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 108-122, 1994.

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

DAUBER, E.; FREDERICKSEN, T.S., PEÑA, M. Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 214, p. 294-304, 2005.

DAVIS, K. P. **Forest management, regulation and evaluation**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1966. 521p.

DE GRAAF, N. R. **A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname**. Wageningen: Agricultural University, 1986. 250p.

EBLING, A. A.; PÉLLICO NETTO, S.; WATZLAWICK, L. F.; MIRANDA, R. O. V. de; ABRÃO, S. F. Ecologia e projeção diamétrica de três grupos arbóreos em remanescente de floresta ombrófila mista em São Francisco de Paula, RS. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 2, p. 261-270, 2013.

_____; WATZLAWICK, L. F.; RODRIGUES, A. L.; LONGHI, S. J.; LONGHI, R. V.; ABRÃO, S. F. Acuracidade da distribuição diamétrica entre métodos de projeção em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 6, p. 1020-1026, 2012.

EISFELD, R. de L.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; MELLO, A. A. Modelagem do crescimento e da produção de *Pinus taeda* L. por meio do processo de difusão. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 167-177, 2005a.

_____; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; MAESTRI, R.; WEBER, K. S. modelagem do crescimento e da produção de *Pinus taeda* L. por meio de função probabilística. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 317-328, 2005b.

HIGUCHI, N. **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon**. 1987. 129f. Thesis (Ph. D. Thesis) - Michigan State University, Michigan, USA, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**: Sistema fitogeográfico; Inventário das formações florestais e campestres; Técnicas e manejo de coleções botânicas; e Procedimentos para mapeamentos. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Floresta Nacional do Tapajós Plano de Manejo**. Volume I - Informações Gerais. Brasília: IBAMA/MMA, 2004. 580p.

JARDIM, F. C. da S.; SOARES, M. da S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 535-542, 2010.

LIANG, J.; PICARD, N. Matrix Model of forest dynamics: an overview and outlook. **Forest Science**, v. 59, n. 3, p. 359-378, 2013.

LIMA, R. B. de; APARÍCIO, P. da S.; SILVA, W. C. da; SILVA, D. A. S. da; GUEDES, A. C. L. Emprego da distribuição diamétrica na predição do estado de perturbação em floresta de várzea, Macapá- AP. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p.1016-1026, 2013.

LONGHI, R. V.; SCHNEIDER, P. R.; LIRA, D. F. de S.; LISBOA, G. dos S. Projeção da distribuição diamétrica em floresta com araucária explorada seletivamente no Sul do Brasil. **Agrária - Rev. Bras. de Ciênc. Agrária**, Recife, v. 12, n. 2, p. 210-219, 2017.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008. v.1. 384p.

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**, Rio de Janeiro, v. 24, p.1-10, 2017.

MACHADO, S. do A.; CONCEIÇÃO, M. B. da; FIGUEIREDO, D. J. de. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava/Irati, v. 4, n. 2, p. 185-197, 2002.

MELLO, A. A. de; EISFELD, R. de L.; SANQUETTA, C. R. Projeção diamétrica e volumétrica da araucária e espécies associadas no Sul do Paraná, usando matriz de transição. **Revista Acadêmica**: ciências agrárias e ambientais, Curitiba, v. 1, n. 4, p. 55-66, 2003.

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

OLIVEIRA, M. L. R. de; LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; CAMPOS, J. C. C. Modelagem e prognose em povoamentos não desbastados de clones de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 841-852, 2009.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology**, Berlim, v. 131, p. 45-66, 1997.

PARÁ. Instrução Normativa nº 05 de 10 de setembro de 2015. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável - PMFS nas florestas nativas exploradas ou não e suas formas de sucessão no Estado do Pará, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Pará**, Belém, PA, nº 32970, 14 de set. de 2015, páginas 31-42. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

PAULA, J. E. de; ALVES, J. L. de H. **897 madeiras nativas do Brasil: anatomia - dendrologia - dendrometria - produção - uso**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2007. 438p.

PEREIRA, A. R. dos S.; CORDEIRO, M. S.; ABREU, J. C. de; SANTOS, R. O.; SILVA, J. N. M. Modelagem volumétrica para *Eucalyptus urograndis* no Município de Porto Grande, Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 6, n. 4, p. 10-14, 2016.

PEZZUTTI, R. V.; FLEIG, F. D.; FINGER, C. A.; SCHNEIDER, P. R. estudo e modelagem do crescimento em diâmetro de povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a podas e desbastes na Argentina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1225-1237, 2016.

PHILLIPS, P. D.; de AZEVEDO, C. P.; DEGEN, B.; THOMPSON, I. S.; SILVA, J. N. M.; Van GARDINGEN, P. R. An individual-based spatially explicit simulation model for strategic forest management planning in the eastern Amazon. **Ecological Modelling**, v.173, n. 4, p. 335–354, 2004.

PULZ, F. A.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D. de; MELLO, J. M. de, OLIVEIRA FILHO, A. T. de. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiana com a matriz de transição. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 001-014, 1999.

RADAMBRASIL. **FOLHA SA.21- Santarém**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1976.

REIS, L. P.; TORRES, C. M. M. E.; SOUZA, A. L. de; FREITAS, L. J. M. de; REIS, P. C. M. dos R.; SILVA, L. F. da; LEITE, R. V. Prognose da distribuição diamétrica por

matriz de transição em floresta após colheita no leste da Amazônia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 715-724, 2018.

_____; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; REIS, P. C. M.; CARVALHO, J. O. P. de; SOARES, M. H. M. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 3, p. 234-243, 2014.

ROCHA, R. M. **Taxa de recrutamento e mortalidade da floresta de terra-firme da bacia do rio Cuieiras na região de Manaus-AM**. 2001. 49f. Dissertação (Mestrado em Floresta Tropicais) - Universidade do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, AM, 2001.

SANQUETTA, C. R.; CUNHA, U. S. da; WATZLAWICK, L. F.; CAMPOS, M. L. Projeção da distribuição diamétrica de fragmentos de florestas semidecíduas com matriz de transição. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava/Irati, v. 3, n. 1, 2001.

_____; 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, 1996a.

_____; 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**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 65-78, 1996b.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento da Produção Florestal**. Santa Maria, RS: UFSM, 2009. 613p.

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

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

SILVA, J. N. M. **The behavior of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 312f. Thesis (Ph. D. Thesis) – University of Oxford. Oxford, UK, 1989.

_____; LOPES, J. do C. A. **Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia da EMBRAPA-CPATU na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. 36p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 33).

_____; LOPES, J. do C.A.; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, S. M. A. da; CARVALHO, J. O. P. de; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para Instalação e Medição de Parcelas Permanentes em Florestas Naturais da Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa / ITTO, 2005. 68p.

- SOARES, C. P. B.; DEMOLINARI, R. de A.; LEITE, H. G.; SOUZA, A. L. de. Predição do crescimento em povoamentos clonais de eucalipto não desbastados utilizando matrizes de transição não estacionárias. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n. 5, p. 831-840, 2009.
- SOUZA, A. L. de; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas**: estrutura, dinâmica e manejo. Viçosa: Ed. UFV, 2013. 322p.
- SOLOMON, D. S.; HOSMER, R. A.; HAYSLETT Jr., H. T. A two-stage matrix model for predicting growth of forest stands in the Northeast. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 16, n. 3, p. 521-528, 1986.
- STEPKA T. F.; DIAS N. A.; FIGUEIREDO FILHO A.; MACHADO S. do 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**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 327-335, 2010.
- TEIXEIRA, L. M.; CHAMBERS, J Q.; SILVA, A. R.; 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**, Manaus, v. 37, n. 3, p.377-384, 2007.
- TONINI, H.; COSTA, P. da; KAMISKI, P. E. Estrutura, distribuição espacial e produção de sementes de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) no sul do Estado de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 247-255, 2009.
- VANCLAY, J. K. Assessing site productivity in tropical moist forests - a review. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 54, p. 257-287, 1992.
- VASCONCELOS, S. S.; HIGUCHI, N.; OLIVEIRA, M. V. N. Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. **Acta amazonica**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 71-80, 2009.
- VIDAL, E.; VIANA, V.; BATISTA J. F. L. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 133-143, 2002.
- ZHANG, X.; LEI, Y.; CAI, D.; LIU, F. Predicting tree recruitment with negative binomial mixture models. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 270, p. 209-215, 2012.

CAPÍTULO IV



Dinâmica da regeneração natural de *Carapa guianensis* Aubl., em floresta Amazônica submetida a tratamentos silviculturais

RESUMO

DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL DE *Carapa guianensis* Aubl., EM FLORESTA AMAZÔNICA SUBMETIDA A TRATAMENTOS SILVICULTURAIS

AUTORA: Luciana Maria de Barros Francez

ORIENTADOR: Frederico Dimas Fleig

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da exploração florestal e refinamento na dinâmica da composição florística e estrutura da regeneração natural da floresta e de *Carapa guianensis* Aubl., 30 anos após a colheita da madeira, na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. Em 1981 foram instaladas de forma aleatória 48 parcelas de 50 m x 50 m, subdivididas em 25 subparcelas de 10 m x 10 m. Em cada parcela de 50 m x 50 m foram sorteadas cinco subparcelas, e no centro de cada uma dessas cinco, foi demarcada uma parcela de 5 m x 5 m, para a mensuração dos indivíduos com $2,5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 5 \text{ cm}$ (varas). Cada parcela de 5 m x 5 m foi dividida em quatro triângulos de $6,25 \text{ m}^2$, dos quais um foi sorteado para a mensuração das mudas ($H \geq 30 \text{ cm}$, $\text{DAP} < 2,5 \text{ cm}$). Foram estabelecidos quatro tratamentos de acordo com as diferentes intensidades dos tratamentos silviculturais (T1- área explorada; T2- área explorada + refinamento de até 20%; T3- área explorada + refinamento de até 40%; T4- área explorada + refinamento de até 60%). Foram avaliados a diversidade florística, fitossociologia e taxa de regeneração natural da floresta e de *C. guianensis*. Foi inventariado em média $1238,03 \pm 457,17$ varas.ha⁻¹ vivas na comunidade. *C. guianensis* mostrou baixos valores de densidade de varas ($3,98 + 0,83$ varas.ha⁻¹) ao longo dos tratamentos não sendo possível realizar inferência estatística. A média do número de mudas da comunidade foi de $13865,14 \pm 3498,36$ mudas.ha⁻¹. *C. guianensis* exibiu $141,81 \pm 79,23$ mudas.ha⁻¹, com diminuição em sua densidade após a exploração florestal, excetuando T3 que mostrou um aumento de 50% entre os anos de 1981 e 1983. Os tratamentos com aplicação do refinamento mostraram aumento de mudas da espécie, exceto T2 com diminuição de 75%, entre os anos de 1995 e 2012, enquanto T1 expressou um aumento de 180%. Ao comparar o mesmo tratamento ao longo dos diferentes anos de medições foram identificadas diferenças entre T3_81 x T3_12. Em 2012, T2 mostrou diferença entre todos os tratamentos aplicados na área. *Duguetia echinophora* R. E. Fr., *Rinorea riana* Kuntze e *Protium apiculatum* Swart foram as espécies com maiores valores relativos de densidade e frequência da comunidade. *C. guianensis* mostrou um padrão de distribuição espacial uniforme para mudas e varas. A espécie expressou taxas de regeneração negativas para a classe de varas, enquanto a classe de mudas mostrou valores positivos excetuando o T2. As mudas de Andiroba foram mais sensíveis às mudanças ocasionadas pela exploração florestal e refinamento, no entanto, as varas mostraram um menor número de indivíduos. É necessário a intervenção silvicultural, por meio de enriquecimento e/ou transplante de indivíduos jovens além do beneficiamento dos que já estão presentes na área, a fim de garantir a resiliência da *C. guianensis* e de outras espécies consideradas como comerciais.

Palavras-chave: Andiroba. Regenerantes de Andiroba. Floresta natural de terra firme. Amazônia.

ABSTRACT**DYNAMICS OF THE NATURAL REGENERATION OF *Carapa guianensis* Aubl. IN AMAZON RAINFOREST SUBJECTED TO SILVICULTURAL TREATMENTS**

AUTHOR: Luciana Maria de Barros Francez

ADVISOR: Frederico Dimas Fleig

This study aimed to evaluate the effect of logging and thinning in the dynamics of floristic composition and natural regeneration structure of the forest and of *Carapa guianensis* Aubl., 30 years after harvesting, in Tapajós National Forest, Belterra, Pará. In 1981, 48 plots of 50 x 50 m were randomly installed, subdivided into 25 subplots of 10 x 10 m. In each plot of 50 x 50 m, five subplots were sorted, and at the center of each one of those five, one plot of 5 x 5 m was allocated to measure the individuals of $2.5 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 5 \text{ cm}$ (saplings). Each plot of 5 x 5 m was divided into four triangles of 6.25 m^2 , which one was sorted for the measurement of the seedlings ($H \geq 30 \text{ cm}$, $\text{DBH} < 2.5 \text{ cm}$). Four treatments were established according to the different intensities of the silvicultural treatments (T1 – logged area; T2 – logged area + thinning up to 20%; T3 – logged area + thinning up to 40%; T4 – logged area + thinning up to 60%). The floristic diversity, phytosociology, and the natural regeneration rate of the forest and of *C. guianensis* were evaluated. The inventory found on average 1238.03 ± 457.17 alive saplings. ha^{-1} in the community. *C. guianensis* presented lower density values of saplings (3.98 ± 0.83 saplings. ha^{-1}) throughout the treatments, so it was not possible to perform statistical inference. The average number of seedlings in the community was 13865.14 ± 3498.36 seedlings. ha^{-1} . *C. guianensis* exhibited 141.81 ± 79.23 seedlings. ha^{-1} , with a decrease in its density after logging, except T3, which showed an increase of 50% between the years of 1981 and 1983. The treatments with an application of thinning showed an increase of seedlings of the species, except T2 with a decrease of 75% between the years 1995 and 2012, while T1 expressed an increase of 180%. When comparing the same treatment over the different years of measurements, differences between T3_81 x T3_12 were identified. In 2012, T2 revealed the difference between all treatments applied in the area. *Duguetia echinophora* R. E. Fr., *Rinorea riana* Kuntze, and *Protium apiculatum* Swart were the species with the highest relative density and frequency values of the community. *C. guianensis* exhibited a uniform spatial distribution pattern for seedlings and saplings. The species expressed negative regeneration rates for the class of saplings while the seedlings class showed positive values except for T2. Andiroba seedlings were more sensitive to changes caused by logging and thinning; however, the saplings presented a smaller number of individuals. Silvicultural intervention is necessary, through the enrichment and/or transplantation of young individuals as well as the benefits of those already present in the area, to ensure the resilience of *C. guianensis* and other species considered as commercial.

Keywords: Andiroba. Andiroba regenerating. Terra Firme natural forest. Amazon.

1 INTRODUÇÃO

A teoria da sucessão ecológica postula que o ecossistema se desenvolve durante um estágio inicial de crescimento rápido, seguido de outros estágios de crescimento mais lento até chegar à fase de clímax (PIRES-O'BRIEN; O'BRIEN, 1995).

Whitmore (1990) destacou três fases no decurso da sucessão florestal: fase de clareira, fase de regeneração e fase madura. A fase madura é tomada por árvores maduras e/ou senescentes; a fase de regeneração é constituída por indivíduos jovens em acentuado estágio de desenvolvimento; enquanto as clareiras normalmente contêm pouca ou nenhuma árvore viva, que seja maior do que mudas e arvoretas. As três fases denotam o desenvolvimento contínuo e a constante mudança das florestas tropicais, formada por divisões arbitrárias do processo de crescimento, diferindo, porém, em estrutura e composição florística (WHITMORE, 1990; RICHARDS, 1996).

A dinâmica da floresta pode ser entendida pelas mudanças ocorridas na composição florística, fitossociologia e estrutura diamétrica, fundamentados no crescimento, ingresso, mortalidade e regeneração (SOLOMON, 1980; VATRAZ et al., 2012). Essas informações são essenciais para o entendimento dos padrões e equilíbrio populacional (KAGEYAMA, 1987).

A dinâmica da regeneração natural (RN) é vista como um dos dois elementos básicos (junto à estrutura da floresta) para o sucesso de qualquer sistema silvicultural. Tal processo inicia com a abertura de clareiras, que provocam mudanças nas características edafoclimáticas locais, ocasionando o processo de sucessão florestal (CARVALHO, 1999).

Em termos silviculturais o surgimento de clareiras pode ocorrer da seguinte maneira: de forma natural; por abate de árvores; ou pelos desbastes, que podem ser realizados pelo anelamento das árvores com ou sem envenenamento. As diferentes intensidades de abertura no dossel determinarão quais espécies irão compor a florística da área (FRANCEZ, 2006; JARDIM et al., 1996).

Os estudos relativos à formação de clareiras são importantes, pois a intensidade de luz que chega ao piso florestal, determinará quais espécies vão constituir a floresta, assim como a abundância e a distribuição destas na área (FRANCEZ et al., 2013). A elevação da luminosidade ocasionada pela abertura do

dossel devido à queda de um galho ou de uma árvore, retorna a níveis baixos em um período de 5 a 10 anos, ocasionando flutuações de luz, influenciando no crescimento dos indivíduos da regeneração (STERCK et al., 1999).

A RN é o resultado da relação de processos naturais referentes às fases iniciais de estabelecimento e desenvolvimento do ecossistema florestal, (GAMA; BOTELHO; BENTES-GAMA, 2002). Para Rollet (1969) tal conceito pode designar um conjunto de processos relativos à reprodução (resiliência) da floresta, que pode ser avaliado do ponto de vista estático e/ou dinâmico. Este mesmo autor afirmou que o termo regeneração refere-se aos indivíduos com dimensões menores (fases juvenis), como por exemplo, indivíduos com 5 a 10 cm de diâmetro.

Finol U. (1969; 1975) comentaram que todas as plantas que se encontram entre 10 cm de altura até o limite de 10 cm de diâmetro à 1,30 m do solo (DAP) são definidas como indivíduos da RN, alicerce para a sobrevivência e desenvolvimento da floresta. Lamprecht (1990) considerou como RN as plantas com altura igual ou maior que 30 cm até o limite de 10 cm de DAP.

O entendimento da dinâmica da RN por meio do ingresso, mortalidade e crescimento, proporciona informações sobre as espécies que terão maior ou menor participação na estrutura futura da floresta (SCHORN; GALVÃO, 2006).

Costa; Silva; Carvalho (2002) relataram que as espécies mostram peculiaridades intrínsecas ao grupo ecológico a que pertencem quando submetidas a diferentes intensidades de distúrbios, por exemplo, as espécies pioneiras apresentam maiores taxas de ingresso e mortalidade do que as tolerantes à sombra, pois, em geral são árvores de rápido crescimento e curta longevidade. Tais espécies apresentam comportamentos distintos, dependendo do ambiente em que estão inseridas, o que pode ocasionar erros, durante aplicações de tratamentos silviculturais (SERRÃO; JARDIM; NEMER, 2003), havendo desta forma, a necessidade de estudos sobre o comportamento das espécies em diferentes ambientes da floresta, de acordo com a sua exigência por radiação solar, a fim de determinar um tratamento silvicultural adequado à espécie ou ao grupo de espécies em questão (JARDIM; SOARES, 2010).

O estudo da RN possibilita fazer prognoses sobre o comportamento e desenvolvimento futuro da floresta, uma vez que fornece a relação e a quantidade de espécies que constituem o seu estoque, assim como suas dimensões e distribuição na área (CARVALHO, 1982). Apesar disso, Vanclay (1992) afirmou que

a modelagem da RN é muito difícil de ser realizada devido a variabilidade na regeneração, uma vez que esta ocorre de forma esporádica, com pouco ou nenhum indivíduo por diversos anos e em muita quantidade nos anos em que ocorre.

Odum (1988) esclareceu que mesmo quando a comunidade e o ecossistema parecem inalterados, a densidade, a natalidade, a sobrevivência, a estrutura etária, a taxa de crescimento e outros atributos das populações flutuam em um dado espaço de tempo (se movem em equilíbrio). Venturoli; Felfili; Fagg (2007) ressaltaram que a RN assegura a sobrevivência da floresta apesar de algumas espécies apresentarem população juvenil muito pequena.

Estudos foram realizados quanto a dinâmica e fitossociologia da comunidade arbórea (OKALI; OLA-ADAMS, 1988; SILVA et al., 1995; D'OLIVEIRA; BRAZ, 2006; REIS et al., 2010; CASTRO; CARVALHO, 2014; VATRAZ et al., 2016), no entanto, como afirmado por Hirai et al. (2012), há necessidade da realização de pesquisas sobre RN em florestas tropicais do bioma amazônico.

Uma das espécies de grande interesse econômico na Amazônia, é a *Carapa guianensis* Aubl. vulgarmente conhecida como Andiroba. A madeira e o óleo extraído de suas sementes, são seus produtos mais relevantes. A madeira de excelente qualidade, é empregada na construção de casas e embarcações, enquanto o óleo extraído de suas sementes possui propriedades medicinais e cosméticas sendo utilizado como repelente natural (NEVES et al., 2004). É indicada para o enriquecimento de capoeiras, florestas, sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas úmidas (CONDÉ et al., 2013; FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002).

Conforme Tonini; Costa; Kamiski (2009), o uso da espécie está associado à densidade e a prática local. Em áreas menos densas, a extração de madeira é realizada, ao passo que nas mais densas, a extração do óleo. Contudo, a sua permanência é ameaçada pela exploração florestal sem planejamento, falta de monitoramento no período pós-exploratório, inadequação ou não aplicação de tratamentos silviculturais para a manutenção da espécie, coleta de suas sementes de forma exacerbada por extrativistas, além do ataque de fitopatógenos a que seus frutos e sementes são suscetíveis.

Desta forma é primordial o entendimento da RN de *C. guianensis* em áreas sob ação de tratamentos silviculturais. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar o comportamento da RN da comunidade e da população de *Carapa*

guianensis Aubl. sob a ação de tratamentos silviculturais e se estes são capazes de contribuir na manutenção da regeneração natural da espécie em Floresta Amazônica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará, Brasil (02° 40' - 04° 10' S e 54° 45' - 55° 30' W) (CARVALHO, 2002).

O clima é tropical (“Ami” segundo Köppen) com médias anuais de precipitação e temperatura de 2000 mm e 25 °C, respectivamente (CARVALHO, 2001). O relevo é plano a suavemente ondulado com latossolo do tipo amarelo (60% - 94% de argila) (RADAMBRASIL, 1976; CARVALHO, 2002).

A Floresta é Ombrófila Densa (Tropical Pluvial), tendo como limitantes os rios Tapajós a oeste, Cupari ao sul e Curuá-Una a leste (IBAMA, 2004; IBGE, 2012).

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Em 1981 foram estabelecidas de forma aleatória 48 parcelas quadradas, de 0,25 ha em 144 ha, subdivididas em 25 sub-parcelas de 10 m x 10 m, onde foram mensuradas todas as árvores (DAP \geq 5cm) (SILVA; LOPES, 1984; SILVA et al., 2005). Em cada parcela de 50 m x 50 m foram sorteadas cinco subparcelas, dentre as 25, e no centro de cada uma dessas cinco, foi demarcada uma parcela de 5 m x 5 m, para a mensuração dos indivíduos com $2,5 \text{ cm} \leq \text{DAP}^{14} < 5 \text{ cm}$ classificados como “varas”. Cada parcela de 5 m x 5 m foi dividida em quatro triângulos de 6,25 m², dos quais um foi sorteado para a mensuração das “mudas” (H \geq 30 cm, DAP < 2,5 cm).

A exploração florestal foi realizada em 1982, em diferentes intensidades com a extração média de 12,5 árvores.ha⁻¹, de 38 espécies comerciais, totalizando 73 m³.ha⁻¹ (CARVALHO, 2001).

Entre os anos de 1993 e 1994 foram realizados refinamentos de diferentes intensidades em 36 das 48 parcelas exploradas, nas árvores com DAP \geq 15 cm,

¹⁴ DAP – Diâmetro a 1,30 m do solo.

para a diminuição da área basal das espécies consideradas não comerciais. Em 1997 houve a ocorrência de um incêndio acidental na área diferenciando as repetições entre os tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 - Distribuição dos tratamentos na área experimental (Km 114) após o incêndio de 1997 ocorrido na Floresta Nacional do Tapajós, PA.

Tratamento*	Descrição	Nº de parcelas após incêndio	Área amostral (ha)	
			Vara	Mudas
T1	Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 45 cm	10	0,1250	0,0312
T2	Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 20%	7	0,0875	0,0219
T3	Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 40%	12	0,1500	0,0375
T4	Floresta explorada com a retirada dos fustes comerciais de árvores com DAP \geq 55 cm + redução da área basal em até 60%	6	0,0750	0,0187

Foram executadas quatro medições (antes da exploração: 1981; e após a exploração: 1983, 1995 e 2012).

A identificação das espécies foi realizada, em campo, com base no nome comum por parobotânicos da Embrapa Amazônia Oriental. As que não foram identificadas em campo tiveram material botânico coletado e encaminhado ao Herbário IAN da Embrapa Amazônia Oriental, para determinação científica. Os nomes científicos apresentados neste trabalho estão de acordo com o sistema de classificação botânica do APGIV (APG, 2016), sendo os mesmos confirmados pelo site <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>.

2.3 ANÁLISE DOS DADOS

A composição florística foi avaliada em nível de família, gênero e espécie; enquanto a diversidade, por meio do índice de diversidade Simpson (C_s) (MAGURRAN, 2011). Os parâmetros relativos à densidade e frequência foram calculados de acordo com Curtis; McIntosh (1951) e Finol U. (1971), enquanto a

distribuição espacial, entre os anos de 1981-2012, considerou os estudos de McGinnies (1934).

A taxa de regeneração, para as classes de varas e mudas, foi obtida conforme Jardim (1986/1987), que utiliza a equação $TR = [(D_f - D_i) - 1] * 100$, em que TR = taxa de regeneração; D_f = densidade final da espécie (medição de 2012) e D_i = densidade inicial da espécie (medição de 1981). Souza et al. (2002) interpretaram os resultados gerados por esta taxa da seguinte forma: valores positivos de TR mostram adensamento da espécie na amostra ou na classe de tamanho considerada; valores negativos, revelam a mortalidade ou o crescimento, o que denota mudança de classe de tamanho. Valores nulos refletem estabilidade.

A normalidade e homogeneidade dos dados relativos a densidade foram avaliadas mediante os testes de Shapiro-Wilk e Levene a 5% de significância. Quando os dados eram normais e homogêneos foi efetuada a análise de variância com o uso do teste F de Fisher. Quando detectada diferença estatística pelo teste F, foi aplicado o teste de Tukey a fim de identificar quais médias apresentavam diferença.

No caso de não normalidade e/ou homogeneidade foram realizados testes não paramétricos: 1 - Para amostras independentes foram utilizados os testes U de Mann-Whitney (para duas populações) ou de Kruskal-Wallis (mais de duas populações); 2 - Para amostras pareadas foi utilizado o teste de Wilcoxon. Quando os pressupostos foram atendidos em parte dos tratamentos foi utilizado o teste t para amostras pareadas e independentes.

As análises estatísticas foram feitas com o auxílio dos softwares Microsoft Office Excel 2013, Statistical Package for Social Science for Windows (SPSS) versão 21.0 (IBM SPSS, 2012); e Programa R versão 3.4.4 (R CORE TEAM, 2018).

3 RESULTADOS

Foram inventariadas em média $1238,03 \pm 457,17$ varas.ha⁻¹ vivas (Mín: 240 varas.ha⁻¹; Máx: 2720 varas.ha⁻¹), ao considerar a comunidade. A densidade média entre os tratamentos variou de 906,67 a 1640,00 varas.ha⁻¹, com diminuição e aumento dos indivíduos após a exploração e refinamento, respectivamente. A

diversidade Simpson, se manteve praticamente constante, manifestando um ligeiro aumento após a realização do refinamento (Tabela 2).

Tabela 2 - Média do número de varas e mudas (NI.ha⁻¹), famílias (F), gêneros (G), espécies (E) e diversidade Simpson (Cs) ocorrentes em uma área de floresta de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

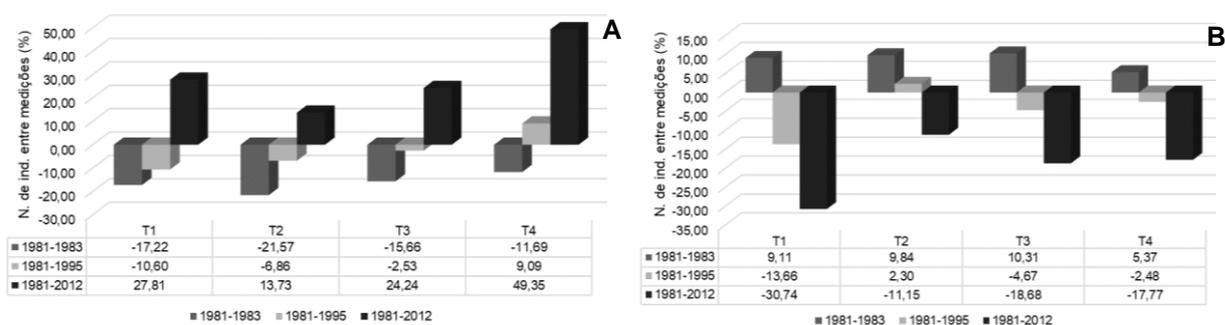
Trat.	Medição	Varas					Mudas				
		F	G	E	Cs	NI ha ⁻¹	F	G	E	Cs	NI ha ⁻¹
T1	1981	27	44	42	0,94	1208,00±450,11 ^{aA}	41	66	64	0,96	16864,00±4674,02 ^{adA}
	1983	24	37	34	0,93	1000,00±536,32 ^{aA}	42	72	76	0,97	18400,00±2661,33 ^{aA}
	1995	29	40	40	0,94	1080,00±392,37 ^{aA}	39	62	63	0,97	14560,00±2762,03 ^{cdA}
	2012	31	47	57	0,97	1544,00±649,98 ^{aA}	31	58	83	0,98	11680,00±3729,52 ^{bcABC}
T2	1981	19	31	30	0,91	1165,71±200,57 ^{aA}	35	67	66	0,96	13942,86±3278,28 ^{aAB}
	1983	18	24	24	0,92	914,29±210,94 ^{aA}	38	69	70	0,97	15314,29±3710,84 ^{aABC}
	1995	22	38	36	0,96	1085,71±348,27 ^{aA}	37	59	60	0,97	14262,86±2299,08 ^{aA}
	2012	23	38	40	0,97	1325,71±603,73 ^{aA}	32	65	85	0,98	12388,57±2584,64 ^{aABC}
T3	1981	32	46	45	0,91	1320,00±398,54 ^{aA}	39	71	74	0,97	13706,67±1919,19 ^{abAB}
	1983	28	43	41	0,93	1113,33±470,77 ^{aA}	46	90	95	0,97	15120,00±3280,80 ^{aBC}
	1995	29	52	49	0,93	1286,67±580,37 ^{aA}	37	71	73	0,97	13066,67±3211,13 ^{abA}
	2012	34	63	77	0,97	1640,00±440,17 ^{aA}	38	75	99	0,98	11146,67±2455,44 ^{bB}
T4	1981	18	23	17	0,92	1026,67±355,68 ^{aA}	31	49	46	0,96	12906,67±1352,61 ^{aB}
	1983	15	19	20	0,90	906,67±326,60 ^{aA}	32	56	57	0,96	13600,00±1841,04 ^{aC}
	1995	20	27	28	0,95	1120,00±395,17 ^{aA}	30	50	51	0,97	12586,67±2241,52 ^{aA}
	2012	24	39	45	0,97	1533,33±264,94 ^{aA}	28	51	66	0,98	10613,33±3582,95 ^{aB}

Legenda: Trat. - Tratamentos; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 60%; Médias em um mesmo tratamento, considerando diferentes anos de medições, acompanhadas de letras minúsculas diferentes apresentam diferença a 5% de significância; Médias de diferentes tratamentos, considerando um mesmo ano de medição, acompanhadas de letras maiúsculas diferentes apresentam diferença a 5% de significância.

O menor número de varas ocorreu entre os anos de 1981 e 1983 em T2, devido aos danos provocados pela exploração florestal e abertura abrupta do dossel, diferente daquela proporcionada de forma gradativa pelo refinamento realizado nas árvores (Figura 1A). A abertura feita de forma brusca possibilita o aumento da luminosidade e temperatura, ocasionando o acréscimo da mortalidade, especialmente para espécies intolerantes a grandes intensidades de luz. Todavia, não ocorreram diferenças entre os tratamentos em um mesmo ano de medição (Tabela 2).

Não foram observadas diferenças significativas quanto ao número de varas da comunidade após exploração florestal e refinamento, em relação ao ano de 1981 em que a floresta não havia sido explorada, excetuando T2 com diferença entre as medições de 1981 e 1983 (Tabela 2), devido a diminuição de varas após a exploração florestal.

Figura 1 - Taxa de regeneração de varas (A) e mudas (B) de uma floresta de terra firme sob a ação da exploração florestal e refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 60%.

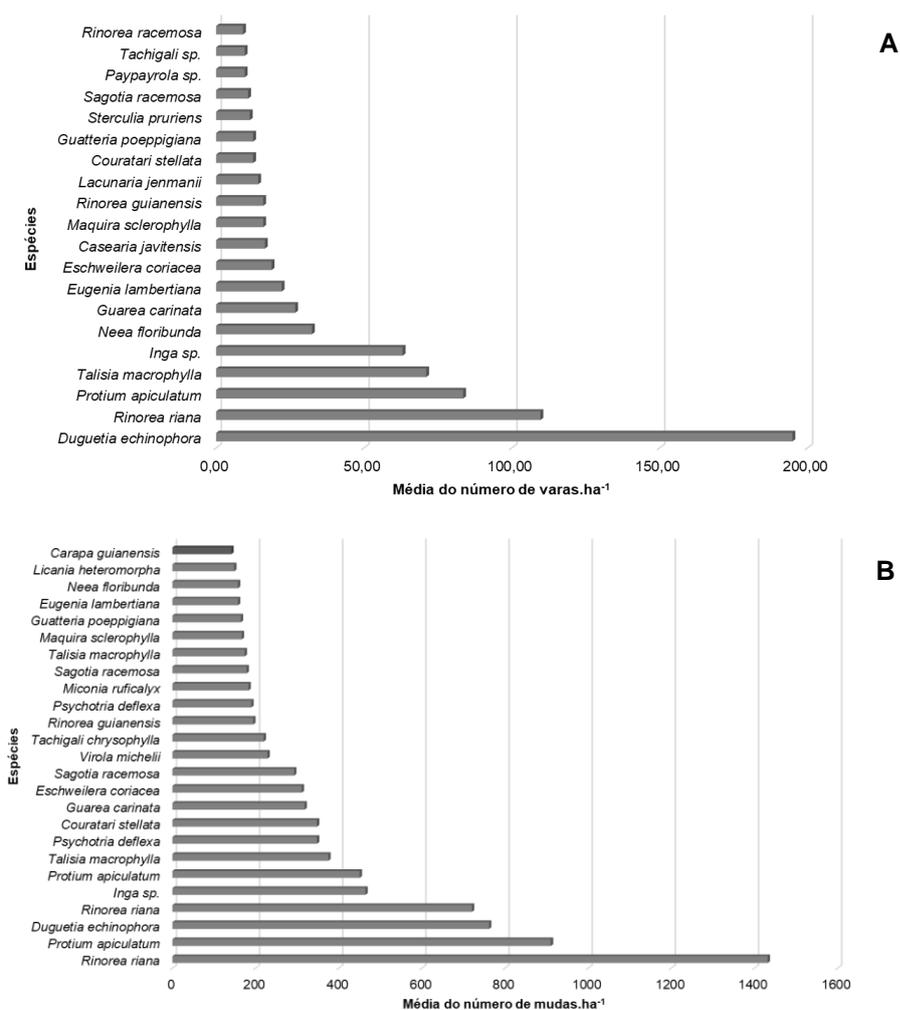
O número de famílias, gêneros e espécies da classe de varas e mudas mostraram variação entre os tratamentos e medições, com diminuição e aumento, após exploração e refinamento (Tabela 2).

Duguetia echinophora R.E. Fr. ($194,88 \pm 17,46$ varas.ha⁻¹), *Rinorea riana* Kuntze ($109,66 \pm 9,52$ varas.ha⁻¹), *Protium apiculatum* Swart ($83,52 \pm 6,65$ varas.ha⁻¹) e *Talisia macrophylla* (Mart.) Radlk. ($71,02 \pm 0,83$ varas.ha⁻¹). foram as espécies com maiores médias de densidade de varas (Figura 2A). Estas espécies foram listadas entre as de maior número de árvores (Capítulo 2), a exceção de *Talisia macrophylla* (Mart.) Radlk. Semelhante ao que ocorreu na classe de árvores (Cap. 2), *C. guianensis* apresentou baixos valores de densidade média ao longo dos tratamentos, ficando na 45ª colocação com $3,98 \pm 0,83$ varas.ha⁻¹.

O tratamento T1 exibiu a maior densidade de varas de Andiroba, entre os anos de 1981 e 2012. Antes da exploração este tratamento contava com a média de $16,00 \pm 50,60$ varas.ha⁻¹, enquanto após a exploração foram registradas $8,00 \pm 25,30$ varas.ha⁻¹ que se mantiveram até 2012. T2 exibiu varas somente antes da exploração, ao passo que T3 apresentou varas unicamente após a realização do refinamento. T4 não teve registro de varas durante todo o período de estudo (Figura 3A). O tratamento T1 com maior intensidade de exploração proporcionou maior e melhor disponibilidade de luz à espécie, em especial nesta classe em que os indivíduos compõem o sub-bosque, o que não foi observado de forma clara nas parcelas em que foi realizado o refinamento. Cabe ressaltar, que o refinamento foi

feito por anelamento, assegurando a morte gradual do indivíduo, possibilitando aumento gradativo da luminosidade.

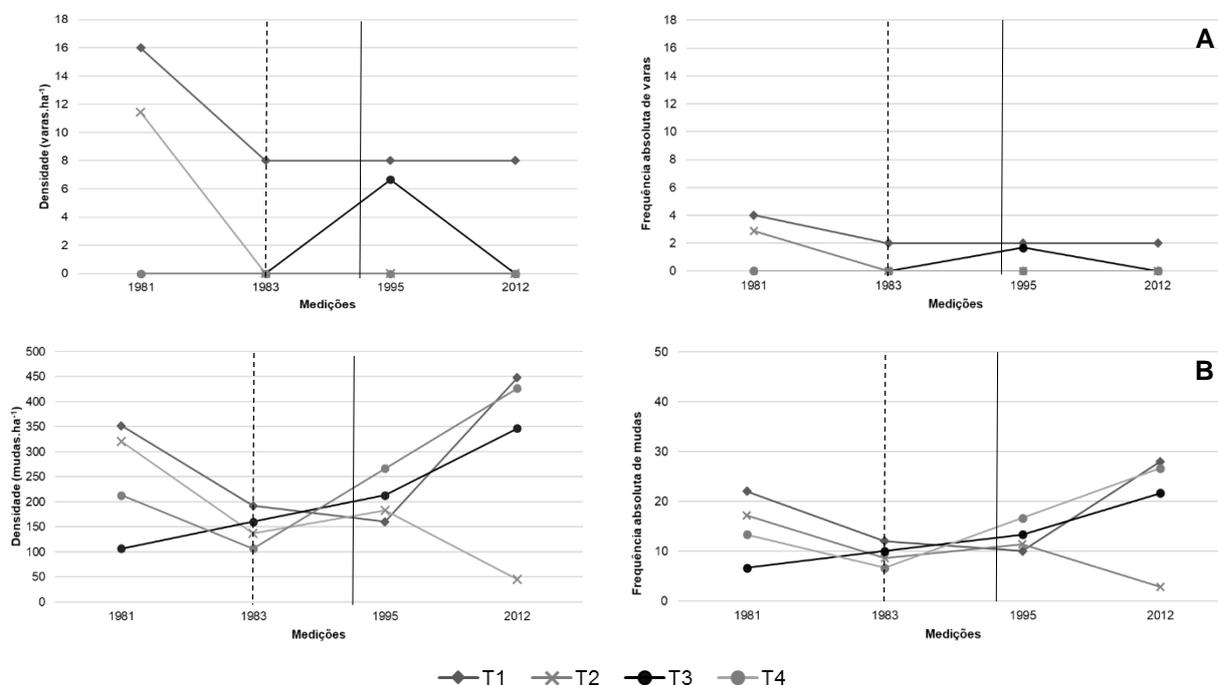
Figura 2 – Espécies com maiores números de varas (A) e mudas (B) registradas em uma área de floresta de terra firme, sob a ação da exploração florestal e refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



A frequência das varas da espécie manifestou comportamento semelhante ao gráfico de densidade, com melhores distribuições para os tratamentos T1 (Figura 3A).

C. guianensis mostrou baixa densidade e frequência de varas em comparação à comunidade (Figura 4), não sendo possível realizar inferência estatística em relação a espécie, devido sua baixa ocorrência e distribuição ao longo das parcelas.

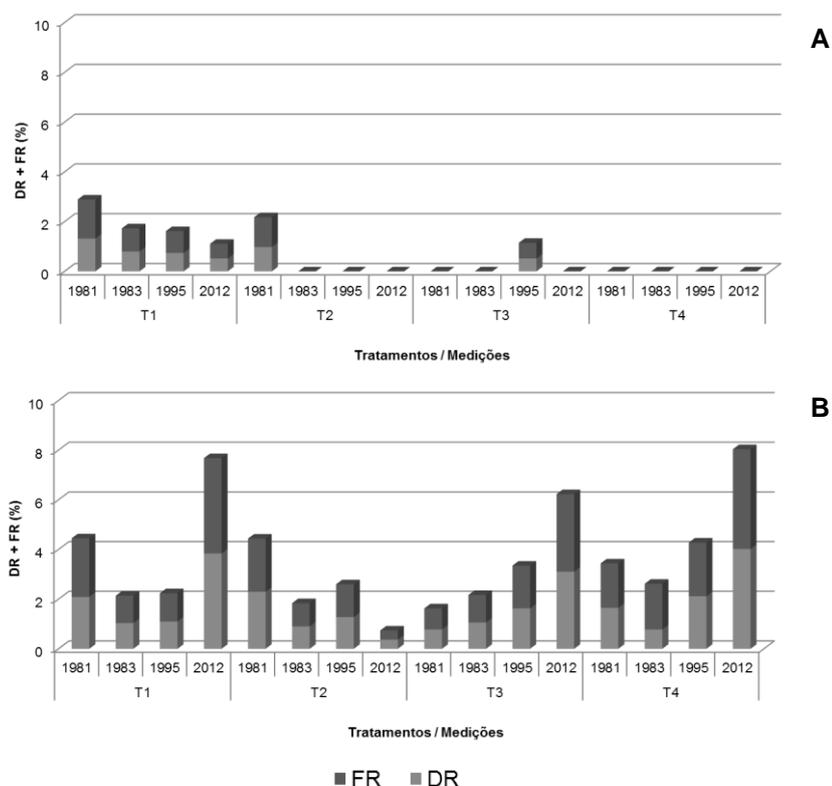
Figura 3 – Densidade e frequência absoluta de varas (A) e mudas (B) da espécie *Carapa guianensis* Aubl. em uma área de floresta de terra firme, sob a ação da exploração florestal e refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 60%; Linha pontilhada – exploração; Linha cheia - refinamento.

Em média foram registradas $13865,14 \pm 3498,36$ mudas. ha^{-1} vivas (Mín: 4800 mudas. ha^{-1} ; Máx: 25280 mudas. ha^{-1}) ao considerar a comunidade e todos seus tratamentos. As menores médias de densidade foram observadas em T3 (13260,00 mudas. ha^{-1}) e T4 (12426,67 mudas. ha^{-1}), principalmente após a realização do refinamento, ao passo que T1 (15376,00 mudas. ha^{-1}) mostrou a maior média (Tabela 2). Logo após a exploração (1983) foi constatado um aumento do número de mudas, acompanhado de uma diminuição entre os anos de 1995 e 2012, que provavelmente deve ser seguido de um período de estabilidade dinâmica. Este aumento após 1983 é explicado pela abertura brusca do dossel, favorecendo principalmente as espécies demantes de luz.

Figura 4 - Densidade e frequência relativas de varas (A) e mudas (B) para *Carapa guianensis* Aubl. em uma área de floresta de terra firme, sob a ação da tratamentos silviculturais, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 60%.

Foi observada diferença estatística entre os seguintes pares de anos: T1 (81x12; 83x95; 83x12); e T3 (83x12). Estas diferenças geralmente ocorreram entre as maiores e menores médias de mudas da comunidade. Da mesma forma houveram diferenças entre os seguintes tratamentos, considerando o mesmo ano de medição: 1981 (T1xT4); 1983 (T1xT3; T1xT4) (Tabela 2)

Os valores negativos encontrados para a taxa de regeneração da comunidade podem representar mortalidade ou egresso da atual classe, ocorrendo maior intensidade em T1, ao considerar o período de 1981 a 2012 (Figura 1B).

R. riana ($1431,84 \pm 548,87$ mudas.ha⁻¹), *P. apiculatum* ($910,34 \pm 234,15$ mudas.ha⁻¹) e *D. echinophora* ($761,67 \pm 569,08$ mudas.ha⁻¹) apresentaram as maiores médias de densidade de mudas. *C. guianensis* ocupou a 25^a colocação com $141,81 \pm 79,23$ mudas.ha⁻¹ (Figura 2B).

C. guianensis exibiu diminuição na densidade de mudas após a exploração florestal, com exceção para T3 que mostrou aumento de 50% entre os anos de 1981 e 1983. Ao considerar todas as medições, T2 apresentou os menores valores de abundância da espécie.

Os tratamentos em que foi feito o refinamento apontaram aumento na abundância de mudas da espécie, exceto T2 com diminuição de 75%, entre os anos de 1995 e 2012, em seus valores absolutos, enquanto T1 expressou um incremento de 180% no ano de 2012, possivelmente ocasionado por aberturas de clareiras ocorridas de forma natural favorecendo as mudas da espécie. A frequência mostrou desempenho semelhante a abundância (Figura 3B).

Apesar da não regularidade do número de mudas de Andiroba, foi possível a realização de análise estatística. Ao comparar o mesmo tratamento ao longo dos diferentes anos de medições foram identidades diferenças entre em T3_81 (M_d : 0 mudas.ha⁻¹; Mín: 0 mudas.ha⁻¹; Máx: 1280 mudas.ha⁻¹) x T3_12 (M_d : 320 mudas.ha⁻¹; Mín: 0 mudas.ha⁻¹; Máx: 640 mudas.ha⁻¹) em função da distribuição destas ao longo das parcelas, segundo o teste de Wilcoxon.

Quando contrastado os diferentes tratamentos em um mesmo ano de medição foi verificado que T2, no ano de 2012, mostrou diferença entre todos os tratamentos aplicados na área (Tabela 3), pelo fato de possuir um menor número de mudas quando comparado aos demais tratamentos.

Tabela 3 - Comparação do número de mudas de *Carapa guianensis* Aubl. com realização do teste U de Mann-Whitney para o ano de 2012, em uma área de floresta de terra firme, sob a ação da exploração florestal e refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

Tratamentos	Mínimo ¹	Mediana ¹	Máximo ¹	Tratamentos ²			
				T1	T2	T3	T4
T1	0	320	1280	1	0,033*	0,771	1,000
T2	0	0	320		1	0,007*	0,005*
T3	0	320	640			1	0,750
T4	320	320	960				1

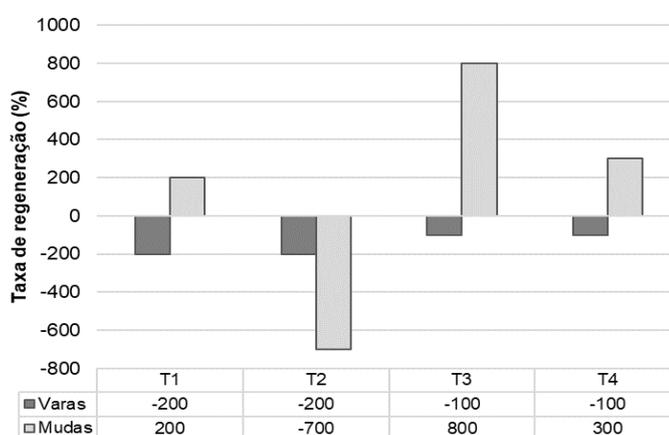
Legenda: 2 - Hipótese nula (H_0 : A distribuição das mudas é a mesma entre os tratamentos); * - rejeição da hipótese nula; T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP \geq 55 cm + refinamento em até 60%.

C. guianensis mostrou valores de densidade e frequência das mudas, medianos em relação a comunidade, com perda de colocações após a exploração

florestal. Após o refinamento a espécie volta ganhar posições, ficando entre os primeiros lugares no ranking da comunidade, com exclusão de T2 que teve diminuição em seus valores relativos (Figura 4B).

Andiroba apresentou um padrão de distribuição espacial uniforme para as classes de mudas e varas. As taxas relativas à regeneração natural foram negativas para a classe de varas e positivas para mudas, excetuando T2 (Figura 5).

Figura 5 - Taxa de regeneração para varas e mudas de *Carapa guianensis* Aubl. em uma área de floresta de terra firme, sob a ação da exploração florestal e refinamento, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, no período entre 1981-2012.



Legenda: T1 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 45 cm; T2 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 20%; T3 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 40%; T4 - Floresta explorada com a retirada de árvores com DAP ≥ 55 cm + refinamento em até 60%.

4 DISCUSSÃO

A diversidade Simpson, se manteve alta tanto para a classe de varas quanto para mudas, mesmo após aplicação dos tratamentos silviculturais. Quanto maior esse valor, mais uniforme será a distribuição dos indivíduos entre as espécies (MAGURRAN, 2011).

O número de espécies na classe de varas foi menor do que os relatados por Hirai et al. (2012) no nordeste paraense, onde foram registradas 79 e 57 espécies nas áreas exploradas e não-explorada, respectivamente. Há de se considerar que os autores assumiram como regeneração todos os indivíduos com $2,5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$, intervalo de inclusão superior ao do presente estudo.

Para Felfili (1998) e Felfili et al. (2001) os indivíduos jovens de uma comunidade são vistos como bons indicadores da futura composição e estrutura, sendo dependentes apenas de condições favoráveis para seu desenvolvimento e que umidade e luz, estão entre os principais componentes .

Os valores de densidade de varetas ($h \geq 1,5$ m e $DAP < 10$ cm), encontrado por Klimas et al. (2008) em Rio Branco-AC, foram superiores aos encontrados por Boufleuer (2004) e do presente estudo, com variações de 48 a 52 varetas.ha⁻¹ (floresta com baixio) e 48 a 59 varetas.ha⁻¹ (floresta de terra firme).

O aumento do número de mudas imediatamente após a exploração florestal é explicado pela abertura brusca do dossel, favorecendo principalmente as espécies demandantes de luz. É interessante observar que tal abertura provocou uma diminuição das varas, gerada pelos danos da exploração e mudanças no microclima do sub-bosque, demonstrando a complexidade do manejo e silvicultura em uma floresta com alta heterogeneidade em termos de estrutura e espécie.

Fredericksen; Mostacedo (2000) relataram um aumento na densidade de mudas em áreas exploradas, com maior perturbação do solo. No entanto, foi observado, que em algumas áreas alteradas, a colonização ocorreu por vegetação competitiva, como algumas espécies de cipós, ressaltando a necessidade de tratamentos que controlem a competição pós-colheita a fim de garantir a regeneração de espécies comerciais.

O número de mudas de Andiroba foi semelhante ao relatado por Klimas et al. (2008), em floresta de terra firme no Estado do Acre (64 a 116 mudas.ha⁻¹) e inferior ao registrado por Guarino et al. (2014) em floresta Ombrófila Aberta, no Estado de Rondônia (1100 ± 133 mudas.ha⁻¹).

Santos; Jardim (2012) notaram a diminuição de mudas da RN em clareiras formadas pela exploração seletiva em Mojú, PA (Amazônia Oriental). Gómez (2011) em seu estudo na Amazônia Boliviana, declarou que a extração de intensidade moderada não comprometeu de forma significativa a abundância e a estrutura espacial da regeneração de todas as espécies florestais avaliadas.

O padrão de agregação de Andiroba encontrado neste estudo diferiu de outros encontrados na Amazônia (LEITE, 1997; BOUFLEUER, 2004; KLIMAS; KAINER; WADT, 2007; TONINI; COSTA; KAMISKI, 2009). Porém, vale considerar que a agregação pode ter como causa alguns fatores como: temperatura, umidade, disponibilidade de luz, topografia e fertilidade do solo (GAMA; BOTELHO; BENTES-

GAMA, 2002), além de estar fortemente correlacionada com o padrão de dispersão das sementes (SEIDLER; PLOTKIN, 2006), ou em função da amostragem.

Um aspecto importante levantado por Hubbell (1979), He; Legendre; Lafrankie (1997) e Condit et al. (2000) é que a maioria das espécies de florestas tropicais apresentam distribuição agregada ou aleatória. He; Legendre; Lafrankie (1997) declararam que as espécies raras são geralmente menos agregadas que as consideradas comuns. Ao contrário desses autores, Condit et al. (2000) afirmaram que o grau de agregação é inversamente proporcional à densidade.

Tonini; Costa; Kamiski (2009) afirmaram que os resultados em estudos sobre a distribuição espacial de *Carapa* spp. têm sido discordantes, revelando hábitos distintos entre as diferentes regiões da Amazônia, ou o emprego de diferentes métodos para a coleta de dados e análise da distribuição espacial.

Os resultados apontam a necessidade de tratamentos silviculturais (enriquecimento e raleamento do sub-bosque) especialmente na classe de varas a fim de diminuir a mortalidade, que possa estar ocorrendo, em função, principalmente, da concorrência que é maior nas classes inferiores de tamanho. Schorn; Galvão (2006) verificaram que a mortalidade e o ingresso são mais elevados nos estágios iniciais, diminuindo gradualmente com o desenvolvimento da vegetação.

Além do fator relativo a luminosidade ocasionado pela abertura de clareiras por meio da queda de um galho ou árvore, a dinâmica da regeneração é fortemente influenciada por outros fatores como: competição com espécies pioneiras, mortalidade de sementes em germinação e de plântulas ocasionada por patógenos, herbívoros e predadores de sementes (AUGSPURGER, 1984; FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2003; GÓMEZ, 2011).

Estudos (PINTO et al., 2013; JESUS-BARROS et al., 2015; DIONISIO et al., 2016; SANTOS; PELLICCIOTTI, 2016) apontam que o ataque de *Hypsipyla grandella* Zeller e *H. ferrealis* Hampson foram as principais responsáveis pela predação de sementes de *Carapa procera* e *C. guianensis*. Concluíram que o ataque dos insetos às sementes prejudicou de forma significativa a germinação e que mesmo as sementes predadas que germinaram, certamente, formarão mudas pouco vigorosas. De acordo com Pereira et al. (2016), um fator que pode ser considerado determinante na intensidade do ataque é a intensidade luminosa, e que este é maior em áreas de clareiras e de menor densidade de árvores.

Este fato é curioso, pois, no presente estudo foi constatado um menor número de indivíduos na classe de varas, levantando a hipótese de ataque às sementes de *C. guianensis*, ocasionado prejuízos à germinação e posterior desenvolvimento dos indivíduos jovens.

Os resultados encontrados no presente trabalho, somado aos grandes diâmetros identificados na classe de árvores, apontam para uma floresta em estágio avançado do processo de sucessão, com a regeneração natural (varas + mudas) composta, principalmente, por espécies demandantes de sombra para seu desenvolvimento inicial. No entanto, há a necessidade de intervenções silviculturais, a fim de garantir a manutenção e resiliência de *C. guianensis*. Estas intervenções não devem incluir apenas as varas, mas os indivíduos adultos a fim de assegurar a produção de sementes e conseqüentemente o estabelecimento de varas e mudas.

5 CONCLUSÕES

- Não foi observada diferença significativa da regeneração natural na classe de varas da comunidade, após a realização dos tratamentos silviculturais, à exceção do refinamento de menor intensidade que apresentou diminuição no número de indivíduos imediatamente após a exploração florestal. As mudas, porém, foram mais sensíveis aos tratamentos, com oscilação no número de indivíduos ao longo dos diferentes tratamentos e medições;
- Não foi possível realizar inferência estatística para a classe de varas de *Carapa guianensis* Aubl. Para mudas o refinamento de menor intensidade (até 20% de redução de área basal) foi diferente dos demais tratamentos em 2012, devido ao menor número de indivíduos quando comparado aos demais tratamentos, denotando que a espécie necessita de maior quantidade de luz nesta classe;
- Há a necessidade de implementação de tratamentos pós-exploratórios específicos para a Andiroba e não para a comunidade, tornando-se essencial a avaliação de tratamentos silviculturais (enriquecimento, transplante, refinamento...) para o beneficiamento da espécie.

6 RECOMENDAÇÕES

- É importante a realização de estudos relativos ao ataque de *Hypsipyla grandella* Zeller e *Hypsipyla ferrealis* Hampson em indivíduos adultos e jovens de *Carapa guianensis* Aubl. na FLONA do Tapajós, para determinar a real causa na diminuição da densidade de varas ($2,5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 5 \text{ cm}$), quando comparada à densidade encontrada na classe de mudas ($\text{DAP} < 2,5 \text{ cm}$ e $H \geq 30 \text{ cm}$);
- Por ser uma espécie de uso múltiplo é necessária a adoção de medidas para a conservação das populações naturais de *Carapa guianensis* Aubl. a fim de mantê-las em áreas onde já é feita a exploração da espécie e naquelas suscetíveis à exploração, seja ela madeira ou não-madeira. Dessa forma, é primordial o monitoramento da dinâmica e ecologia da espécie a fim de prescrever a melhor forma de manejo e intensidade ideal de exploração, pois mudanças na densidade e nas taxas de crescimento podem ser observadas no período pós-colheita, resultando em efeitos secundários que incluem mudanças na estrutura populacional.

REFERÊNCIAS

AUGSPURGER, C. K. Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light gaps and pathogens. **Ecology**, v. 65, n. 6, p. 1705-1712, 1984.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 181, p. 1-20, 2016.

BOUFLEUER, N. T. **Aspectos ecológicos da andiroba (*Carapa guianensis* Aublet. Meliaceae) subsídios para o manejo**. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2004.

CARVALHO, J. O. P. de. Changes in the floristic composition of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 32, n. 2, p. 277-291, 2002.

_____. Estrutura de Matas altas sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G. (Eds). **A Silvicultura na Amazônia Oriental**: contribuições do projeto Embrapa/DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. DFID, 2001. p. 277-290.

_____. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, 1999, Belém, **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1999, p. 174-179.

_____. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no Estado do Pará.** 1982. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, 1982.

CONDÉ, T. M.; LIMA, M. L. M de; LIMA NETO, E. M. de; TONINI, H. Morfometria de quatro espécies florestais em sistemas agroflorestais no município de Porto Velho, Rondônia. **Revista Agro@ambiente** on-line, v. 7, n. 1, p. 18-27, 2013.

CONDIT, R.; ASHTON, P. S.; BAKER, P.; BUNYAVEJCHEWIN, S.; GUNATILLEKE, S.; BUNATILLEKE, N.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B.; ITOH, A.; LAFRANKIE, J. V.; LEE, H. S.; LOSOS, E.; MANOKARAN, N.; SUKUMAR, R.; YAMAKURA, T. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. **Science**, Washington, v. 288, n. 5470, p. 1414-1418, 2000.

COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de. Ingresso e mortalidade de árvores após a colheita de madeira em área de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós (PA). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 38, p. 119-126, 2002.

CASTRO, T. da C.; CARVALHO, J. O. P. de. Dinâmica da população de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. durante 26 anos após a exploração florestal em uma área de terra firme na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2014.

CURTIS, J. T.; McINTOSH, R. P. An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. **Ecology**, v. 32, n. 3, p. 476-496, 1951.

DIONISIO, L. F. S.; LIMA, A. C. S.; CASTRO, T. M. M. G; CORREIA, R. G.; MARTINS, W. B. R.; ABREU, V.S. Ocorrência de *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) no Sul do Estado de Roraima. **EntomoBrasilis**, v. 9, n. 2, p. 97-100, 2016.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; BRAZ, E. M. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 177-182, 2006.

FELFILI, J. M.; FRANCO, A. C.; FAGG, C. W.; SOUSA-SILVA, J. C. Desenvolvimento inicial de espécies de Mata de Galeria. p.779-811. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. (Eds). **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

FELFILI, J. M. Determinação de padrões de distribuição de espécies em uma mata de galeria no Brasil Central com a utilização de técnicas de análise multivariada. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 2, p. 35-48, 1998.

FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C.; SAMPAIO, P. T. B. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis*, Aubl. e *Carapa procera* DC.): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 647-661, 2002.

FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L. C.; SAMPAIO, P. T. B. Andiroba *Carapa guianensis* Aubl. *Carapa procera* D. C. Meliaceae. **Manual de sementes da Amazônia**. Manaus: INPA, 2003. 6p.

FINOL U., H. La silvicultura en la Orinoquia Venezolana. **Revista Forestal Venezolana**, v. 18, n. 25, p. 37 - 114, 1975.

_____. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v. 14, n. 21, p. 29-42, 1971.

_____. Posibilidades de manejo silvicultural para las reservas forestales de la region occidental. **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v. 12, n. 17, p. 81-107, 1969.

FRANCEZ, L. M. de B. **Impacto da exploração florestal na estrutura de uma área de floresta na região de Paragominas, PA, considerando duas intensidades de colheita de madeira**. 2006. 203f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

_____; CARVALHO, J. O. P.; BATISTA, F. de J.; JARDIM, F. C. S.; RAMOS, E. M. L. S. Influência da exploração florestal de impacto reduzido sobre as fases de desenvolvimento de uma floresta de terra firme, Pará, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 743-753, 2013.

FREDERICKSEN, T. S.; MOSTACEDO, B. Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 131, p. 47-55, 2000.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. de M. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 559-566, 2002.

GÓMEZ, J. W. L. Regeneración natural de nueve especies maderables en un bosque intervenido de la Amazonia Boliviana. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 41, n. 1, p. 135-142, 2011.

GUARINO, E. de S. G.; GESSNER, C. M.; WADT, L. H. de O.; FONSECA, F. L. da; RAPOSO, A. Estrutura etária e espacial de uma população natural de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) na Amazônia Sul Ocidental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 91-99, 2014.

HE, F. L.; LEGENDRE, P.; LAFRANKIE, J. V. Distribution patterns of tree species in a Malaysian tropical rain forest. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 8, n. 1, p. 105-114, 1997.

HIRAI, E. R.; CARVALHO, C. J. R. de; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; QUEIROZ, W. T. de. Efeito da exploração florestal de impacto reduzido sobre a regeneração natural em uma floresta densa de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 306-315, 2012.

HUBBELL, S. P. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. **Science**, Washington, v. 203, n. 4387, p.1299-1309, 1979.

IBM SPSS Statistics 21. IBM. 2012. **Software**. Disponível em: <<http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/products/statistics/>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**: Sistema fitogeográfico; Inventário das formações florestais e campestres; Técnicas e manejo de coleções botânicas; e Procedimentos para mapeamentos. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Floresta Nacional do Tapajós Plano de Manejo**. Volume I - Informações Gerais. Brasília: IBAMA/MMA, 2004. 580p.

JARDIM, F. C. da S. Taxa de regeneração natural na floresta tropical úmida. **Acta Amazonica**, Manaus, v.16/17, n. único, p. 401-410, 1986/1987.

_____; SOUZA, A. L.; BARROS, N. F.; MACHADO, C. C.; SILVA, E.; SILVA, A. F. Técnica de abertura do dossel por anelamento de árvores na Estação Experimental de Silvicultura do INPA, Manaus - AM. **Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará**, Belém, n. 25, p. 91-104, 1996.

_____; SOARES, M. S. Comportamento de *Sterculia Pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta tropical manejada em Moju-PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 3, p. 535 - 542, 2010.

JESUS-BARROS, C. R. de; LIRA-GUEDES, A. C.; GUEDES, M. C.; GUABIRABA-RIBEIRO, G.; BARBOSA, E. de J. Registro da ocorrência de *Hypsipyla ferrealis* e *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) em frutos de andirobeiras (*Carapa guianensis*, Meliaceae) em Macapá – AP, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 765-769, 2015.

KAGEYAMA, P. Y. Conservação “*in situ*” de recursos genéticos de plantas. **IPEF**, Piracicaba, n. 35, p. 7-37, 1987.

KLIMAS, C. A.; KAINER, K. A.; WADT, L. H. de O. Population structure of *Carapa guianensis* in two forest types in the southwestern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 250, p. 256-265, 2007.

KLIMAS, C. A.; AZEVEDO, V. R.; CORREIA, M. F.; WADT, L. H. de O.; KAINER, K. A. Estrutura populacional e dinâmica da regeneração de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), em dois tipos de ambientes, em Rio Branco, Acre. In: **1º**

Seminário do Projeto Kamukaia: Manejo sustentável de produtos não-madeireiros na Amazônia, 2008, Rio Branco, **Anais...** Rio Branco-AC: EMBRAPA, 2008, p. 81-86.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos:** ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Dt. Ges. Für Techn. Zusammenarbeit (GTZ), 1990. 343p.

LEITE, A. M. C. **Ecologia de *Carapa guianensis* Aublet. (Meliaceae) “andiroba”**, 1997. 181 f. Tese (Doutorado em Biologia Ambiental) - Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, 1997.

MAGURRAN, A. **Medindo a diversidade biológica.** Tradução: Dana Moiana Vianna. Curitiba: UFPR, 2011. 261p.

McGINNIES, W. C. The relation between frequency index and abundance as applied to plant populations in a Semiarid Region. **Ecology**, v. 15, n. 3, p. 263-282, 1934.

NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, p. 343-349, 2004.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988. 434p.

OKALI, D. U. U.; OLA-ADAMS, B. A. The population changes in treated rainforest at Omo Forest Reserve, south-western Nigeria. **Journal of Tropical Ecology**, v. 3, p. 291-313, 1988.

PEREIRA, L. D.; FLEIG, F. D.; MEYER, E. A.; LANZARIN, K.; WOLF, K. Suscetibilidade do cedro ao ataque de pragas em Floresta Estacional Decidual. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 51, n. 5, p. 607-614, 2016.

PINTO, A. A.; TELES, B. R.; ANJOS, N. dos; COUCEIRO, S. R. Predação de sementes de Andiroba [*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* DC. (Meliaceae)] por insetos na Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1115-1123, 2013.

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

R CORE TEAM (2018). **R:** A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2018.

RADAMBRASIL. **FOLHA SA.21- Santarém:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1976.

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R., COELHO, A. A.; LUZ, A. S. da; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V. Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós, após 28 anos da exploração floresta. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 265-281, 2010.

RICHARDS, P. W. **The tropical rain forest: an ecological study**. New York: Cambridge University Press, 1996. 575p.

ROLLET. B. La régénération naturelle em forêt dense humide sempervirente de plaine de la Guyane Vénézuélienne. **Bois et Forêts des Tropiques**, n. 124, p. 19 – 38, 1969.

SANTOS, C. A. N. dos; JARDIM, F. C. da S. Dinâmica da regeneração natural de *Vouacapoua americana* com diâmetro < 5 cm, influenciada por clareiras, em Moju, Pará. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 495 - 508, 2012.

SANTOS, R. S.; PELLICCIOTTI, A. S. Ocorrência De *Hypsipyla ferrealis* Hampson (Lepidoptera: Pyralidae) em Andiroba no Estado do Acre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 995-998, 2016.

SCHORN, L. A.; GALVÃO, F. Dinâmica da regeneração natural em três estágios sucessionais de uma floresta ombrófila densa em Blumenau, SC. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 59-74, 2006.

SEIDLER, T. G.; PLOTKIN J. B. Seed Dispersal and Spatial Pattern in Tropical Trees. **PLoS Biology**, San Francisco, v. 4, n. 11, p. 2132–2137, 2006.

SERRÃO, R. D.; JARDIM, F. C. da S.; NEMER, T. C. Sobrevivência de seis espécies florestais em uma área explorada seletivamente no município de Moju, Pará. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 2, p.153-163, 2003.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A. **Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia da EMBRAPA-CPATU na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. 36p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 33).

_____; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A.; ALMEIDA, B. F. de; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C. de; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 71, p. 267-274, 1995.

_____; LOPES, J. do C.A.; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, S. M. A. da; CARVALHO, J. O. P. de; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para Instalação e Medição de Parcelas Permanentes em Florestas Naturais da Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa / ITTO, 2005. 68p.

SOLOMON, M. E. **Dinâmica de populações**. São Paulo: EPU, 1980. 78p.

SOUZA, A. L. de; SCHETTINO, S.; JESUS, R. M. de; VALE, A. B. do. Dinâmica da regeneração natural em uma floresta ombrófila densa secundária, após corte de

cipós, reserva natural da Companhia Vale do Rio Doce s.a., Estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 411-419, 2002.

STERCK, F. J.; CLARK, D. B.; CLARK, D. A.; BONGERS, F. Light fluctuations, crown traits, and response delays for tree saplings in a Costa Rican lowland rain forest. **Journal of Tropical Ecology**. v.15, p. 83-95, 1999.

TONINI, H.; COSTA, P. da; KAMISKI, P. E. Estrutura, distribuição espacial e produção de sementes de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) no sul do Estado de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 247-255, 2009.

VANCLAY, J. K. Modelling regeneration and recruitment in a tropical rain forest. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 22, n. 9, p. 1235-1248, 1992.

VATRAZ, S.; CARVALHO, J. O. P. de; GOMES, J. M.; TAFFAREL, M.; FERREIRA, J. E. R. Efeitos de tratamentos silviculturais sobre o crescimento de *Laetia procera* (Poepp.) Eichler em Paragominas, PA, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 095-102, 2012.

_____; CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, J. N. M.; CASTRO, T. da C. Efeito da exploração de impacto reduzido na dinâmica do crescimento de uma floresta natural. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 261-271, 2016.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J.; FAGG, C.W. Dinâmica de regeneração natural em capoeira estacional semidecidual sob manejo florestal de baixo impacto. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 435-437, 2007.

WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forest**. Oxford: Clarendon Press, 1990, 226p.