



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**KENIA RIBEIRO BRITO SANTOS**

**DINÂMICA DAS POPULAÇÕES DAS SEIS ESPÉCIES MAIS EXPLORADAS EM  
UMA FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA DE TERRA FIRME NO  
SUDESTE PARAENSE**

IMPERATRIZ  
2018



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão

**KENIA RIBEIRO BRITO SANTOS**

**DINÂMICA DAS POPULAÇÕES DAS SEIS ESPÉCIES MAIS EXPLORADAS EM  
UMA FLORESTA OMBRÓFILA Densa SUBMONTANA DE TERRA FIRME NO  
SUDESTE PARAENSE**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: PhD. Lucas José Mazzei de Freitas

IMPERATRIZ  
2018



S237d

Santos, Kenia Ribeiro Brito

Dinâmica das populações das seis espécies mais exploradas em uma floresta ombrófila densa submontana de terra firme no sudeste paraense / Kenia Ribeiro Brito Santos. – Imperatriz, MA, 2018.

46 f.; il.; 22 cm

Monografia (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2018.

Impresso por computador (fotocópia)

1. Manejo florestal. 2. Produção sustentada. 3. Taxa de recuperação.  
I. Título.

CDU 630\*38



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão

**KENIA RIBEIRO BRITO SANTOS**

**DINÂMICA DAS POPULAÇÕES DAS SEIS ESPÉCIES MAIS EXPLORADAS EM  
UMA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA SUBMONTANA DE TERRA FIRME NO  
SUDESTE PARAENSE**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovada em: 28 / 06 / 2018

BANCA EXAMINADORA

**PhD. Lucas José Mazzei de Freitas**  
PhD em Ciências Florestais  
Embrapa Amazônia Oriental - CPATU  
Orientador

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Jaqueline Macedo Gomes**  
Doutora em Ciências Florestais  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL  
Membro 1

**Prof.<sup>a</sup> MSc. Maria Luisa Parapinski**  
Mestre em Engenharia Florestal  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL  
Membro 2



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão

Aos meus familiares, em especial aos meus pais.

**DEDICO**



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus, por todo amor e pelas coisas maravilhosas que fez e tem feito na minha vida, por ser minha força e está sempre comigo. Sem Ele não seria capaz de chegar até aqui. À toda minha família pela confiança, apoio e ajuda. Em especial, a minha mãe, por todo amor e cuidado. Ao meu pai por sempre me apoiar. Aos meus queridos familiares de Belém, Pará, pelo carinho com que me receberam em suas casas nas minhas diversas passagens pela cidade.

Ao meu orientador, PhD. Lucas José Mazzei de Freitas, a quem sou profundamente grata pelas oportunidades, ensinamentos, conselhos, sugestões valiosas, paciência, confiança, amizade e por despertar meu interesse pelo manejo das florestas naturais. Você é um exemplo de pessoa e profissional.

À Embrapa Amazônia Oriental pela disponibilização do banco de dados da área experimental deste estudo.

Aos pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental, Dr. Ademir Ruschel, Dr. Milton Kanashiro, Dra. Maria do Socorro, Dra. Sônia Jordão, MSc. Fabrício Ferreira, Dr. Gustavo Schwartz, pelos ensinamentos, incentivo, em especial ao MSc. José do Carmo, pelas orientações, sugestões valiosas e por todo material disponibilizado, minha profunda gratidão a todos que me receberam com tanto carinho no pavilhão da floresta.

Aos assistentes do Setor de Gestão de Pessoas da Embrapa Amazônia Oriental, Jandete Falcão e Raimundo Barbosa pela atenção e paciência e Edgar Macêdo pela alegria proporcionada através dos poemas e por toda ajuda.

Aos bibliotecários da Embrapa Amazônia Oriental, Maria José, José Ribamar e José Maria, pela disponibilidade para me ajudar nas pesquisas bibliográficas e por todo carinho.

Aos estagiários e funcionários da Embrapa Amazônia Oriental, pelas conversas e trocas de conhecimento e por todo auxílio.

À Engenheira Florestal, Sabrina Benmuyal e ao discente de Engenharia Florestal Fabrício Reis, pelas dicas, sugestões e pela constante disposição em ajudar ao longo da realização deste trabalho.

À Engenheira Ambiental, Verônica Chaves, que sempre esteve disponível para me auxiliar nas pesquisas bibliográficas.



À Engenheira Florestal, MSc. Maria Luisa Parapinski, pela criação do vínculo da Embrapa Amazônia Oriental com a UEMASUL, além dos seus ensinamentos. Você meu deu ótimos conselhos.

Ao Engenheiro Florestal, MSc. Guilherme Boeira Ivanov, pelos conselhos, amizade, ensinamentos valiosos e por toda ajuda.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Jaqueline Macedo Gomes, MSc. Maria Luisa Parapinski, pelas correções e valiosas sugestões.

À Empresa CKBV Florestal Ltda. pela disponibilização da área de estudo e apoio logístico e humano.

À Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, pelo apoio institucional.

A todos os professores do curso de Engenharia Florestal, em especial MSc. Nisângela Lopes, Dra. Mauricélia Ferreira, Esp. Cristiane, Dra. Alinne da Silva e Dr. Edmar Tuelher, por todo conhecimento transmitido e por toda ajuda.

A todos os meus colegas do curso de Engenharia Florestal, em especial à Esther Bandeira, Raymara Reis e Lailson Dantas por toda ajuda e dicas.

À Mayara Brito, minha amiga mais chegada que irmã. Sua amizade é um presente de Deus para mim.

As minhas amigas, pelo incentivo, amizade e orações.

E, enfim, a todos que me ajudaram a chegar até aqui, minha profunda gratidão.



Universidade Estadual  
da Região Tocantina  
do Maranhão

*“Plantarei árvores no deserto: cedros, acácias,  
murtas e oliveiras; nas terras secas, farei crescer  
pinheiros, junto com os zimbros e ciprestes”.*

*(Isaías 41:19)*



## RESUMO

Os onze anos de dinâmica após a exploração das populações de árvores das seis espécies mais exploradas em uma floresta de terra firme no município de Paragominas, PA, foram avaliados em 18 parcelas permanentes de um 1 hectare (100 m x 100 m) cada, em uma Área de Manejo Florestal (AMF). O inventário contínuo de árvores com DAP  $\geq 10$  cm foi realizado em oito ocasiões nas parcelas permanentes: antes da exploração (2004), e após exploração 2005, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014 e 2016. A taxa e o ciclo de ciclo foram estimados com base na teoria de crescimentos relativos anuais volumétricos seguindo a regra dos juros compostos. A Taxa de Reconstituição foi calculada pela relação entre o volume das árvores nas classes abaixo do diâmetro mínimo de corte (D.M.C) que atingiram o D.M.C (neste estudo 55 cm) em 35 anos, mais o crescimento das árvores comerciais remanescentes e o volume das árvores acima do D.M.C antes da exploração. A espécie *P. altsoni* apresentou a maior taxa de crescimento em volume de 14,1%, considerando um ciclo de corte de 35 anos, a taxa de corte estimada foi de 1,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, o que representa uma intensidade de corte de 99% do volume atualmente disponível. A espécie *P. altsonii* apresentou a maior taxa de reconstituição (65%) e a espécie *M. elata* a menor (6%). *P. psilostachya* e *C. villosum* apresentaram uma taxa de reconstituição de 19% e 17%, respectivamente. Na área de estudo, considerando a exploração da totalidade do estoque comercial madeireiro disponível das espécies, um ciclo de corte de 35 anos não é suficiente para que as populações dessas espécies reconstituam seus volumes iniciais. Cada uma das seis espécies do estudo apresentaram comportamento ecológico diferente após exploração em relação ao incremento, mortalidade e ingresso, e capacidade de recuperação.

**Palavras-chave:** manejo florestal; produção sustentada; taxa de recuperação.



## ABSTRACT

The eleven years of dynamics after the exploitation of tree populations of the six most exploited species in a dry land forest in the municipality of Paragominas, PA, were evaluated in 18 permanent plots of one hectare (100 mx 100 m) each, in a Forest Management Area (MFA). The continuous inventory of trees with DBH  $\geq$  10 cm was carried out on eight occasions in the permanent plots: before the farm (2004), and after exploration 2005, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014 and 2016. The rate and cycle cycle were estimated based on the theory of annual relative volumetric growth following the compound interest rule. The Reconstitution Rate was calculated by the relation between the volume of trees in the classes below the minimum cut diameter (DMC) that reached the DMC (in this study 55 cm) in 35 years, plus the growth of the remaining commercial trees and the volume of the trees above the DMC prior to operation. The *P. altsoni* species presented the highest growth rate in volume of 14.1%, considering a cut cycle of 35 years, the estimated cut rate was 1.3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, which represents an intensity of cut of 99% of the volume currently available. The species *P. altsonii* had the highest rate of reconstitution (65%) and the *M. elata* species had the lowest (6%). *P. psilostachya* and *C. villosum* presented a reconstitution rate of 19% and 17%, respectively. In the study area, considering the exploitation of the total available commercial timber stock of the species, a 35-year cut cycle is not enough for the populations of these species to reconstitute their initial volumes. Each of the six species of the study presented different ecological behavior after exploration in relation to increment, mortality and admission, and recovery capacity.

**Keywords:** forest management; sustainable production; recovery rate.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Localização da área de estudo e organização espacial da Fazenda Rio Capim - PA: (a) divisão política do Brasil; (b) mapa do Pará e localização da área de estudo (estrela laranja); (c) a Fazenda Rio Capim e a indicação das Unidades de Produção Anual (Ano de exploração, UPA), da serraria (estrela preta) e da UT 14 na UPA 07 (estrela azul). ..... 21
- Figura 2 – Desenho esquemático dos transectos com a distribuição das subparcelas (em cinza), na UT 14 da UPA 7, na floresta ombrófila densa de terra firme da Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA. .... 22
- Figura 3 – Evolução do volume total, considerando árvores com DAP < 10 cm, das seis espécies analisadas nesta área de estudo ao longo de 11 anos de monitoramento após exploração nas 18 parcelas do estudo. .... 33
- Figura 4 – Fluxo do volume nos diferentes processos da dinâmica em três classes diamétricas das seis espécies analisadas na área de estudo ao longo de 11 anos de monitoramento após exploração florestal. .... 38



## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Espécies selecionadas para estudo da dinâmica com seus respectivos valores de volume explorado ( $m^3/ha$ ) e participação na produção total (%) verificada nas 18 parcelas de 1 ha do sítio Ecosilva. .... | 23 |
| Tabela 2 – Abundância, volume comercial e incremento das seis espécies mais exploradas em 18 parcelas de 1 ha, em uma floresta de terra firme no município de Paragominas, PA. Valores absolutos e por hectare. . .... | 33 |
| Tabela 3 – Taxa e ciclo de corte sustentável baseado no Incremento Periódico Anual Volumétrico (IPAV%) da população remanescente de uma floresta de terra firme no município de Paragominas, PA. ....                  | 40 |
| Tabela 4 – Taxa de reconstituição considerando apenas o volume das árvores que em 35 anos alcançará a classe comercial. ....   | 42 |
| Tabela 5 – Taxa de reconstituição considerando o volume das árvores que em 35 anos alcançará a classe comercial e crescimento das árvores com $DAP \geq 55$ cm. ....   | 43 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 14 |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....  | 16 |
| <b>2.1 Manejo de florestas naturais</b> .....   | 16 |
| <b>2.2 Dinâmica florestal</b> .....   | 17 |
| <b>2.3 Sistemas silviculturais</b> .....  | 19 |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | 21 |
| <b>3.1 Área de estudo</b> .....   | 21 |
| <b>3.2 Amostragem e coleta dos dados</b> .....  | 21 |
| <b>3.3 Seleção das espécies</b> .....   | 24 |
| 3.3.1 <i>Manilkara elata</i> (Allemão ex Miq.) Monach .....                                       | 24 |
| 3.3.2 <i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> (DC.) G. P. Lewis & M. P. Lima .....                   | 25 |
| 3.3.3 <i>Protium altsonii</i> Sandwith .....  | 26 |
| 3.3.4 <i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers. ....   | 26 |
| 3.3.5 <i>Parkia velutina</i> Benoist .....  | 26 |
| 3.3.6 <i>Couratari guianensis</i> Aubl. ....  | 27 |
| <b>3.4 Análise dos dados</b> .....  | 27 |
| 3.4.1 Cálculo do incremento periódico anual percentual em volume (IPAv%) .....                    | 28 |
| 3.4.2 Determinação da intensidade, taxa e do ciclo de corte sustentável .....                     | 29 |
| 3.4.3 Determinação da taxa de reconstituição do volume .....                                      | 30 |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....   | 33 |
| <b>4.1 Evolução do volume total das seis espécies do estudo</b> .....                             | 33 |
| <b>4.2 Abundância, volume comercial e incremento das espécies analisadas</b> .....                | 34 |
| <b>4.3 Fluxo do volume dos diferentes processos da dinâmica em três classes diamétricas</b> ..... | 38 |
| <b>4.4 Taxa e ciclo de corte sustentável</b> .....  | 40 |
| <b>4.5 Taxa de reconstituição</b> .....   | 43 |
| <b>5 CONCLUSÃO</b> .....  | 46 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 47 |

## 1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais úmidas são ecossistemas que abrigam a maior biodiversidade da fauna e da flora terrestre do planeta, no qual as espécies e o meio ambiente se interagem de forma complexa. São compostas de três blocos florestais principais: o bloco africano, o bloco americano e o bloco do Sudeste Asiático (PUIG, 2008). Na América do Sul, sobretudo na bacia amazônica, mais da metade da floresta tropical úmida detém mais de 50% de cobertura arbórea (ASNER et al., 2009). Segundo Puig (2008) a Bacia Amazônica constitui a maior região de floresta tropical úmida do planeta.

A Bacia Amazônica abriga cerca de 20% das espécies de animais e plantas do mundo (AZEVEDO-RAMOS, 2008), abrange uma área de 6,4 milhões de quilômetros quadrados e localiza-se ao longo de nove países da América do Sul (PEREIRA et al., 2010). Desse total, a Amazônia brasileira compreende 4 milhões de quilômetros quadrados ou 63%. Engloba os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima e parte dos territórios do Maranhão e Mato Grosso. Cerca de 63% da Amazônia Legal é coberta por florestas densas, abertas e estacionais e 22% são cobertos por vegetação nativa não florestal (PEREIRA et al., 2010). A Floresta Ombrófila Densa ocorre em climas tropicais de alta temperatura e de alta precipitação bem distribuída durante o ano (MARTINS, 2012).

A floresta Amazônica abriga espécies madeireiras de alto valor econômico que são comercializadas no mercado nacional e internacional. Em 2014, a produção de madeira em toras, proveniente das florestas naturais da Amazônia Legal foi de 11,7 milhões de m<sup>3</sup>. Os estados do Pará e Rondônia produziram 8,4 milhões de m<sup>3</sup> de madeira em tora, sendo considerados os maiores produtores de madeira no ano de 2014 (MMA, 2016). Entretanto, o Estado do Pará é o segundo estado com maior taxa de desmatamento na Amazônia, com 221.276 km<sup>2</sup> (LEMOS e SILVA, 2011).

O manejo florestal tem sido apontado pela comunidade internacional como um instrumento chave para combater o desmatamento tropical (ZIMMERMAN e KORMOS, 2012). É o meio capaz de conciliar o uso sustentável dos recursos florestais com a conservação dos ecossistemas (MAZZEI e RUSCHEL, 2014) e garantir o fornecimento de madeira para gerações atuais e futuras (CUNHA, 2009). A dificuldade dessa garantia está na diversidade de espécies das regiões tropicais que geram sua complexidade e heterogeneidade (PUIG, 2008; BRAZ, 2010).

O manejo florestal no Brasil deve ser executado seguindo os parâmetros estabelecidos na Instrução Normativa 05 de 2006 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos

Naturais Renováveis (IBAMA), na Resolução 406 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2009 e na Instrução Normativa 05 de 2015 da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará (BRASIL, 2006; BRASIL, 2009; PARÁ, 2015). A Instrução Normativa 05, de 11 de setembro de 2015, estabelece  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  para o PMFS de Baixa Intensidade com ciclo de corte inicial de 10 anos e colheita não mecanizada, e  $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  para o PMFS Pleno com ciclo de corte máximo de 35 anos com colheita mecanizada (PARÁ, 2015).

De acordo com Braz (2010) a definição do manejo florestal só é completa caso apresente a capacidade de recuperação da floresta dentro de um período de tempo estabelecido como ciclo de corte, que pode ser definido por meio de prognose de produções futuras. Contudo, a legislação que regulamenta os planos de manejos na Amazônia Legal trata de forma simples essa questão quando estabelece intensidades de corte fixas sem considerar o ritmo de crescimento de cada espécie, a estrutura das classes diamétricas das árvores remanescentes e a dinâmica do povoamento (AZEVEDO, 2006; BRAZ, 2010).

A dinâmica de florestas tropicais deve ser bem compreendida para planejamento da utilização e da conservação dos recursos florestais (CARVALHO, 1997). O monitoramento da dinâmica florestal é realizado por meio do inventário florestal contínuo, utilizando parcelas permanentes, no qual possibilita obter informações sobre o crescimento, mortalidade e recrutamento de árvores, bem como avaliar os impactos da exploração florestal e assim definir sistemas de manejo adaptados a elas (COSTA et al., 2002b). As mudanças que ocorrem na composição e na estrutura da floresta são manifestações da dinâmica florestal (CHAZDON, 2016).

As espécies mais exploradas na Amazônia e comercializadas no mercado nacional e internacional necessitam ter suas populações estudadas em termos dinâmicos (CASTRO e CARVALHO, 2014). Neste contexto, este estudo teve por objetivo avaliar onze anos de dinâmica após a exploração das populações de árvores das seis espécies mais exploradas em uma floresta de terra firme no município de Paragominas, PA, e como objetivos específicos: calcular o incremento, a mortalidade e o ingresso de árvores no período; estimar a taxa de corte para uma produção sustentada; e estimar a taxa de reconstituição do volume explorado das populações.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Manejo de florestas naturais

A conservação da biodiversidade de florestas naturais e a garantia da continuidade da produção sustentada de madeira é alcançada por meio da adoção do manejo florestal, tem como finalidade a utilização racional dos recursos florestais (CUNHA, 2009). Segundo Higuchi (1994) o Manejo florestal é o conjunto de princípios, técnicas e normas, que objetiva organizar, ordenar e controlar a produtividade e eficiência do povoamento florestal. De acordo com Carvalho et al. (1984) o objetivo do manejo florestal é integrar a ecologia à economia, minimizando as mudanças na composição e na estrutura da floresta após exploração florestal e manter estoque disponível das espécies de valor comercial.

A legislação brasileira que regulamenta o manejo florestal na Amazônia Legal (Instrução Normativa N 05, de 11 de dezembro de 2006), permite uma taxa máxima de extração de 90 % dos indivíduos exploráveis, uma intensidade de corte máxima de  $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  e um ciclo de corte máximo de 35 anos (BRASIL, 2006). Contudo, Braz et al. (2012a) afirma que a intensidade de corte estabelecida trata de forma igual espécies com potenciais de crescimento diferentes. Cunha (2009) enfatiza que o ciclo de corte está baseado no incremento geral de todas as espécies. Ruschel (2008) afirma que os ciclos de corte são baseados em conhecimentos teóricos. Diversos pesquisadores têm questionado a capacidade de recuperação da floresta nos ciclos de corte previstos em lei (SIST e FERREIRA, 2007; SEBBENN et al., 2008).

Segundo Braz (2010) nos planos de manejo das florestas naturais o cálculo da taxa de extração anual tem sido negligenciado, pois os volumes determinados para extração são arbitrários. As florestas tropicais naturais estão sendo exploradas com intensidade duas a três vezes maiores do que sua capacidade de recuperação (ZIMMERMAN e KORMOS, 2012). Braz et al. (2012b) afirma que através de modelos de crescimento existe a possibilidade de realizar uma estimativa da previsão da capacidade de recuperação da floresta, dessa forma, é possível observar a estrutura futura da floresta afim de estimar se a extração efetuada vai possibilitar a recuperação da floresta.

Segundo Ruschel (2008) as histórias das florestas submetidas aos planos de manejo de acordo com a legislação florestal são poucas e com história recente. Zimmerman e Kormos (2012) questionam se o cumprimento ao plano de manejo permite a extração de espécies de alto valor econômico em vários ciclos de corte e ao mesmo tempo mantém um tamanho mínimo da população dessas espécies. Sebbenn et al. (2008) sugere que os planos de manejo devem

considerar as características ecológicas das espécies madeireira, pois o manejo florestal baseado na sustentabilidade das espécies é necessário diante da diversidade e complexidade biológica das espécies. O princípio de rendimento sustentado do manejo florestal, o qual se baseia na capacidade da floresta produzir, continuamente, um estoque compatível ao explorado, é um desafio atual e futuro da pesquisa florestal (SOUZA et al., 2015)

Os processos dinâmicos (incremento diamétrico, mortalidade e o ingresso), são fatores importantes que devem ser considerados nos planos de manejo de florestas naturais, já que permitem realizar previsões sobre a produção futura de um povoamento florestal (CARVALHO, 1997).

## **2.2 Dinâmica florestal**

As florestas são entidades dinâmicas, pois estão mudando em diferentes escalas espaciais o tempo todo. Cada área em uma floresta possui um passado, um presente e um futuro. A composição florística presente representa os legados de distúrbios naturais e antrópicos que ocorreram no passado. A velocidade das mudanças que ocorrem no povoamento florestal está diretamente relacionada à escala que está sendo analisada. Dependendo da escala de observação, é possível verificar que uma floresta está alterando-se rapidamente ou permanecendo estável. As escalas espaciais pequenas são representadas por plântulas e as maiores por árvores grandes (CHAZDON, 2016).

O distúrbio natural mais frequente nas florestas tropicais são as clareiras, que consistem na abertura do dossel ocasionada pela queda de uma ou mais árvores. As florestas tropicais evoluem permanentemente porque ocorre perda de indivíduos mais velhos, e dessa forma permite a existência de outros novos, sendo a abertura de clareiras o fator principal para que diversas espécies existam na floresta. A exploração florestal é uma atividade que provoca abertura no dossel, portanto, o conhecimento do processo de sucessão das florestas tropicais é de grande importância para elaboração dos planos de manejo (CARVALHO et al., 1999; PUIG, 2008; CHAZDON, 2016).

A dinâmica sucessional na floresta, ocorre conforme o processo de formação de clareira. As clareiras formam um mosaico de diferentes estádios de desenvolvimento, dividindo a floresta em três fases sucessionais: fase de clareira; fase de construção; e fase madura. Na fase de clareira ocorre a maior germinação, competição por recursos e rápido desenvolvimento das espécies, sua duração é em torno de quatro a seis anos. Durante a fase de construção existe alta mortalidade das espécies de ciclo de vida mais curto. Na última fase a maioria dos indivíduos

chega à fase reprodutiva, estando a floresta em equilíbrio dinâmico (CARVALHO et al., 1999; MACIEL et al., 2003; LIMA, 2005)

As espécies são classificadas quanto ao seu comportamento na dinâmica sucessional. Os grupos ecológicos são formados por espécies que apresentam características biológicas e ecológicas comuns. O fator essencial na determinação do comportamento das espécies é a luz. As espécies cujas sementes germinam apenas em clareiras, recebendo radiação direta são classificadas como pioneiras ou intolerantes à sombra e as espécies cujas sementes podem germinar sob sombra são agrupadas como clímaxes ou tolerantes à sombra (CARVALHO et al., 1999; MACIEL et al., 2003)

O monitoramento da dinâmica florestal antes e após exploração florestal é realizado por meio do Inventário Florestal Contínuo (IFC). O inventário florestal contínuo é uma ferramenta básica que permite conhecer as mudanças que ocorrem na floresta, oriundas de distúrbios naturais e antrópicos, no qual são efetuadas medições na floresta em diferentes ocasiões, através das parcelas permanentes, com o objetivo de conhecer o incremento diamétrico, a taxa de mortalidade e o ingresso das árvores. As primeiras parcelas permanentes instaladas na Amazônia brasileira foram na Floresta Nacional do Tapajós (PA), a partir de 1981 (SILVA e LOPES, 1984; CARVALHO, 1997; AZEVEDO, 2006).

Segundo Rossi et al. (2007) a dinâmica das florestas é formada principalmente pelos componentes crescimento, mortalidade e ingresso. O conhecimento do crescimento das espécies de valor econômico é fundamental para o manejo florestal (COSTA et al., 2007). O incremento corresponde a quantidade de crescimento entre duas medições, uma no período inicial relacionado a um dado período final. O diâmetro à altura do peito (DAP) é a variável mais fácil de ser medida no campo nas florestas tropicais, baseado nesta variável é possível estimar área basal e volume (PINTO, 2008). Existe variação de crescimento entre espécies e entre indivíduos de uma mesma espécie (CARVALHO, 1997).

A mortalidade é o número de árvores que foram medidas no inventário inicialmente, que não foram cortadas, e morreram durante o período de crescimento (SANQUETTA et al., 2003). É um processo de grande importância em todos os níveis, pois afeta a composição florística e determina quantas árvores comercialmente imaturas alcançaram um tamanho ideal para o corte (PINTO, 2008). A principal causa de morte em florestas tropicais que não sofreram perturbação é o vento, no entanto, as árvores morrem em pé, devido fungos patogênicos, déficit hídrico, senescência ou a combinação desses fatores (GOMIDE, 1997).

O ingresso é definido como árvores que atingiram um diâmetro mínimo no monitoramento da floresta (GOMIDE, 1997). Carvalho et al. (1999) define ingresso como o

processo pelo qual indivíduos arbóreos pequenos aparecem em uma parcela permanente, após a sua primeira medição. A qualidade e quantidade de ingresso que ocorrem nas florestas tropicais úmidas indicam com que sucesso a floresta está sendo alimentada com plântulas e pequenas árvores de espécies comerciais (GOMIDE, 1997).

### **2.3 Sistemas silviculturais**

Segundo Higuchi (1994) os sistemas silviculturais utilizados para o Manejo Florestal e praticados nos países com florestas tropicais são adaptações dos modelos clássicos (principalmente europeus) desenvolvidos para as florestas de clima temperado, sendo divididos em dois grupos principais: sistemas monocíclicos (uniforme) e sistemas policíclicos (cortes sucessivos). As primeiras experiências de aplicação dos sistemas silviculturais foram na Índia e Birmânia, em meados do século XIX.

O sistema monocíclico consistia em uma única extração de todo o estoque de volume comercial e a segunda colheita era realizada com base nas mudas das espécies comerciais. As rotações eram entre 70 e 100 anos, pois dependem do crescimento médio das espécies. O Sistema Uniforme Malaio é um exemplo de sistema monocíclico. No sistema policíclico, o corte é realizado em todas as árvores comerciais que alcançaram o diâmetro mínimo de corte (D.M.C) ou em parte destas. Assim, os ciclos de corte variam de 20 a 40 anos. O sistema CELOS e sistemas Seletivos da Indonésia são exemplos de sistema policíclico (LAMPRECHT, 1990; SILVA, 1997).

Entre os anos de 1955 e 1961, o silvicultor inglês John Pitt estabeleceu no Brasil o método Malaio de regeneração natural. Inicialmente foi aplicado em escala experimental três tipos de amostragem nas regiões de Curuá-Uma, Macapá e Belém, no estado do Pará (SILVA, J., 1997). A amostragem teve continuidade na região de Curuá-Uma (PA) e introduzido também na Floresta Nacional do Tapajós (PA), essas foram consideradas as primeiras experiências silviculturais na Amazônia, nos quais um sistema silvicultural foi testado. Foi testado uma adaptação do Sistema Tropical de Cobertura (Tropical Shelterwood System) (SILVA et al., 1999).

As primeiras pesquisas na aplicação do Sistema Tropical de Cobertura não foram concluídas no Brasil. Em países africanos foi observado o insucesso na aplicação desse sistema. Dessa forma, em meados dos anos 70, os silvicultores brasileiros iniciaram pesquisas na Floresta Nacional do Tapajós (PA) com aplicação do Sistema de Manejo Policíclico, devido aos bons resultados apresentados em países do Sudeste da Ásia (SILVA et al., 1999). O sistema

silvicultural policíclico é aplicado no Suriname, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Indonésia e Tailândia, sendo adaptado para condições locais das suas florestas (CASTRO, 2017).

Desde a década de 1970, o Sistema gestão CELOS é aplicado nas florestas naturais do Suriname. O Sistema CELOS objetiva reduzir os danos as árvores remanescentes e estimular o crescimento das árvores comerciais remanescentes. O volume explorado inicialmente é de 30 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, posteriormente são realizados três refinamentos, no qual as árvores indesejadas são cortadas com machado e as árvores grossas aneladas. A segunda exploração ocorre em ciclos de corte entre 20 a 25 anos (LAMPRECHT, 1990; SOUZA e JARDIM, 1993; SCHNEIDER, 2008).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Área de estudo**

O estudo foi conduzido na Fazenda Rio Capim, em uma Área de Manejo Florestal (AMF) de propriedade da Empresa CKBV Florestal Ltda., pertencente ao Grupo Cikel, localizada no Município de Paragominas, Pará, distante cerca de 320 km da capital do Estado, Belém. Situa-se entre as coordenadas geográficas 03°30' e 03°45' de latitude Sul e 48°30' e 48°45' de longitude Oeste (MACIEL et al., 2009). A formação florestal da área experimental foi caracterizada como Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2012). Segundo Ferreira (2005), a área é banhada pelas bacias dos rios Capim (à Noroeste) e Surubiju (ao Sul).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo “Aw”, caracterizado como sendo tropical chuvoso com estação seca bem definida. A temperatura média anual é de 26,3 °C, com precipitação média anual de 1.800 mm e umidade relativa do ar de 81% (ALVARES et al., 2013). Os solos predominantes no município de Paragominas são os Latossolos Amarelos e os Argissolos Amarelos, sendo também encontrados Plintossolos, Geissolos e Neossolos (RODRIGUES et al., 2003).

#### **3.2 Amostragem e coleta dos dados**

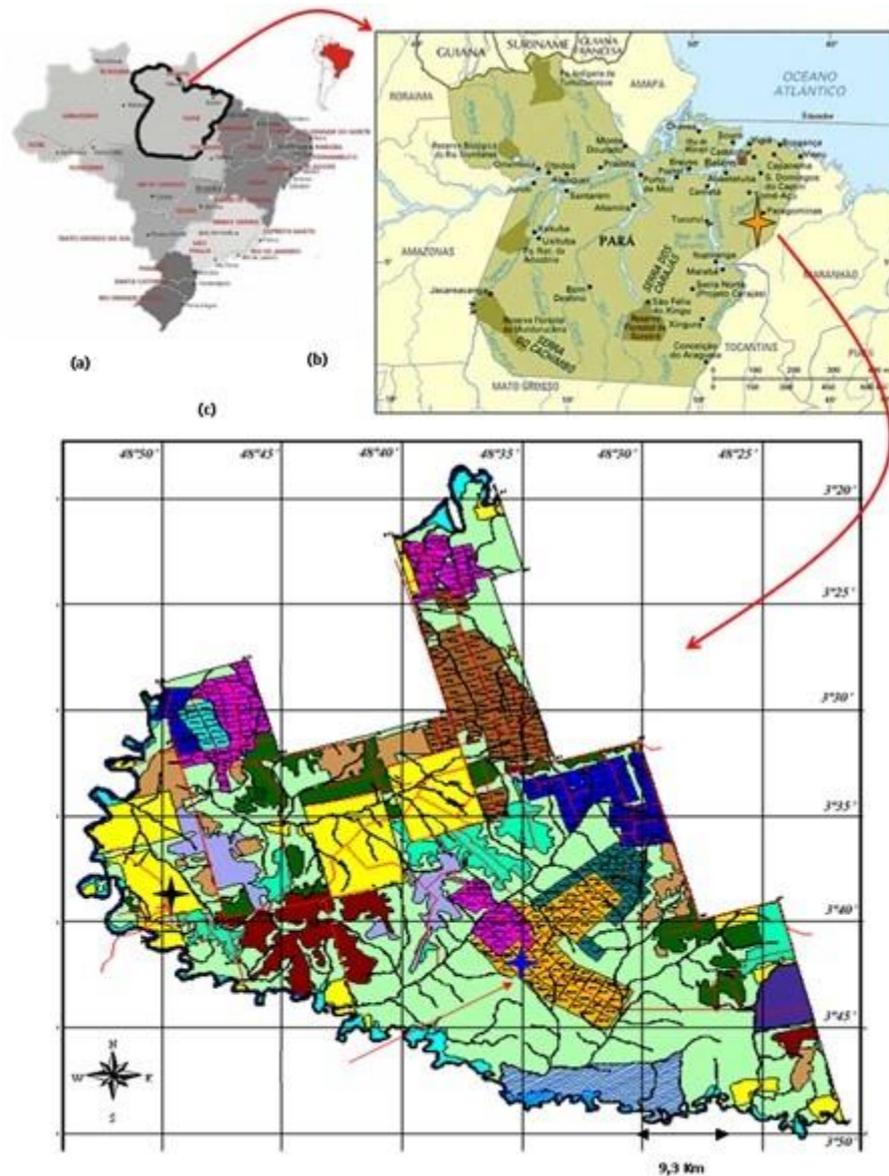
Os dados utilizados neste experimento provêm do projeto ECOSILVA (Melhoria das técnicas de exploração e silvicultura nas florestas de terra firme da Amazônia Oriental) firmado entre a Embrapa Amazônia Oriental (CPATU), em parceria com o departamento florestal do Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) e a Empresa CKBV Florestal Ltda., pertencente ao Grupo Cikel.

O plano de Manejo Florestal adotado pela empresa emprega técnicas de exploração de impacto reduzido (EIR), com ciclos de corte de 35 anos e diâmetro mínimo de exploração (DMC) de 55 cm para todas as espécies comerciais.

A fazenda Rio Capim, certificada pelo FSC, possui uma área de 148.091,09 ha, foi dividida em 35 Unidades de Produção Anual (UPA) e depois subdivididas em Unidades de Trabalho (UT), sendo realizada a extração de uma UPA por ano (CIKEL, 2009). A coleta dos dados foi realizada na Unidade de Produção Anual N° 7 (UPA 7) da Fazenda Rio Capim, com área de aproximadamente 7.585 ha, dividida em 73 Unidades de Trabalhos (UTs). Para

realização deste trabalho foi selecionada a UT 14, que possui uma superfície total de 100 ha (Figura 1).

**Figura 1** – Localização da área de estudo e organização espacial da Fazenda Rio Capim - PA: (a) divisão política do Brasil; (b) mapa do Pará e localização da área de estudo (estrela laranja); (c) a Fazenda Rio Capim e a indicação da serraria (estrela preta) e da UT 14 na UPA 07 (estrela azul).

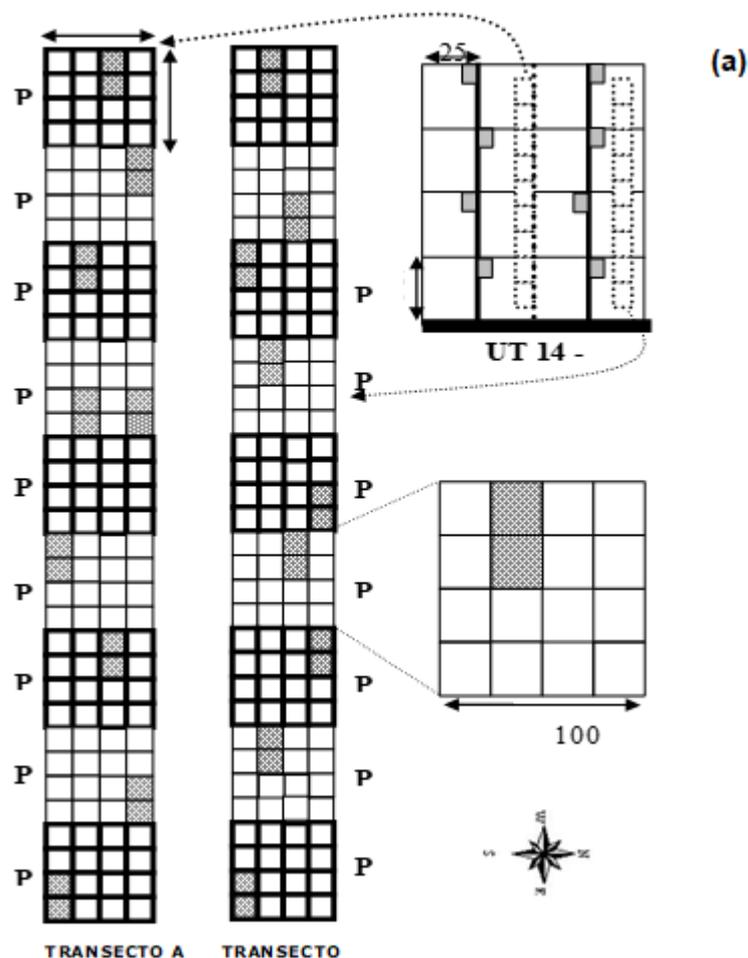


**Fonte:** FERREIRA, 2005.

Em junho de 2004, antes da exploração, foram instaladas 18 parcelas permanentes de um hectare cada (100 x 100m) na UT 14 para monitoramento da dinâmica florestal, sendo estas agrupadas em dois transectos, cada um com 9 parcelas, logo, totalizando uma superfície

amostral de 18 hectares. Nas parcelas, com área de 1 ha (100 m x 100 m), foram inventariadas todas as árvores com DAP (diâmetro a 1,30 m do solo)  $\geq 20$  cm. Cada parcela permanente foi dividida em 16 subparcelas de 25 m x 25 m (0,625 ha) e sorteadas duas subparcelas para medição de arvoretas entre  $10 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 20 \text{ cm}$ , totalizando 36 subparcelas, conforme ilustra a Figura 2 (FERREIRA, 2005).

**Figura 2** – (a) desenho esquemático da UT 14 com as pistas principais e secundárias (em preto) e os 8 pátios de estocagem (em cinza), em pontilhado estão os 2 transectos com a distribuição das subparcelas (em cinza), na floresta ombrófila densa de terra firme da Fazenda Rio Capim, Paragominas - PA



**Fonte:** FERREIRA, 2005.

O inventário contínuo foi realizado em oito ocasiões nas parcelas permanentes: a primeira medição em 2004 (antes da exploração), e nos anos de 2005, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014 e 2016 (após exploração), assim, compreendendo um período de 12 anos. A metodologia empregada para realização do inventário florestal foi sugerida por Silva e Lopes (1984).

A exploração florestal na UT 14 foi realizada em julho de 2004. Foram extraídas cerca de 34 espécies comerciais, correspondendo a uma média 7 árvores.ha<sup>-1</sup>, o equivalente a um volume médio de 21,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de madeira em tora (Vol. tora) ou 51,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> do volume em pé das parcelas (Vol. pé). O diâmetro médio das árvores derrubadas foi 79,5 cm e para cada árvore extraída foram obtidos 3,4 m<sup>3</sup> de madeira em tora. A taxa de corte nas parcelas foi em média de 67,7% (FERREIRA, 2005).

### 3.3 Seleção das espécies

As espécies *Manilkara elata* (Allemão ex Miq.) Monach (maçaranduba), *Pseudopiptadenia psilostachya* (DC.) G. P. Lewis & M. P. Lima (timborana), *Protium altsonii* Sandwith (breu vermelho), *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers (piquiá), *Parkia velutina* Benoist (fava da folha fina) e *Couratari guianensis* Aubl. (tauari) foram selecionadas para o estudo por serem responsáveis por mais de 60% do volume explorado em 2004, nas 18 parcelas permanentes da área de estudo (Tabela 1).

As principais espécies exploradas na Área de Manejo da Fazenda Rio Capim são: *Manilkara elata* (maçaranduba), *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), *Astronium lecointei* Ducke (muiracatiara), *Parkia pendula* Benth. ex Walp., *Couratari oblongifolia* Ducke & Knuth (tauari), *Pouteria bilocularis* (Winkler) Baehn (goiabão), *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers (piquiá) e *Protium altsonii* Sandwith (breu vermelho) (MAZZEI et al., 2010; FERREIRA, 2005).

**Tabela 1** – Espécies selecionadas para estudo da dinâmica com seus respectivos valores de volume explorado (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) e participação na produção total (%) verificada nas 18 parcelas de 1 ha do sítio Ecosilva.

| Nome Científico   | Nome Comum         | Volume explorado (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | Volume total (%) |
|---|--------------------|--|------------------|
| <i>Manilkara elata</i> (Allemão ex Miq.) Monach                     | Maçaranduba        | 13,8   | 42               |
| <i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> (DC.) G. P. Lewis & M. P. Lima | Timborana          | 2,9  | 9                |
| <i>Protium altsonii</i> Sandwith                                    | Breu vermelho      | 1,5  | 4                |
| <i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.                              | Piquiá             | 1,2  | 3                |
| <i>Parkia velutina</i> Benoist                                      | Fava da folha fina | 1,0  | 3                |
| <i>Couratari guianensis</i> Aubl.                                   | Tauari             | 0,9  | 3                |
| 28 Espécies   |                    | 12,0   | 36               |
| Total   |                    | 33,3   | 100,0            |

#### 3.3.1 *Manilkara elata* (Allemão ex Miq.) Monach

*Manilkara elata* é uma espécie arbórea de grande porte, popularmente conhecida como maçaranduba, atinge cerca de 40-50 m de altura e 300 cm de diâmetro, pertence à família Sapotaceae. Ocorre em mata de terra firme da Amazônia de até 700 m de altitude, sendo encontrada nos estados do Pará, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Rondônia e Roraima, ocorrendo também na Venezuela e nas Guianas (ROOSMALEN e GARCIA, 2000).

A floração ocorre principalmente entre os meses de maio e julho. Segundo Parrota et al. (1995) os frutos são bagas arredondadas e apresentam coloração entre amarelo-claras e vermelhas quando amadurecem durante os meses de agosto e setembro e contém uma ou duas sementes, são comestíveis pelo homem e por vários animais, sendo os macacos principais dispersores das sementes (EMBRAPA, 2004a). A árvore é fonte da balata, obtida do látex seco, é usada para fazer cintos e anteriormente era utilizada para cobrir bolas de golfe (PARROTA, et al., 1995). Pertence ao grupo ecológico de espécies tolerantes à sombra (CARVALHO, 2000).

A maçaranduba está entre as principais espécies exploradas na Amazônia e comercializada no mercado nacional e internacional (CASTRO e CARVALHO, 2014). Apresenta cerne vermelho-escuro, grã direita, textura fina (EMBRAPA, 2004a), e alta durabilidade natural em contato com o solo de terra firme (GOMES et al., 2005). É a madeira mais pesada e dura da família Sapotaceae, com densidade básica entre 0,9 e 1,04 g.cm<sup>-3</sup> (FERRAZ et al., 2004), sendo utilizada na construção externa, cercas, dormentes, pisos industriais, portes, assoalhos e na fabricação de barcos.

### 3.3.2 *Pseudopiptadenia psilostachya* (DC.) G. P. Lewis & M. P. Lima

*Pseudopiptadenia psilostachya* é uma espécie popularmente conhecida como timborana e faveira-folha-fina, pertence à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae, sendo a única espécie do gênero conhecida na Amazônia Brasileira (EMBRAPA, 2004b; CRUZ, 2017). É uma árvore de grande porte, podendo alcançar 50 m de altura, apresenta dossel superior ou emergente em florestas primárias (PARROTA et al., 1995; EMBRAPA, 2004b). É encontrada no Brasil, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana Francesa e Costa Rica. No Brasil, ocorre nos Estados do Pará, Amazonas, Amapá, Roraima, Rondônia (MORIM, 2015), Maranhão (TOMAZELLO FILHO et al., 1983) e Espírito Santo (SILVA, 2016). A timborana pertence ao grupo das espécies tolerantes à sombra.

É uma espécie que apresenta época de floração principalmente entre os meses de fevereiro e maio e de frutificação de junho a dezembro. Os frutos são longas vagens, com até

60 cm de comprimento. As sementes são aladas e frequentemente são consumidas por papagaios. A dispersão das sementes é realizada pelo vento, ocorre principalmente em setembro e outubro. A madeira é moderadamente pesada e difícil de trabalhar, apresenta cerne marrom a marrom-avermelhado, textura média e grã irregular, com densidade  $0,67 \text{ g.cm}^{-3}$  (CRUZ, 2017). É utilizada principalmente para assoalhos (EMBRAPA, 2004b).

### 3.3.3 *Protium altsonii* Sandwith

*Protium altsonii* é uma espécie pertencente à família Burseraceae, popularmente conhecida como breu vermelho, breu barrote, breu branco e breu mescla. Tem ocorrência na região amazônica em florestas de terra firme, sendo encontrada nos Estados do Acre, Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá, Maranhão e Mato Grosso (DALY, 2015). A floração e a frutificação desta espécie ocorreram em períodos de menor e maior precipitação, respectivamente. Os frutos são deiscentes, apresentam coloração verde escuro tornando-se vermelho na maturidade (TOSTES, 2015).

### 3.3.4 *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers.

*Caryocar villosum* é uma árvore da floresta primária de terra firme, popularmente conhecida como piquiá, pertence à família Caryocaraceae. É uma espécie que atinge 40-50 m de altura e até 250 cm de diâmetro. Ocorre nos estados do Pará, Amazonas, Amapá, Norte do Maranhão e Mato Grosso, sendo frequente por toda a Hiléia e Guianas. Floresce nos meses de agosto e setembro, apresentando frutos verdes nos meses de novembro e dezembro, a maturação ocorre nos meses de março a julho. A casca da árvore é utilizada na medicina popular (GUIMARÃES et al., 1993). Pertence ao grupo ecológico de espécies demandantes de luz.

O piquiá apresenta uma madeira medianamente pesada e fácil de trabalhar, dura, cor creme-amarelo-clara, grã revesa ou diagonal e textura média ou grosseira. A madeira é utilizada na indústria naval, construções externas, postes, dormentes, mourões, vigas, caibros e barris de vinho (GUIMARÃES et al., 1993; SHANLEY e MEDINA, 2005).

### 3.3.5 *Parkia velutina* Benoist

*Parkia velutina* é uma espécie de grande porte que ocorre em floresta de terra firme de até 420 m de altitude, perto de rios e riachos. Pertence à família Fabaceae, subfamília

Mimosoideae. Apresenta uma ampla distribuição, mas descontínua, na Amazônia brasileira e peruana, na Guiana Francesa, no leste da Venezuela, Colômbia e oeste dos Andes (HOPKINS et al., 2000).

A árvore é popularmente conhecida no Brasil como visgueiro (SILVA et al., 2004) e angico-da-folha-pequena (MENDES et al., 2009). De acordo com observações feitas na copa da árvore foi possível notar que ela é polinizada por abelhas noturnas. As flores são vermelhas e pequenas e esta espécie não produz néctar (HOPKINS et al., 2000). Foi observado o mamífero *Bradypus tridactylus* Linnaeus consumindo folhas de *P. velutina* ao longo de rios no norte da Amazônia (LAUFER et al., 2012)

### 3.3.6 *Couratari guianensis* Aubl.

*Couratari guianensis* é uma árvore que alcança posição superior ou emergente no dossel de florestas tropicais muito úmidas e não inundadas, que chega a atingir até 50 m de altura e 110 cm de diâmetro (PARROTA et al., 1995; MARIN e FLORES, 2002; HAUGAASEN, 2008). É popularmente conhecida como Tauari e Estoupeiro (HERRERO-JÁUREGUI et al., 2009), pertence à família Lecythidaceae. É de ampla ocorrência na Amazônia, ocorrendo no Brasil, Venezuela, Colômbia, Suriname, Costa Rica, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Panamá e Bolívia, no Brasil é encontrada nos estados do Acre, Amazonas, Pará, Maranhão e Rondônia (CATENACCI e SIMON, 2017; COMVALIUS, 2001).

A árvore cresce bem em solos arenosos e aluviais. As flores são polinizadas por abelhas médias a grandes e sua floração anual ocorre no período de julho a setembro, durante a estação chuvosa. Os frutos são cápsulas marrom-avermelhadas, contendo sementes aladas que são dispersas pelo vento e amadurecem durante os meses de janeiro a maio (PARROTA et al., 1995; MARIN e FLORES, 2002).

O tauari foi considerado como uma das espécies mais comercializadas no mercado nacional (TEIXEIRA et al., 2009). Tem densidade básica de 0,51 g.cm<sup>-3</sup> (PROCÓPIO e SECCO, 2008). A madeira é fácil de trabalhar e serrar (MARIN e FLORES, 2002), é utilizada para construção de móveis, painéis compensados, artigos de esporte e brinquedos, lápis e palitos de fósforos (PARROTA et al., 1995; COMVALIUS, 2001; GARCIA et al., 2012).

## 3.4 Análise dos dados

Para avaliar a evolução do volume total de cada espécie, foi considerada toda a população de árvores com DAP  $\geq 10$  cm em oito ocasiões de monitoramento da floresta, uma antes da exploração (2004), uma imediatamente após a exploração (2005) e seis ocasiões a cada dois anos de intervalo (2006, 2008, 2010, 2012, 2014 e 2016). Com isso, para cada ano de avaliação, foi determinado o volume médio das 18 parcelas de estudo.

O fluxo do volume foi determinado para cada espécie e segmentado em três processos de dinâmica: incremento diamétrico, ingresso e mortalidade, considerando três classes de diâmetro: Classe 1 (DAP de 10 a 20 cm); classe 2 (DAP de 20 a 55 cm); e classe 3 (DAP  $\geq 55$  cm). Dessa forma, foi possível avaliar a dinâmica de acumulação e perda do volume ao longo de 11 anos de monitoramento (2005-2011) após exploração. Como incremento foi considerado a diferença no crescimento diamétrico de cada árvore; como ingresso a entrada de árvores no limite inferior de cada classe diamétrica e mortalidade a morte natural de cada árvore. O processamento e tabulação dos dados se deram no programa Microsoft Excel.

O volume de madeira foi calculado pela seguinte equação desenvolvida no Plano de Manejo da empresa protocolado no órgão ambiental:

$$V = 10^{[(1,93 * \log DAP) - 2,96]} \quad (1)$$

Em que:

V = volume comercial

DAP = diâmetro à altura do peito.

#### 3.4.1 Cálculo do incremento periódico anual percentual em volume (IPAv%)

O incremento periódico anual percentual em volume (IPAv%) foi calculado para as seis espécies analisadas para o período de 2005 a 2016 (10 anos após a exploração).

$$IPAv\% = \left(\frac{IP}{V1}\right) * \left(\frac{100}{n}\right) \quad (2)$$

Em que:

IPAv% = Incremento periódico anual percentual em volume;

IP = V2 – V1.

IP = incremento periódico;

V1 = volume comercial inicial;

V2 = volume final;

n = número de anos do período.

Para cálculo do incremento periódico (IP) considerou-se o volume estimado da população de árvores comerciais vivas com DAP  $\geq$  DMC (diâmetro mínimo de corte, neste estudo 55 cm) no período compreendido entre 2006 e 2016 (respectivamente V1 e V2). Foi considerado o período de 10 anos de monitoramento da dinâmica florestal (2006-2016) devido o estoque das remanescentes ainda está sendo perdido no ano de 2005.

#### 3.4.2 Determinação da intensidade, taxa e do ciclo de corte sustentável

A intensidade e a taxa de corte foram estimadas para cada uma das espécies analisadas, com base na teoria relativa de que os crescimentos anuais volumétricos de uma árvore ou povoamento acumulam-se de forma proporcional a lei dos juros compostos, essa teoria foi desenvolvida por técnicos do Serviço Florestal Mexicano. A ideia básica é que a floresta possa restituir o volume que foi extraído durante o ciclo de corte estabelecido, garantindo a sustentabilidade de produção na floresta (SCHNEIDER, 2008). Depois de determinado o IPA<sub>v</sub>%, foi calculada a intensidade e taxa de corte para cada espécie do estudo, sendo considerado ciclo de corte de 35 anos.

A intensidade de corte foi obtida pela expressão (SCHNEIDER, 2008):

$$IC = \left\{ 1 - \left( \frac{1}{1,0+icc} \right) \right\} 100 \quad (3)$$

Em que:

IC = intensidade de corte, em percentagem do volume;

i = incremento periódico anual, percentual em volume;

cc = ciclo de corte em anos.

A taxa de corte foi obtida pela fórmula (SCHNEIDER, 2008):

$$TC = \frac{Vc*IC}{100} \quad (4)$$

Em que:

TC = taxa de corte para o ciclo de corte em volume (m<sup>3</sup>);

Vc = volume comercial da floresta disponível, em metros cúbicos;

IC = intensidade de corte, em percentagem do volume.

O período de tempo para recuperação do estoque inicial (ciclo de corte) foi estimado para cada espécie do estudo, com base na teoria relativa de que os crescimentos anuais volumétricos de uma árvore ou acumulam-se seguindo a lei dos juros compostos. O ciclo de corte foi calculado da seguinte forma: O volume remanescente após a exploração foi acrescido do IPA anual até encontrar o volume inicial, o ano em que isso acontecia era chamado de tempo para recuperação do estoque inicial.

### 3.4.3 Determinação da taxa de reconstituição do volume

A taxa de reconstituição (TR %) consiste na recuperação do volume a partir das árvores que estão abaixo do diâmetro mínimo de corte (DMC), que em um tempo estabelecido, alcançarão a classe comercial, e também pode ser considerado no cálculo TR%, o crescimento em volume das árvores acima do D.M.C que não foram extraídas na exploração.

Para o cálculo da taxa de reconstituição foi utilizada a fórmula proposta por Durrieu de Madron e Forni (1997), adaptada por Ferreira (2005), que se baseia na estrutura diamétrica da população, nos crescimentos individuais médios e na mortalidade ao longo dos anos.

$$TR \% = \frac{[N_a(1-m)^t]}{N_0} \times 100 \quad (5)$$

Em que:

$N_a$  = volume das árvores, determinado a partir do somatório do volume individual. Para árvores abaixo do diâmetro mínimo de corte (D.M.C) o volume individual foi calculado a partir do DAP aos 35 anos, com a seguinte fórmula:  $DAP_{35} = (DAP + (T \times IMA_{DAP}))$ . Para as árvores remanescentes o volume individual foi determinado exclusivamente a partir da diferença do crescimento diamétrico em 35 anos. Com a seguinte fórmula:  $v_i = v_{35} - v_0$ . Aonde  $v_{35}$  é o volume da árvore aos 35 anos calculado a partir do DAP aos 35 anos e  $v_0$  a partir do DAP atual e;

T = tempo transcorrido após a exploração (35 anos);

$IMA_{DAP}$  = crescimento anual médio em diâmetro;

m = taxa de mortalidade anual;

$N_0$  = volume das árvores acima do D.M.C antes da exploração a  $T=0$ .

A taxa de reconstituição foi determinada de duas formas. Na primeira, o (Na) foi obtido da seguinte forma: Cada árvore abaixo do diâmetro mínimo de corte (D.M.C), entre  $20 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 55 \text{ cm}$ , recebeu uma taxa de crescimento, essa taxa foi obtida multiplicando o IMA ao tempo de 35 anos. A partir disso, para cada árvore da classe de (DAP de 20 a 55 cm) que em 35 anos alcançou a classe comercial foi calculado o volume, sendo que em 2005 (um ano após a exploração) foi considerado que as árvores apresentavam um volume zero.

Na segunda forma de calcular o (Na) foi considerado o que foi descrito na primeira forma de obtenção do (Na), mais o crescimento em volume das arvores remanescentes acima do D.M.C. O crescimento foi obtido pela diferença entre o valor estimado do volume no ano de 2040 (35 anos após exploração) e valor do volume no ano de 2005 (um ano após a exploração).

O volume foi estimado da seguinte maneira: a população de árvores comerciais vivas com  $\text{DAP} \geq \text{DMC}$  no ano de 2005, recebeu uma taxa de crescimento, essa taxa foi obtida multiplicando o IPA médio das árvores com  $\text{DAP} \geq 55 \text{ cm}$  ao tempo de 35 anos. A partir disso, foi calculado o volume, considerando o DAP que foi estimado para o ano de 2040.

O incremento médio anual (IMA) em diâmetro foi obtido conforme expressão abaixo (FINGER, 2006):

$$IMA = y_{(m)}/m \quad (6)$$

Em que:

$y$  = valor da variável na idade  $m$ ;

$m$  = idade.

Para o cálculo do IMA utilizou-se primeiramente o incremento médio de cada ano de monitoramento após a exploração (2005-2016) das árvores da classe (DAP de 20 a 55 cm), posteriormente, foi somado o valor de cada ano de monitoramento e dividido pela idade de 11 anos.

O incremento período anual (IPA) médio em diâmetro foi obtido conforme expressão abaixo (FINGER, 2006):

$$IPA = \frac{Y_{(m)} - Y_{(m-n)}}{n} \quad (7)$$

Em que:

IPA = Incremento periódico anual;

$y_{(m)}$  = valor da variável no final do período;

$y_{(m-n)}$  = valor da variável no início do período;

n = período de tempo.

A taxa de mortalidade anual dos indivíduos remanescentes após exploração foi calculada utilizando a seguinte equação (SHEIL et al., 1995):

$$m = 1 - (N_1/N_0)^{1/t} \quad (8)$$

Em que:

$N_1$  = número de árvores vivas na amostragem inicial,

$N_0$  = número de árvores que sobreviveram até a segunda amostragem,

t = anos entre a primeira e a segunda amostragem

A mortalidade foi considerada como sendo o número de árvores com DAP  $\geq 55$  cm, nos períodos de 2004-2016 ( $N_1-N_0$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Evolução do volume total das seis espécies do estudo

Analisando a evolução do volume total no período de 2005-2016 (11 anos após exploração) para seis espécies do estudo, considerando todas as árvores com DAP  $\geq 10$  cm, observou-se que as espécies *Manilkara elata*, *Pseudopiptadenia psilostachya*, *Couratari guianensis* e *Caryocar villosum* apresentaram uma dinâmica de crescimento volumétrico ao longo de 11 anos após exploração. Apesar de *Protium altsonii* registrar uma dinâmica de acúmulo de volume no período de 2006 a 2014, houve uma pequena redução do volume acumulado no último período (2014-2016). Assim, das seis espécies estudadas, apenas a *Parkia velutina* não mostrou evolução do volume (Figura 3).

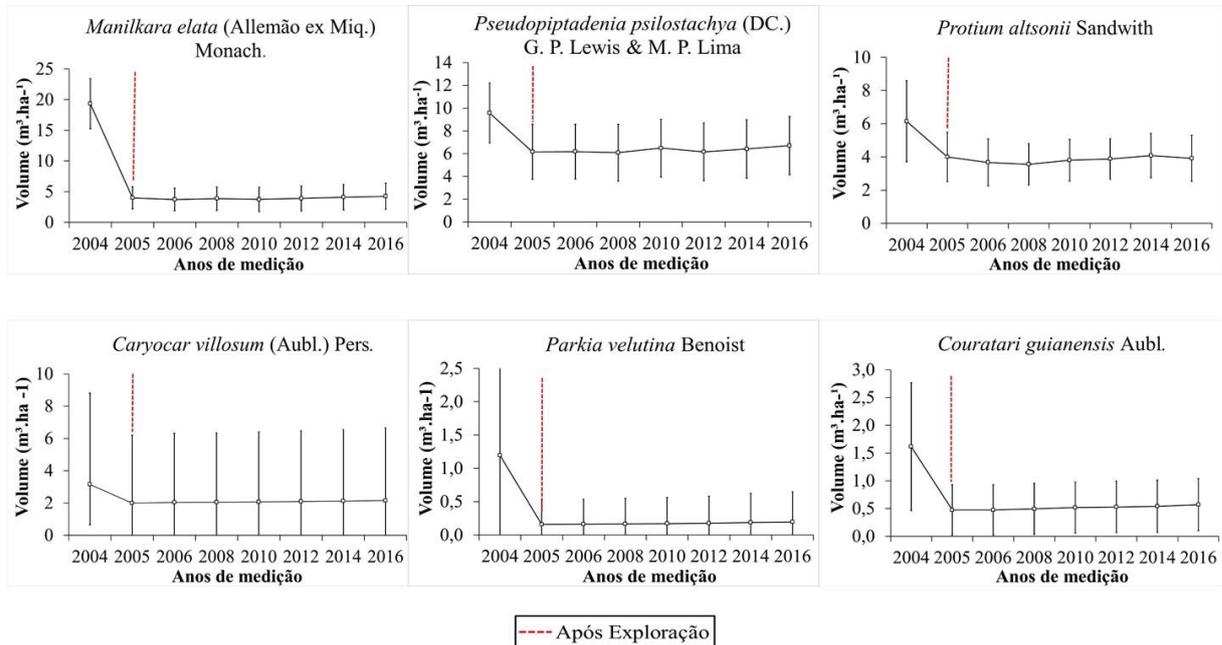
Verifica-se na Figura 3, que as populações das espécies do estudo reduziram após exploração, apresentaram potenciais de crescimento diferenciados, e foram variáveis em sua capacidade de recuperação em volume. Entre as espécies do estudo, *M. elata* apresentou maior intensidade de exploração na área do estudo ( $13 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ ), que ao longo de 11 anos de monitoramento da dinâmica florestal após a exploração, a espécie mostrou uma recuperação lenta, devido ao seu baixo crescimento, típico de espécies tolerantes à sombra (SILVA, 1995).

Nota-se que o *P. altsonii* apresentou a maior evolução de volume (Figura 3), esse resultado é semelhante ao encontrado por Reis et al. (2010), na floresta Nacional do Tapajós, estado do Pará, ao observarem um aumento expressivo em volume para espécie. Já Azevedo et al. (2008) verificou aos 20 anos de monitoramento em uma área no Amapá que a espécie *Couratari guianensis* apresentou crescimento muito lento ( $\text{IPA } 0,23 \text{ cm.ano}^{-1}$ ).

Castro e Carvalho (2014), afirmam que é fundamental estudar a dinâmica em nível de espécie, visto que cada espécie apresenta características ecológicas específicas, sendo então necessário considerar as informações acerca das espécies na elaboração dos planos de manejo.

Mazzei e Ruschel (2014) avaliando a evolução do volume comercial aos 31 anos após exploração, no Km 67 na Floresta Nacional do Tapajós (PA), observaram que a floresta analisada possuía volume comercial disponível para segundo ciclo de corte, e que mesmo grupo de espécies comerciais da primeira colheita participariam da segunda colheita, no entanto, em ordem de importância diferente, e concluíram que para manutenção do mesmo volume por espécie em diferentes ciclos de corte, está na escolha da espécie, sendo necessário obedecer a dinâmica da espécie após exploração.

**Figura 3** – Evolução do volume total, considerando árvores com DAP < 10 cm, das seis espécies analisadas nesta área de estudo ao longo de 11 anos de monitoramento após exploração nas 18 parcelas do estudo.



Fonte: Autor, 2018.

## 4.2 Abundância, volume comercial e incremento das espécies analisadas

A Tabela 2 apresenta o estoque da dinâmica do volume comercial de cada espécie do estudo, considerando árvores com DAP  $\geq 55$  cm e a dinâmica das espécies em relação ao número de indivíduos, considerando árvores com DAP  $\geq 20$  cm.

**Tabela 2** – Abundância, volume comercial e incremento das seis espécies mais exploradas em 18 parcelas de 1 ha, em uma floresta de terra firme no município de Paragominas, PA. Valores absolutos e por hectare.

| Espécie                              | Vi<br>m³ (m³.ha⁻¹) | Ve<br>m³ (m³.ha⁻¹) | Vcp<br>m³ (m³.ha⁻¹) | Vr<br>m³ (m³.ha⁻¹) | Arv<br>Na (n.ha⁻¹) | Vcd<br>m³ (m³.ha⁻¹) | IPADAP<br>(cm) | IPAv% |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------|-------|
| <i>Manilkara elata</i>               | 305,6 (17,0)       | 249,3 (13,8)       | 22,1 (1,2)          | 34,3 (1,9)         | 35 (1,9)           | 47,6 (2,5)          | 0,4            | 4,5   |
| <i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> | 141,5 (7,9)        | 51,5 (2,9)         | 9,7 (0,5)           | 80,4 (4,5)         | 49 (2,7)           | 86,9 (4,8)          | 0,2            | 0,8   |
| <i>Protium altsonii</i>              | 40,8 (2,3)         | 26,4 (1,5)         | -                   | 14,6 (0,8)         | 50 (2,8)           | 24,1 (1,3)          | 0,6            | 14,1  |
| <i>Caryocar villosum</i>             | 54,4 (3,0)         | 20,9 (1,2)         | -                   | 33,8 (1,3)         | 4 (0,2)            | 38,7 (2,2)          | 0,3            | 1,2   |
| <i>Parkia velutina</i>               | 18,7 (1,0)         | 18,7 (1,0)         | -                   | -                  | 3 (0,2)            | -                   | -              | -     |
| <i>Couratari guianensis</i>          | 23,5 (1,3)         | 16,5 (0,9)         | 3,4 (0,2)           | 3,6 (0,2)          | 8 (0,4)            | 3,6 (0,2)           | -              | -     |

**Legenda:** Vi = volume inicial; Ve = volume explorado; Vcp = Volume comercial perdido por danos (m³); Vr = volume remanescente; Arv = Número de árvores por espécie; vcd = Volume comercial após 12 anos de dinâmica (m³); IPADAP (cm) = incremento periódico anual em diâmetro; IPAv (%) = incremento periódico anual percentual em volume

Em 2004, antes da exploração florestal, o volume comercial da espécie *M. elata*, foi de 305,6 m³ ou 17 m³.ha⁻¹, para árvores com DAP  $\geq 55$  cm, nas 18 parcelas permanentes (18ha), como ilustra a Tabela 2. A exploração florestal, realizada em julho de 2004, extraiu 249,3 m³

ou 13,8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de volume e 22,1 m<sup>3</sup> ou 1,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> do volume comercial foi perdido devido aos danos promovidos pela extração de madeira. Assim, o volume remanescente verificado logo após a exploração foi de 34,3 m<sup>3</sup> ou 1,9 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Após 11 anos de monitoramento da dinâmica florestal (2005 a 2016) a população da espécie apresentou incremento periódico volumétrico anual percentual (IPAv%) de 4,5%, resultando em acúmulo de 13,3 m<sup>3</sup>, ou 0,7 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> nas 18 parcelas permanentes. Em 2016, a população de árvores da espécie com DAP ≥ 55 apresentou estoque comercial disponível de 47,6 m<sup>3</sup> ou 2,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

A espécie *P. psilostachya* apresentava antes da exploração um volume comercial de 141,5 m<sup>3</sup> ou 7,9 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, para indivíduos com DAP ≥ 55 cm. O volume extraído durante a exploração madeireira foi de 51,5 m<sup>3</sup> ou 2,9 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e o volume comercial perdido devido aos danos ocasionados pela exploração foi 9,7 m<sup>3</sup> ou 0,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, o volume remanescente após exploração foi de 80,4 m<sup>3</sup> ou 4,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. O incremento periódico volumétrico anual percentual (IPAv%) da população de árvores comerciais vivas de *P. psilostachya* com DAP ≥ DMC foi também de 0,8%, resultante de um acúmulo de 6,5 m<sup>3</sup>, ou 0,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, ao longo de 11 anos de monitoramento após exploração florestal (2005 a 2016) nas 18 parcelas permanentes. No último ano de avaliação (2016) o estoque comercial disponível era de 86,9 m<sup>3</sup> ou 4,8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para população de árvores da espécie com DAP ≥ 55 cm.

O volume comercial da espécie *P. altsonii* na área de estudo antes da exploração, foi de 40,8 m<sup>3</sup> ou 2,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, considerando árvores com DAP ≥ 55 cm. Durante a exploração madeireira foi extraído 26,4 m<sup>3</sup> ou 1,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Assim, logo após a exploração, foi verificado um volume remanescente de 14,6 m<sup>3</sup> ou 0,8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. O incremento periódico volumétrico anual percentual (IPAv%) da população de árvores comerciais vivas de *P. altsonii* com DAP ≥ DMC, considerando o período de 11 anos de monitoramento após a exploração (2005-2016), foi de 14,1%, resultante de um acúmulo de 9,5 m<sup>3</sup>, ou 0,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, nas 18 parcelas permanentes. Aos 11 anos após a exploração, a espécie apresentou um volume comercial disponível de 24,1 m<sup>3</sup> ou 1,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

Antes da exploração florestal, a espécie *C. villosum* apresentava um volume comercial de 54,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ou 3,0 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para árvores com DAP ≥ 55 cm. O volume extraído durante a exploração madeireira foi de 20,9 m<sup>3</sup> ou 1,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, e volume remanescente verificado logo após a exploração foi de 33,8 m<sup>3</sup> ou 1,9 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Após 11 anos de monitoramento da dinâmica florestal (2005 a 2016) a população da espécie apresentou incremento periódico volumétrico anual percentual (IPAv%) de 1,2%, resultando em acúmulo de 4,9 m<sup>3</sup>, ou 0,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> nas 18 parcelas permanentes. O estoque comercial disponível em 2016 foi de 38,7 m<sup>3</sup> ou 2,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para população de árvores da espécie com DAP ≥ 55. E finalmente, a espécie *P. velutina*,

apresentava um volume comercial de 18,7 m<sup>3</sup>, sendo extraído durante a exploração florestal e conforme observado, a espécie não apresentou indivíduos remanescentes na classe com DAP  $\geq$  55 cm nas parcelas permanentes.

O estoque comercial da espécie *C. guianensis* antes da exploração foi de 23,5 m<sup>3</sup> ou 1,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. A exploração florestal, realizada em julho de 2004, extraiu 16,5 m<sup>3</sup> ou 0,9 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de volume e 3,4 m<sup>3</sup> ou 0,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> do volume comercial foi perdido devido aos danos promovidos pela extração de madeira. Assim, o volume remanescente verificado logo após a exploração foi de 3,6 m<sup>3</sup> ou 0,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, e permaneceu constante até a última avaliação de 2016.

Devido a espécie *P. velutina* não apresentar volume disponível nas árvores com DAP  $\geq$  55 cm e a espécie *C. guianensis* não ter apresentado crescimento ao longo desses 11 anos de monitoramento não houve incremento volumétrico das espécies e tampouco é possível definir o IPA<sub>v</sub>%.

Castro (2017) avaliando a capacidade de recuperação do estoque em volume de 38 espécies que tiveram sua madeira colhida em 1982 no sítio de pesquisa Km 114, na Floresta Nacional do Tapajós (PA) e determinado o estoque disponível para segundo corte, observou que aos 32 anos após a exploração (1981-2014) que apenas as espécies *Carapa guianensis* e *M. elata* tem estoque disponível para nova colheita. O estoque disponível para segundo corte conta com 35 espécies. A espécie *C. guianensis* não foi colhida em 1982 e apresenta estoque disponível de 0,447 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para segundo corte. A espécie *C. villosum* foi colhida em 1982, porém não apresentou estoque disponível para segundo corte, antes da exploração foi verificado um volume de 1,65 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e de 0,31 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> em 2014.

Na área deste estudo, antes da exploração a espécie *M. elata* apresentava volume comercial de 17 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e aos 11 anos após a exploração (2016) de 2,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, para árvores com DAP  $\geq$  55 cm. Valor semelhante foi encontrado por Castro (2017), na Floresta Nacional do Tapajós, antes da exploração florestal (12,08 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) e aos 32 anos após (2,231 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>), para árvores com DAP  $\geq$  50 cm. Hirai et al. (2008) em floresta próxima do presente estudo encontrou um volume de 2,72 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para árvores com DAP  $\geq$  45 cm. Na Floresta Nacional do Tapajós, Carvalho (1981), antes da exploração, encontrou para *M. elata* um volume de 265,6 m<sup>3</sup> e 7,59 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para árvores com DAP > 15 cm.

O IPA em diâmetro para população da espécie *M. elata* foi de 0,4 para árvores com DAP  $\geq$  55 cm. Azevedo et al. (2008), em Vitória do Jari (AP), registrou um IPA em diâmetro de 0,42 cm.ano<sup>-1</sup> para *M. elata*. Costa et al. (2007), na Floresta Nacional do Tapajós, verificou que o crescimento das árvores da espécie *M. elata* que receberam iluminação total foi de 0,67 cm.ano<sup>-1</sup>; e 0,60 cm.ano<sup>-1</sup> as árvores que não tinham cipós na copa. As árvores de maçaranduba que não

apresentavam cipós na copa cresceram 25% a mais do que as que possuíam (COSTA et al., 2007).

Castro e Carvalho (2014) afirmam que o desempenho da *M. elata* após exploração é bastante variável de uma área para outra e sugerem que fossem criadas diretrizes próprias para o manejo da *M. elata*, por ser uma das espécies mais comercializadas no mercado nacional e internacional e apresentar uma madeira de alto valor comercial.

Em Vitória do Jari-AP, Azevedo et al. (2008) registraram um IPA em diâmetro de 0,30 cm.ano<sup>-1</sup>; 0,65 cm.ano<sup>-1</sup> e 0,42 cm.ano<sup>-1</sup> para as espécies *C. villosum*, *P. psilostachya* e *M. elata* respectivamente. Segundo o mesmo autor, as espécies *P. psilostachya* e *M. elata* apresentaram crescimento moderado. No presente estudo as espécies *C. villosum*, *P. psilostachya* e *M. elata* apresentaram um IPA de 0,3 cm; 0,2 cm e 0,4 cm, respectivamente, para as árvores com DAP  $\geq 55$  cm. Azevedo et al. (2008) concluíram que a abertura do dossel provocado pela exploração florestal e aplicação de tratamentos silviculturais não favoreceram o crescimento das espécies pioneiras, apenas das árvores já estabelecidas.

Embora na exploração realizada na área de estudo tenha sido utilizada técnicas de impacto reduzido, com a finalidade de reduzir os danos as árvores remanescentes, as espécies *M. elata*, *P. psilostachya* e *C. guianensis* perderam 22,1 m<sup>3</sup>, 9,7 m<sup>3</sup> e 3,4 m<sup>3</sup> (Tabela 2), respectivamente, de volume comercial devido aos danos provocados pelo impacto da extração madeireira. Azevedo (2006) analisando uma área que foi submetida à exploração, verificaram que para cada árvore extraída foram perdidos em média 0,89 m<sup>3</sup>.

No presente estudo foram encontrados 4; 3 e 8 indivíduos, respectivamente, das espécies *C. villosum*, *P. velutina* e *C. guianensis* (Tabela 2). Observa-se que durante o período de 11 anos após a exploração, foi constatado que as espécies *C. villosum*, *P. velutina* e *C. guianensis* apresentaram poucos indivíduos em todas as classes diamétricas e não ocorreram ingressos na primeira e na segunda classe diamétrica, com exceção da *C. guianensis* que apresentou ingresso na segunda classe de DAP (Figura 4).

Na região de Belo Monte, Pará, foram encontrados 83; 3 e 4 indivíduos das espécies *C. villosum*, *P. velutina* e *C. guianensis*, respectivamente, em uma área de 24,3 ha (SALOMÃO et al., 2007). No Amapá, Azevedo et al. (2008), encontraram 5 e 10 indivíduos das espécies *C. villosum* e *C. guianensis*, respectivamente, em uma área de 40 ha. Carvalho (1981) estudando a frequência de árvores por espécie por classe de diâmetro na Floresta Nacional do Tapajós em uma área de 35 ha, antes da exploração, registrou a ocorrência de apenas 4 indivíduos de *C. villosum*, sendo um na classe de 25 cm de DAP e os outros na classe comercial.

Lopes et al. (1986), estudando a distribuição das árvores por espécie em uma área de 36 ha, registraram apenas 1 indivíduo de *C. villosum* na Floresta Nacional do Tapajós. Avaliando o impacto da exploração florestal na estrutura da floresta em uma área de 9 ha, Francez et al. (2009), observaram que o *C. villosum* apresentou poucos indivíduos distribuídos de forma descontínua nas classes diamétricas antes e após exploração.

Avaliando o impacto da exploração florestal na estrutura da floresta em uma área de 9 ha, Francez et al. (2009), observaram que o *C. villosum* apresentou poucos indivíduos distribuídos de forma descontínua nas classes diamétricas antes e após exploração. Lepsch-cunha et al. (1999) em uma área de 400 ha, encontraram 24 indivíduos da espécie *C. guianensis*. A espécie apresenta um padrão demográfico diferente, pois é comum em alguns locais e muito escasso em outros (LEPSCH-CUNHA et al., 1999).

#### 4.3 Fluxo do volume dos diferentes processos da dinâmica em três classes diamétricas

A Figura 4 indica a dinâmica de acumulação e perda do volume por meio dos fluxos dos processos de incremento diamétrico, ingresso e mortalidade de árvores entre as três classes de diâmetro selecionadas para a análise das seis espécies do estudo.

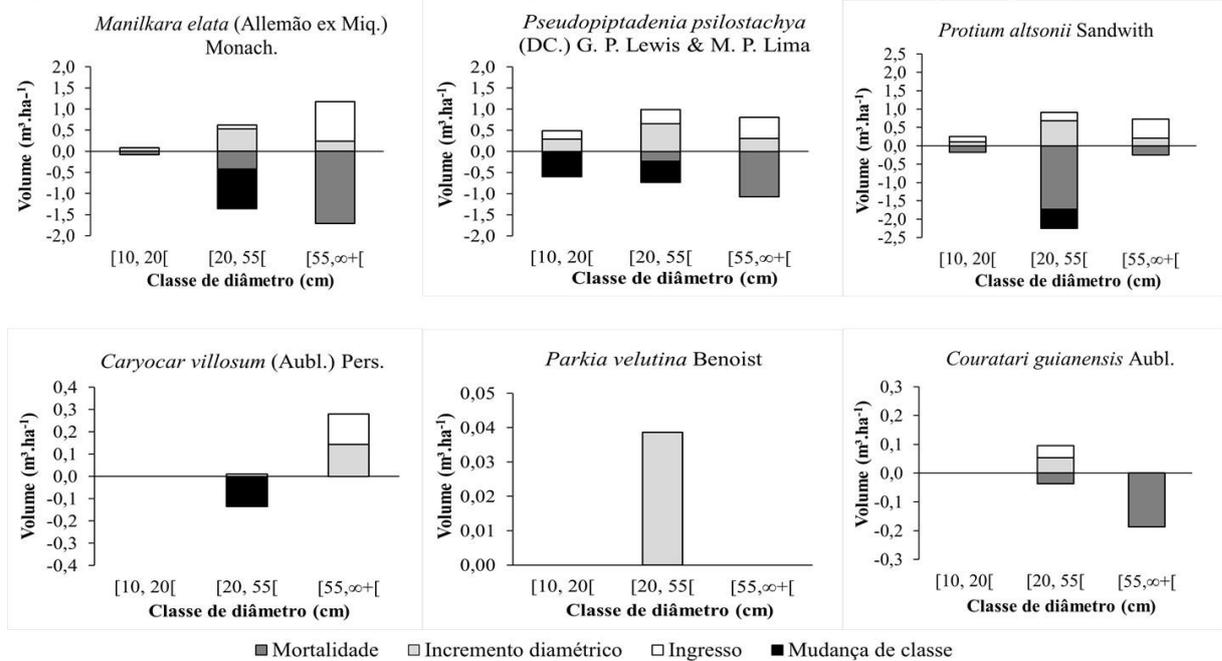
Considerando o período de 11 anos de monitoramento (2005 a 2016) após exploração, verificou-se que *P. psilostachya* foi a espécie mais dinâmica em termos de incremento diamétrico, mortalidade e ingresso, por apresentar fluxos de acumulação de volume devido ao crescimento de árvores nas três classes diamétricas e ao ingresso ou mudança entre as classes. A *Parkia velutina*, ao contrário, foi a espécie menos dinâmica, em decorrência de seu acúmulo de volume devido ao incremento ser apenas na segunda classe diamétrica, não ocorrendo ingresso durante período de monitoramento.

Observou-se também que *Protium altsonii* foi a espécie que teve maior perda de volume devido a mortalidade de árvores da segunda classe de diâmetro, no entanto, apresenta acumulação de volume devido ao crescimento de árvores na classe comercial. Para a espécie *Manilkara elata* nota-se a importância do fluxo de perda de volume devido a mortalidade de árvores da terceira classe diamétrica, o fluxo de acumulação de volume devido ao crescimento de árvores da segunda classe diamétrica e ao ingresso\mudança entre classes.

*Caryocar villosum* mostrou um fluxo de acumulação de volume na classe comercial devido à mudança de classe e o incremento diamétrico das árvores. A *Couratari guianensis* apresenta acumulação de volume na segunda classe diamétrica devido ao ingresso e o

crescimento das árvores, porém não ocorreu mudança entre as classes e também se verifica uma grande perda de volume devido a mortalidade na classe comercial.

**Figura 4** – Fluxo do volume nos diferentes processos da dinâmica em três classes diamétricas das seis espécies analisadas na área de estudo ao longo de 11 anos de monitoramento após exploração florestal.



Fonte: Autor, 2018.

Embora a espécie *C. villosum* seja intolerante à sombra, pode-se dizer que o nível de abertura do dossel causado pela exploração florestal não favoreceu o ingresso de novos indivíduos. Costa et al. (2002a) em estudo realizado na Floresta Nacional do Tapajós, durante um período de 16 anos, avaliando a dinâmica da composição florística após a exploração madeireira em uma área de 64 ha, constataram que a espécie *C. villosum* apresentou ingresso de um indivíduo na classe de 45 cm de DAP.

Avaliando a espécie *P. psilostachya*, foi possível observar a dinâmica entre as classes diamétricas após a exploração, mostrando que abertura do dossel favoreceu o ingresso de árvores na primeira e segunda classe diamétrica. A espécie mostrou baixa mortalidade na segunda classe diamétrica e alta mortalidade na terceira classe diamétrica. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Fonseca (2007), em Paragominas, o autor observou baixa mortalidade de indivíduos entre 20 e 45 cm de DAP.

Observa-se na Figura 4, que não ocorreram ingressos na primeira classe diamétrica para espécie *M. elata* ao longo de 11 anos de monitoramento após exploração. Silva (1995) afirma que *M. elata* apresenta crescimento lento quando jovem. Castro e Carvalho (2014) na Floresta Nacional do Tapajós, avaliando a dinâmica da *M. elata* ao longo de 26 após exploração,

registraram o ingresso de três indivíduos na população da espécie nos últimos 10 anos de avaliação. Segundo esses autores, o nível de abertura do dossel causado pela derruba não favoreceu o ingresso de novas árvores com DAP > 5 cm.

Observa-se também que a espécie apresentou alta mortalidade na terceira classe devido aos danos causados pela exploração florestal. No entanto, é possível verificar que durante esse período de monitoramento após exploração, a espécie tem apresentado uma dinâmica entre a segunda e terceira classe diamétrica por meio da mudança de classe que ocorreu.

Ao considerar todas as espécies do estudo, é possível observar baixa dinâmica de ingresso de novas árvores, indicando que é preciso aplicação de tratamentos silviculturais para favorecer o aumento da regeneração natural, por meio dos plantios de enriquecimento. Alguns estudos indicaram a recuperação de populações de árvores comerciais após a exploração através do plantio de enriquecimento de mudas (ZIMMERMAN e KORMOS, 2012).

Gomes et al. (2010) avaliando a sobrevivência de mudas da espécie *C. villosum* plantadas em clareiras formadas pela exploração, encontraram baixa taxa de sobrevivência ,47%, devido principalmente à severa herbivoria observada em campo. Chagas et al. (2012) estudando a regeneração natural de plântulas de *M. elata* em um período de cinco anos em clareiras causadas pela exploração na mesma área do estudo, encontrou uma alta taxa de sobrevivência para espécie. Nogueira et al. (2015) avaliando estabelecimento inicial de espécies florestais em plantio para a recuperação de área alterada no Amazonas, encontraram uma taxa de sobrevivência de 80% para *P. velutina*.

#### **4.4 Taxa e ciclo de corte sustentável**

As estimativas das taxas de corte para cada uma das seis espécies do estudo, calculadas com base no incremento periódico volumétrico anual percentual (IPAv%) e no volume comercial disponível no último ano de monitoramento (2016), estão apresentadas na Tabela 3.

A população de *M. elata* apresentou uma taxa de corte de 37,3 m<sup>3</sup> ou 2,1 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, a partir de uma taxa de crescimento volumétrico de 4,5%, considerando um ciclo de corte de 35 anos, o que representa uma intensidade de corte de 78% do volume disponível no último ano de avaliação (2016). Simulando uma intensidade de corte de 100% do volume disponível das árvores comerciais acima do diâmetro mínimo de corte (D.M.C), a população remanescente da espécie necessita de um ciclo de corte de 79 anos para repor seu estoque inicial.

**Tabela 3** – Taxa e ciclo de corte sustentável baseado no Incremento Periódico Anual Volumétrico (IPAv%) da população remanescente de uma floresta de terra firme no município de Paragominas, PA.

| Espécie   | IPAv% | CC <sub>78</sub> | IC | TC   | CC <sub>100</sub> |
|---|-------|------------------|----|------|-------------------|
| <i>Manilkara elata</i> (Allemão ex Miq.) Monach                     | 4,5   | 35               | 78 | 37,3 | 79                |
| <i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> (DC.) G. P. Lewis & M. P. Lima | 0,8   | 35               | 24 | 20,6 | 100               |
| <i>Protium altsonii</i> Sandwith                                    | 14,1  | 35               | 99 | 23,9 | 40                |
| <i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.                              | 1,2   | 35               | 35 | 13,4 | 65                |
| <i>Parkia velutina</i> Benoist                                      | -     | -                | -  | -    | -                 |
| <i>Couratari guianensis</i> Aubl.                                   | -     | -                | -  | -    | -                 |

**Legenda:** Legenda: IPAv (%) = incremento periódico anual percentual em volume; CC<sub>78</sub> = ciclo de corte para exploração de 78% do estoque disponível (anos); IC = intensidade de corte (%); TC = taxa de corte (m<sup>3</sup>); CC<sub>100</sub> = ciclo de corte para exploração de 100% do estoque disponível (anos).

Com base no IPAv% de 0,77% e ciclo de corte de 35 anos, a taxa de corte para a população de *P. psilostachya* na área de estudo foi de 20,6 m<sup>3</sup> ou 1,1 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, o que corresponde uma intensidade de corte de 24% do volume disponível. Considerando uma intensidade de corte de 100% do volume disponível, seria necessário um ciclo de corte 100 anos para recuperação do volume inicial de madeira.

A taxa de corte obtida para população de *P. altsonii* foi de 23,9 m<sup>3</sup> ou 1,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, baseado no IPAv% de 14,08% e ciclo de corte de 35 anos, o equivalente a uma intensidade de corte de 99% do volume disponível. A população remanescente da espécie necessita de um ciclo de corte de 40 anos para repor seu estoque inicial, considerando-se uma intensidade de corte de 100% do volume disponível.

Considerando um ciclo de corte de 35 anos e IPAv% de 1,22%, a população de *C. villosum* apresentou taxa de corte de 13,4 m<sup>3</sup> ou 0,7 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> na área de estudo, o que representa uma intensidade de corte de 35% do volume disponível. Simulando uma intensidade de corte de 100% do volume disponível, a população remanescente da espécie necessita de um ciclo de corte de 65 anos para recuperar seu estoque inicial. Devido a inviabilidade do cálculo do Incremento periódico anual percentual em volume (IPAv%) das espécies *P. velutina* e *C. guianensis*, não foi possível calcular suas taxas e ciclos de corte.

Das seis espécies estudadas, a *P. psilostachya* foi a espécie com menor crescimento em volume (0,8%) e com maior período de tempo (100 anos) para repor seu estoque inicial. No entanto, embora a espécie *C. villosum* apresente uma taxa de crescimento (1,2%) maior em relação a *P. psilostachya*, a taxa de corte obtida foi inferior, isso se deve ao volume disponível das espécies no último ano de avaliação (2016).

*P. altsoni* tem a maior taxa de crescimento em volume (14,1%) e recupera seu volume inicial em 40 anos na área do estudo, se aproximando ao estabelecido pela legislação brasileira (35 anos). A *M. elata* mostra recuperação do estoque inicial em 79 anos. Assim, é necessário considerar que cada espécie tem um padrão de recuperação de acordo com seu ritmo de crescimento, mortalidade e ingresso.

No estudo realizado por Braz (2010), avaliando taxas de corte sustentada por grupos de espécies em uma floresta ombrófila densa, concluiu que as taxas de corte devem respeitar o ritmo de crescimento das espécies, pois aplicar uma taxa de corte igual para um grupo de espécie resultaria extrações baixas para as espécies de rápido crescimento e extrações altas para espécies de crescimento lento. A legislação brasileira (Instrução Normativa 05 de 11 de dezembro de 2006) trata de forma igual espécies com potenciais de crescimento diferentes.

Braz et al. (2012a) avaliando intensidades de cortes para três grupos de espécies comerciais, no estado do Amazonas, encontraram um IPA<sub>v</sub>% de 3,22 para *Protium sp.* e a intensidade de corte para grupo a que pertence a espécie foi de 42,37%. Para *M. elata* foi encontrado um IPA<sub>v</sub>% de 1,18, valor bem inferior ao encontrado neste estudo.

Os resultados encontrados neste estudo são compatíveis com diversos trabalhos apresentados na literatura que avaliam a capacidade de recuperação da floresta (SIST e FERREIRA, 2007; VAN GARDINGEN et al., 2006) ou de grupos de espécies nos ciclos de corte previstos em lei (SCHULZE et al., 2005; SCHULZE et al., 2008; GAYOT e SIST, 2004; SEBBENN et al., 2008). Por exemplo, Schuelze et al. (2008), simulando uma segunda exploração da *Tabebuia impetiginosa* e *T. serratifolia* sob condições de impacto reduzido observaram que após a extração de 90% do volume comercial na primeira colheita, o volume não seria recuperado em 60 anos, mesmo que fosse considerado uma intensidade de corte de 70% e D.M.C de 70 cm ainda não seria suficiente para assegurar uma segunda colheita equivalente a primeira para *T. impetiginosa*.

No estudo de Sebbenn et al. (2008), utilizando o modelo de simulação Eco-Gene, baseado em dados reais coletados em uma parcela experimental na Floresta Nacional de Tapajós, Pará, para estimar os impactos a longo prazo da exploração madeireira na recuperação da estrutura demográfica de quatro espécies de árvores tropicais na floresta amazônica, concluíram que nenhuma das espécies recuperaram suas áreas basais iniciais sob as práticas de exploração madeireira previstas pela legislação florestal brasileira.

Dentre essas espécies estava a *M. elata*, que recuperou o número de indivíduos sob ciclo de corte de 65 anos e diâmetro mínimo de corte (D.M.C) de 60 cm, no entanto, esses indivíduos compreendem apenas 65% da área basal, sendo necessário 146 anos para recuperação total da

área basal. Schulze et al. (2005) examinaram os efeitos prováveis da exploração que cumpre a legislação do plano de manejo e concluíram que, considerando uma intensidade de exploração e ciclo de corte igual para todas as espécies madeireiras da Amazônia, dificilmente é possível garantir uma produção sustentada.

Castro e Carvalho (2014), estudando a dinâmica da população *M. elata* por um período de 28 anos após a exploração madeireira em uma área de 64 ha na Floresta Nacional de Tapajós-PA, verificaram que durante esse período a espécie recuperou 43% da área basal. Esses autores indicaram que seriam necessários mais de 100 anos para a espécie recuperar seu estoque inicial, devido a reposição da área basal da espécie ser muito lenta, e considerando a intensidade de corte praticada na área.

Assim, para uma produção sustentada das espécies do estudo sob ciclo de corte de 35anos é necessário considerar a intensidade de corte mediante o volume comercial disponível, sendo que as intensidades de corte devem ser calculadas e não fixas, pois como mostrou os resultados obtidos neste estudo, as espécies têm ritmos de crescimento diferentes, e uma pode repor seu volume em 40 anos e outra necessita de um tempo maior.

#### 4.5 Taxa de reconstituição

A recuperação do volume projetada durante ciclo de corte de 35 anos nessa área de estudo, considerando apenas o volume das árvores que em 35 anos alcançará a classe comercial, indica que a espécie *P. altsonii* apresentou a maior taxa de reconstituição (65%) e a espécie *M. elata* a menor (6%) (Tabela 4). Considerando também o crescimento das árvores remanescentes com DAP  $\geq 55$  cm, as espécies *P. altsonii*, *C. villosum* e *P. psilostachya* mostraram um aumento de 27%, 11% e 7%, respectivamente (Tabela 5).

**Tabela 4** – Taxa de reconstituição considerando apenas o volume das árvores que em 35 anos alcançará a classe comercial

| Espécie   | Taxa de reconstituição (%) |
|---|----------------------------|
| <i>Manilkara elata</i> (Allemão ex Miq.) Monach                     | 2                          |
| <i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> (DC.) G. P. Lewis & M. P. Lima | 12                         |
| <i>Protium altsonii</i> Sandwith                                    | 65                         |
| <i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.                              | 6                          |
| <i>Parkia velutina</i> Benoist                                      | -                          |
| <i>Couratari guianensis</i> Aubl.                                   | -                          |

**Tabela 5** –Taxa de reconstituição considerando o volume das árvores que em 35 anos alcançará a classe comercial e crescimento das árvores com DAP  $\geq$  55 cm.

| Espécie   | Taxa de reconstituição (%) |
|---|----------------------------|
| <i>Manilkara elata</i> (Allemão ex Miq.) Monach                     | 3                          |
| <i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> (DC.) G. P. Lewis & M. P. Lima | 19                         |
| <i>Protium altsonii</i> Sandwith                                    | 92                         |
| <i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.                              | 17                         |
| <i>Parkia velutina</i> Benoist                                      | -                          |
| <i>Couratari guianensis</i> Aubl.                                   | -                          |

Fonseca et al. (2008) verificaram que a extração de 90% dos indivíduos arbóreos da espécie *P. psilostachya* com DAP > 50 cm, implicaria em uma redução de 65,2% do número de indivíduos férteis. No estudo de Braz et al. (2012b) realizando uma prognose para segundo ciclo de corte de 26 espécies comerciais observaram que as árvores das classes de 65 e 75 cm de DAP não poderiam ser extraídas totalmente, pois isso reduziria o incremento acumulado. Segundo os mesmos autores, retirar no primeiro corte todas as classes comerciais diminuirá os cortes futuros e conduzirá a não sustentabilidade do manejo, pois 85% do incremento comercial é decorrente de árvores nas classes comerciais.

Braz et al. (2015) estudando estruturas remanescentes para planejamento do segundo ciclo de corte da *M. elata*, no estado do Acre, observou que as classes que mais colaboraram para a recuperação do volume foram as de 55 e 65 cm de DAP, com isso a manutenção destas classes poderia aumentar a produção futura, pois a espécie apresenta incremento diferenciado por classe de diâmetro.

No estudo realizado por Gayot e Sist (2004), nessa mesma área do estudo, avaliando a capacidade de reconstituição da *M. elata*, considerando um D.M.C de 55 cm e ciclo de corte de 30 anos, encontrou uma taxa de recuperação de 52%, a partir de crescimento de 0,63 cm.ano<sup>-1</sup> e taxa de mortalidade de 0,4%. Com isso, sugeriram aumentar o ciclo de corte para 60 anos ou reduzir a intensidade de corte no primeiro ciclo.

Nessa mesma área do presente estudo, Sist e Ferreira (2007) avaliaram a sustentabilidade do manejo florestal sob condições de impacto reduzido, encontrou uma taxa de reconstituição de 50%, considerando um ciclo de corte de 30 anos. Alder e Silva (2001) examinando a sustentabilidade da produção volumétrica, na Floresta Nacional do Tapajós, verificaram que aplicação de uma intensidade de corte de 27-28 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, em ciclos de corte de 30 anos, mostra ser sustentável por um período projetado de 200 anos.

Segundo Putz et al. (2012) é enorme a diferença entre os estudos nas taxas de recuperação de volume, possivelmente devido diferenças ecológicas entre as espécies comerciais e intensidades de extração de madeira. Os resultados obtidos mostram que nenhuma das espécies do estudo, reconstituirá seu estoque inicial durante o ciclo máximo previsto em lei.

## 5 CONCLUSÃO

As espécies do estudo mostraram uma dinâmica de crescimento volumétrico ao longo de 11 anos após exploração.

Embora na área de estudo tenha sido utilizada a técnica de exploração de impacto reduzido, com a finalidade de reduzir os danos as árvores remanescentes, as espécies *M. elata*, *P. psilostachya* e *C. guianensis* perderam volume comercial devido a mortalidade de árvores remanescentes.

As espécies do estudo mostraram-se pouca dinâmica em ingresso, indicando a necessidade de tratamentos silviculturais.

Sugere-se para uma produção sustentada das espécies, as intensidades de corte devem ser calculadas e não fixas, pois as espécies têm potenciais de crescimento e recuperação em volume diferentes.

Na área de estudo, considerando a exploração da totalidade do estoque comercial madeireiro disponível das espécies, um ciclo de corte de 35 anos não é suficiente para que as populações das espécies do estudo reconstituam seus volumes iniciais.

Cada uma das seis espécies do estudo apresentaram comportamento ecológico diferente após exploração em relação ao incremento, mortalidade e ingresso, e capacidade de recuperação.

## REFERÊNCIAS

- ALDER, D.; SILVA, J. N. M. Sustentabilidade da produção volumétrica: um estudo de caso na Floresta Nacional de Tapajós com auxílio do modelo de crescimento CAFOGROM. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. C. (Eds.). **A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa-DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p. 325-337.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ASNER, G. P.; RUDEL, T. K.; AIDE, T. M.; DEFRIES, R.; EMERSON, R. A contemporary assessment of change in humid tropical forests. **Conservation Biology**, v. 23, n. 6, p. 1386-1395, 2009.
- AZEVEDO, C. P. de. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação**. 2006. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- AZEVEDO, C. P.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. A. Efeito da exploração de madeira e dos tratamentos silviculturais no agrupamento ecológico de espécies. **Floresta**, v. 38, n. 1, 2008.
- AZEVEDO-RAMOS, C. Sustainable development and challenging deforestation in the Brazilian Amazon: the good, the bad and the ugly. **Unasylva**, v. 59, p. 12-16, 2008.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 406, 2 de fevereiro de 2009. **Diário Oficial da União**, Seção 1, Brasília, 06 de fevereiro de 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/Ibma. Instrução Normativa 05, de 11 de dezembro de 2006. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 mar. 2006
- BRAZ, E. M. et al. Planejamento do segundo ciclo de *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. no estado do Acre. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 6., 2015, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 453-462, 2015.
- BRAZ, E. M.; SCHNEIDER, P. R.; MATTOS, P. P.; SELLE, G. L.; THAINES, F.; RIBAS, L. A.; VUADEN, E. Taxa de corte sustentável para manejo das florestas tropicais. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 137-145, 2012a.
- BRAZ, E. M.; SCHNEIDER, P. R.; MATTOS, P. P. de; THAINES, F.; SELLE, G. L.; de OLIVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, L. C. Manejo da estrutura diamétrica remanescente de florestas tropicais. **Ciência florestal**, v. 22, p. 787-794, 2012b.
- BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia**. 2010. 236 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

- CARVALHO, J. O. P. **Classificação em grupos ecológicos das espécies mais importantes em uma área de Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, PA.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 41).
- CARVALHO, J. O. P. de. **Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal.** Curitiba: Embrapa – CNPF, 1997. P. 41-55. (Embrapa-CNPF. Documentos, 34).
- CARVALHO, J. O. P. de. **Distribuição diamétrica de espécies comerciais e potenciais em floresta tropical úmida natural na Amazônia.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1981. 34p.
- CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A.; COSTA, H. B. **Manejo de florestas naturais do tropico úmido com referência especial à Floresta Nacional do Tapajós no estado do Pará.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. 14p. (Documentos, 26).
- CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: Simpósio Silvicultural na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, PA. **Resumos expandidos.** Belém: CPATU: DFID, 1999 p. 174-179 (Embrapa – CPATU. Documentos, 123).
- CASTRO, T. C. **Crescimento e produção de uma floresta após a colheita de madeira e a aplicação de tratamentos silviculturais na Floresta Nacional do Tapajós.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2017.
- CASTRO, T. C.; CARVALHO, J. O. P. 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**, v. 24, n. 1, p. 16-169, 2014.
- CATENACCI, F. S.; SIMON, M. F. A checklist of Lecythidaceae in the upper Madeira River, Rondônia, Brazil with comments on diversity and conservation. **Brittonia**, v. 69, p. 447-456, 2017.
- CHAGAS, R. S.; GOMES, J. M.; CARVALHO, J. O. P.; FERREIRA, J. E. R. Sobrevivência e crescimento de plântulas de *Manilkara huberi* Chevalier durante cinco anos em clareiras causadas pela exploração de impacto reduzido na Amazônia brasileira. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 417-424, set. 2012.
- CHAZDON, R. L. **Renascimento de florestas: regeneração na era do desmatamento.** São Paulo: Oficina de Textos, 430 pp., 2016.
- CIKEL. **Relatório de sustentabilidade 2009.** Corgraf ed.
- COMVALIUS, L. B. **Surinamese Tree Species: Characteristics and Utilization.** Paramaribo: CELOS, 2001. 243 p.
- COSTA, D. H. M.; CARVALHO, J. O. P.; 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 Ciências Agrárias**, n. 38, p. 67-90, 2002a.

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

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

CRUZ, E. D. **Germinação de sementes de espécies amazônicas: faveira-folha-fina** [*Pseudopiptadenia psilostachya* (DC.) G.P.Lewis & M.P.Lima. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2017. 3 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 294)

CUNHA, T. A. **Modelagem do incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na floresta amazônica**. 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

DALY, D. C. Burseraceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB16658>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

DURRIEU DE MADRON L., FORNI E. Aménagement forestier dans l'est du cameroun. Structure du peuplement et périodicité d'exploitation. **Bois et forêts des tropiques**, n. 254, p. 43-57, 1997.

EMBRAPA. **Maçaranduba *Manilkara huberi***. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004a. (Projeto Dendrogene. Espécies Arbóreas da Amazônia, 4).

EMBRAPA. **Timborana *Pseudopiptadenia psilostachya***. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004b. (Projeto Dendrogene. Espécies Arbóreas da Amazônia, 9).

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

FERREIRA, F. N. **Análise da sustentabilidade do manejo florestal com base na avaliação de danos causados por Exploração de Impacto Reduzido (EIR) em floresta de terra firme no município de Paragominas-PA**. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2005.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria, RS: UFSM, Centro de Pesquisas Florestais. 2006

FONSECA, M. G. **Ecologia populacional de três espécies madeireiras na Amazônia oriental: implicações para o manejo**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FONSECA, M. G.; VIDAL, E.; SANTOS, F. A. M. dos. Efeito da exploração madeireira sobre o número de indivíduos férteis de três espécies arbóreas comerciais na Amazônia oriental. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, 2008.

FRANCEZ, L. M. B.; CARVALHO, J. O. P.; JARDIM, F. C. 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**, v. 39, p. 851-864, 2009.

GARCIA, F. M.; MANFIO, D. R.; SANSÍGOLO, C. A.; MAGALHÃES, P. A. D. Rendimento no Desdobro de Toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e Tauari (*Couratari guianensis*) Segundo a Classificação da Qualidade da Tora. **Floresta e Ambiente**, v. 19, p. 468-474, 2012.

GAYOT, M.; SIST, P. Vulnérabilité des espèces de maçaranduba face à l'exploitation en Amazonie brésilienne: nouvelles normes d'exploitation à définir. **Revue Bois et Forêts des Tropiques**, Nogent-Sur-Marne, v. 58, n. 208, p. 75-90, 2004.

GOMES, J. I.; SILVA, E. M. A.; MELO, A. T. S. de. **Durabilidade de 15 espécies de madeiras amazônicas em contato com o solo em ambiente sombreado**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 148).

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**, v. 40, p. 171-178, 2010.

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

GUIMARÃES, E. F.; MAUTONE, L.; RIZZINI, C. T.; MATTOS FILHO, A. **Árvores do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 1993. 198 p.

HAUGAASEN, T. Seed predation of *Couratari guianensis* (Lecythidaceae) by macaws in central Amazonia, Brazil. **Ornitologia Neotropical**, v. 19, p. 321-328, 2008.

HERRERO-JÁUREGUI, C.; GARCIA-FERNANDEZ, C.; SIST, P. L. J.; CASADO, M. A. Conflict of use for multi-purpose tree species in the state of Pará, eastern Amazonia, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 18, p. 1019-1044, 2009.

HIGUCHI, N. Utilização e manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas. **Acta amazonica**, v. 24, p. 275-288, 1994.

HIRAI, E. H.; CARVALHO, J. O. P.; PINHEIRO, K. A. O. Estrutura da população de maçaranduba (*Manilkara huberi* Standley) em 84 ha de floresta natural na fazenda Rio Capim, Paragominas, PA. **Revista Ciências Agrárias**, n. 49, p. 65-76, 2008.

- HOPKINS, M. J. G.; FORTUNE HOPKINS, H. C.; SOTHERS, C. A. Nocturnal pollination of *Parkia velutina* by Megalopta bees in Amazonia and its possible significance in the evolution of chiropterophily. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, p. 733-746, 2000.
- IBGE - 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. Second ed. IBGE, Rio de Janeiro. p.271, 2012.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: GTZ, 1990. 343p.
- LAUFER, J.; AMADOR, J. A.; CONCEIÇÃO, P. C.; NORRIS, D.; MICHALSKI, F. Use of boat surveys to provide complementary data on the ecology of *Bradypus Tridactylus* (Pilosa: Bradypodidae) from northern Amazonia. **Edentata**, v. 13, p. 56-60, 2012.
- LEMOS, A. L. F.; SILVA, J. A. Desmatamento na Amazônia Legal: evolução, causas, monitoramento e possibilidades de mitigação através do Fundo Amazônia. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 1, p. 98-108, 2011.
- LEPSCH-CUNHA, N.; KAGEYAMA, P. Y.; VENCOSKY, R. Genetic diversity of *Couratari multiflora* and *Couratari guianensis* (Lecythidaceae): consequences of two types of rarity in central Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, p. 1205–1218, 1999.
- LIMA, R. A. F. Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 4, p. 651-670, out.-dez. 2005.
- LOPES, J. C. A.; CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; COSTA, H. B. Sociabilidade entre 18 espécies comerciais ocorrentes na floresta nacional do Tapajós. In: I Simpósio do Trópico Úmido. Belém. **Anais...** Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986. 6v. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36)
- MACIEL, M. de N. M.; WATZLAWICK, L. F.; SCHOENINGER, E. R.; YAMAJI, F. M. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 69-78, abr./jun. 2003.
- MACIEL, M. N.; BASTOS, P. C. de O.; CARVALHO, J. O. P.; WATRIN, O. dos S. Uso de imagens orbitais na estimativa de parâmetros estruturais de uma floresta primária no Município de Paragominas, Estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, n.52, p. 159-178, 2009.
- MARIN, W. A.; FLORES, E. M. *Couratari guianensis* Aubl. Lecythidaceae (Brazil-nut family). In: VOZZO, J. A. (ed). **Tropical tree seed manual**. Washington, DC: USDA Forest Service, 2002. p. 423-425.
- MARTINS, S. V. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: UFV, 2012. 371 p.
- MAZZEI, L.; RUSCHEL, A. Estoque comercial para o segundo ciclo de corte na Floresta Nacional do Tapajós - Área Experimental km 67 - Embrapa. In: II Seminário de Pesquisa

Científica da Floresta Nacional do Tapajós. **Anais...** Santarém-PA: Floresta Nacional do Tapajós/ICMBio, 2014. 304 p.

MAZZEI, L.; SIST, P.; RUSCHEL, A. R.; PUTZ, F. E.; MARCO, P.; PENA, W.; FERREIRA, J. E. R. Above-ground biomass dynamics after reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 3, p. 367-373, 2010.

MENDES, A. M. S.; BASTOS, A. A.; MELO, M. G. G. Padronização do teste de tetrazólio em sementes de *Parkia velutina* Benoist (Leguminosae – Mimosoideae). **Acta Amazonica**, v. 39, p. 823-828, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA; SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. **Plano Anual de Outorga Florestal 2017**. Brasília: SFB. 2016. 116 p.

MORIM, M. P. 2015 *Pseudopiptadenia* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB23131>>.

NOGUEIRA, W. L. P.; FERREIRA, M. J.; MARTINS, N. O. A. Estabelecimento inicial de espécies florestais em plantio para a recuperação de área alterada no Amazonas. **Revista Ciências Agrárias**, v. 58, n. 4, p. 365-371, out./dez. 2015

PARÁ. Instrução normativa nº 5, de 10 de setembro de 2015. **Diário Oficial do Estado**, Belém, PA, n. 32969, 11 set. 2015, p. 37-57.

PARROTA, J. A.; FRANCIS, J. K.; ALMEIDA, R. R. **Trees of the Tapajós**: a photographic field guide. Río Piedras: USDA Forest Service, 1995. 370 p.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia 2010**. Belém: Imazon, 2010. 124 p.

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

PROCÓPIO, L. C.; SECCO, R. S. A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do “tauari” (*Couratari* spp. e *Cariniana* spp. - Lecythidaceae) em duas áreas manejadas no estado do Pará. **Acta Amazonica**, v.38, p. 31-44, 2008.

PUIG, H. **A floresta tropical úmida**. São Paulo: Editora UNESP: Imprensa Oficial de São Paulo; França: Institut de Recherche pour le Développement, 2008. 496 p.

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**, n. 5, p. 296–303, 2012.

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

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. C.; SILVA, J. M. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; GAMA, J. R. N. F.; VALENTE, M. A. **Caracterização e classificação dos solos do Município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental-CPATU, 2003. 51p. (Documentos, 162).

ROOSMALEN, M. G. M. van; GARCIA, O. M. C. G. Fruits of the Amazonian Forest. Part II: Sapotaceae. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 2, p. 187-290, 2000.

ROSSI, L. M. B.; KOEHLER, H. S.; ARCE, J. E.; SANQUETTA, C. R. Modelagem de recrutamento em florestas. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 453 – 467, set/dez, 2007.

RUSCHEL, A. R. **Dinâmica da composição florística e do crescimento de uma floresta explorada há 18 anos na Flona Tapajós, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental-CPATU, 2008. 57 p. (Documentos, 341).

SALOMÃO, R. P.; VIEIRA, I. C. G.; SUEMITSU, C.; ROSA, N. A.; ALMEIDA, S. S.; AMARAL, D. D.; MENEZES, M. P. M. As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências Naturais**, vol. 2, p. 57-153, 2007.

SANQUETTA, C. R.; CÔRTE, A. P. D.; EISFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 101-112, 2003.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento da Produção Florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Departamento de Ciências Florestais, 2008. 500 p.

SCHULZE M.; GROGAN J.; UHL C.; LENTINI M.; VIDAL E. Evaluating ipê (Tabebuia, Bignoniaceae) logging in Amazonia: Sustainable management or catalyst for forest degradation? **Biological Conservation**, v. 141, p. 2071-2085, 2008.

SCHULZE, M.; VIDAL, E.; GROGAN, J.; ZWEEDE, J.; ZARIN, D. Madeiras nobres em perigo. **Ciência Hoje**, v. 36, p. 66-69, 2005.

SEBBENN, A. M.; DEGEN, B.; Azevedo, V. C. R.; SILVA, M. B.; LACERDA, A. E. B.; CIAMPI, A. Y.; KANASHIRO, M.; CARNEIRO, F. S.; THOMPSON, Y.; LOVELESS, M. D. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 254, p. 335-339, 2008.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica**. Belém: CIFOR, Imazon, 2005. p. 123-132.

SHEIL, D.; BURSLEM, D.; ALDER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. **Journal of Ecology**, v. 83, p. 331-333, 1995.

SILVA, J. N. M. **Manejo de florestas de terra firme da Amazônia brasileira**. In: Curso de Manejo Florestal Sustentável, 1997, Curitiba. Tópicos em manejo florestal sustentável. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 59-95. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 34).

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C.; ALMEIDA, B. F.; COSTA, D. H. M. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, v. 71, n. 3, p. 267-274, 1995.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J.C.A. Um sistema silvicultural policíclico para produção sustentada de madeira na Amazônia brasileira. In: Simpósio Silvicultural na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, PA. **Resumos expandidos**. Belém: CPATU: DFID, 1999 p.304 (Embrapa – CPATU. Documentos, 123).

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

SILVA, L. A. **A tribo Mimoseae bronn. (Leguminosae) no Espírito Santo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2016.

SILVA, M. F.; SOUZA, L. A. G.; CARREIRA, L. M. M. **Nomes Populares das Leguminosas do Brasil**. Manaus, AM: EDUA, 2004. 236 pp.

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, A. L; JARDIM, F. C. S. **Sistemas silviculturais aplicados às florestas tropicais**. Viçosa, SIF, 1993. 126 p. (Documento SIF, 008).

SOUZA, D. V.; CARVALHO, J. O. P.; MENDES, F. S.; MELO, L. O.; SILVA, J. N. M.; JARDIM, F. C. 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, T.O. B.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R.; SILVA, J.C.; PIRES, V. A. V. A percepção sobre o uso da madeira de eucalipto pelos fabricantes do polo moveleiro de Ubá-Mg. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 5, p. 969-975, 2009.

TOMAZELLO FILHO, M.; CHIMELO, J. P.; GARCIA, P. V. Madeiras de Espécies Florestais do Estado do Maranhão: II - Caracterização Anatômica. **IPEF**, n. 23, p. 29-36, abr.1983.

TOSTES, L. C. L. **Ecofisiologia, morfo- anatomia e atividade antifúngica de *Protium altsonii* Sandwith (Burseraceae): um estudo da semente até a fase adulta**. 2015. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2015.

VAN GARDINGEN, P. R.; VALLE, D.; THOMPSON, I. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajó's National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 231, p. 184-195, 2006.

ZIMMERMAN, B. L.; C. F. KORMOS. Prospects for sustainable logging in tropical forests. **BioScience**, v. 62, n. 5, p. 479-87, 2012.