



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

TATIANA DA CUNHA CASTRO

Crescimento e produção de uma floresta após a colheita de madeira e a aplicação de tratamentos silviculturais na Floresta Nacional do Tapajós

**BELÉM
2017**

TATIANA DA CUNHA CASTRO

Crescimento e produção de uma floresta após a colheita de madeira e a aplicação de tratamentos silviculturais na Floresta Nacional do Tapajós

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

Orientador: João Olegário Pereira de Carvalho

Co-orientador: Ademir Roberto Ruschel

BELÉM
2017

Castro, Tatiana da Cunha

Crescimento e produção de uma floresta após a colheita de madeira e a aplicação de tratamentos silviculturais na Floresta Nacional do Tapajós / Tatiana da Cunha Castro. – Belém, 2017.

86 f.

Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2017.

1. Manejo florestal 2. Silvicultura 3. Embrapa Amazônia Oriental 4. Floresta Nacional do Tapajós I.Título.

CDD – 634.92



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

TATIANA DA CUNHA CASTRO

Crescimento e produção de uma floresta após a colheita de madeira e a aplicação de tratamentos silviculturais na Floresta Nacional do Tapajós

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Florestais, área de concentração Manejo de Ecossistema Florestais, para obtenção do título de Doutor.

Aprovado em 30 de junho de 2017

BANCA EXAMINADORA

Dr. João Olegário Pereira de Carvalho – Presidente
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA

Dr.^a Roberta de Fátima Rodrigues Coelho – 1º examinador
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ

Dr. José Natalino Macedo Silva – 2ª Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

Dr. Ademir Roberto Ruschel – 3º examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Dr. Edson Marcos Leal Soares Ramos – 4º examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ- UFPA

Dr. Eduardo Saraiva da Rocha-suplente
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

Dr. Manoel Sebastião Pereira de Carvalho- suplente
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

DEDICATÓRIA

Aos meus pais: José Maria Pereira Castro e Antônia da Cunha Castro.

Aos meus irmãos Alex Bruno, Camila e Carlos.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço a Deus, pela vida e por estar sempre ao meu lado.

Ao meu orientador, João Olegário Pereira de Carvalho, pelas orientações, ensinamentos, apoio, incentivo e acima de tudo pelo seu amor e amizade, minha grande gratidão e admiração.

Ao pesquisador, Ademir Roberto Ruschel, pelas orientações e sugestões valiosas, que muito contribuíram para a realização desta tese.

Ao Professor Edson Marcos Leal S. Ramos e sua equipe do LASIG-UFPA, pelas orientações nas análises estatísticas dos dados.

A todos que participaram das coletas de dados em campo: Marcos Vinícius, Roseane Siqueira, Jaqueline Macedo, Nilson Carvalho, Jair Costa, Miguel Pastana, João Carlos de Lima e Lúcio Seixas.

Aos colegas de Curso de Doutorado, pela troca de conhecimentos e convivência.

Às amigas Amanda Alves Coelho e Roseane Siqueira, pela amizade e apoio.

À Universidade Federal Rural da Amazônia pelo apoio institucional durante o curso.

À Embrapa Amazônia Oriental, pelo apoio logístico e financeiro e pela concessão do banco de dados da área experimental deste estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudo concedida e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao ICMBIO, por autorizar a realização da pesquisa na Área de Conservação de Uso Sustentável – Flona do Tapajós.

A todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração desta tese.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

RESUMO

ABSTRACT

| | |
|--|----|
| 1. CONTEXTUALIZAÇÃO | 13 |
| 1.1. HIPÓTESES | 18 |
| 1.2. OBJETIVOS | 18 |
| 1.2.1. OBJETIVO GERAL..... | 18 |
| 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 18 |
| 1.3. METODOLOGIA | 18 |
| 1.3.1. Descrição da área de estudo..... | 18 |
| 1.3.2. Histórico da área de estudo..... | 19 |
| REFERÊNCIAS | 21 |
| 2. EFEITO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL E DOS TRATAMENTOS SILVICULTURAIS SOBRE O CRESCIMENTO DE ÁRVORES EM UMA FLORESTA MANEJADA NO PERÍODO DE 30 ANOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL | 27 |
| RESUMO | 27 |
| ABSTRACT | 28 |
| 2.1. INTRODUÇÃO | 29 |
| 2.2. METODOLOGIA | 30 |
| 2.2.1. Caracterização da área de estudo | 30 |
| 2.2.2. Delineamento experimental e coleta de dados..... | 30 |
| 2.2.3. Tratamentos aplicados na área | 31 |
| 2.2.4. Análises dos dados | 32 |
| 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 34 |
| 2.4. CONCLUSÕES | 39 |
| REFERÊNCIAS..... | 40 |
| 3. PRODUÇÃO DE UMA FLORESTA DE TERRA FIRME AOS 32 APÓS A COLHEITA DE MADEIRA NA AMAZÔNIA ORIENTAL | 43 |
| RESUMO | 43 |
| ABSTRACT | 44 |
| 3.1. INTRODUÇÃO | 45 |
| 3.2. METODOLOGIA | 46 |
| 3.2.1. Caracterização da área de estudo | 46 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.2. Coleta de dados | 46 |
| 3.2.3. Análises de dados | 47 |
| 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 50 |
| 3.3.1. Estrutura das principais espécies, antes da exploração florestal (1981) e aos 32 anos após (2014) | 50 |
| 3.3.2. Estrutura das espécies por grupo de uso aos 32 anos após a exploração florestal..... | 52 |
| 3.3.3. Recuperação do estoque de toda a comunidade arbórea | 53 |
| 3.3.4. Recuperação do estoque do grupo das espécies colhidas | 55 |
| 3.3.5. Estoque potencial para o segundo corte | 59 |
| 3.4. CONCLUSÕES | 61 |
| REFERÊNCIAS | 62 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES | 65 |
| APÊNDICES | 66 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1-** Espécies que formam o grupo das espécies que tiveram a madeira colhida em 1982 (G1) e espécies que formam o grupo das espécies comerciais que têm a madeira beneficiada atualmente nas serrarias de Santarém, PA (G2). 32
- Tabela 2.2-** Incremento periódico anual em diâmetro - IPA_D ($cm\ ano^{-1}$) para toda a comunidade arbórea, por tratamento e períodos. 35
- Tabela 2.3-** Incremento periódico anual em diâmetro- IPA_D ($cm\ ano^{-1}$) para o grupo das espécies colhidas (G1), por tratamento e períodos. 36
- Tabela 2.4-** Incremento periódico anual em diâmetro IPA_D ($cm\ ano^{-1}$) para o grupo das espécies comerciais que têm a madeira beneficiada atualmente nas serrarias de Santarém (G2), por tratamento e períodos. 36
- Tabela 3.1-** Distribuição das árvores conforme grupos de uso, número de espécies, total de árvores por hectare, e respectivas área basal ($m^2\ ha^{-1}$) e volume ($m^3\ ha^{-1}$), registrados no censo de 2014 (32 anos após a exploração), considerando árvores de $DAP \geq 25\ cm$, na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA. 52
- Tabela 3.2-** Número de indivíduos, abundância (árvores ha^{-1}), área basal ($m^2\ ha^{-1}$) e volume ($m^3\ ha^{-1}$) de árvores com $Dap \geq 45\ cm$, registradas nos censos de 1981 e 2014 em uma área de 144 ha que foi explorada em 1982 na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA. 54
- Tabela 3.3-** Abundância ($N\ ha^{-1}$) e Volume ($m^3\ ha^{-1}$) das espécies que foram exploradas em 1982, registrado um ano antes da exploração (censo 1981) e 32 anos após a exploração (censo 2014), considerando árvores com $DAP \geq 45\ cm$, em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA. 57
- Tabela 3.4-** Estoque disponível ($DAP \geq 50$) para o segundo corte das espécies comerciais que têm a madeira processada atualmente nas serrarias de Santarém. 60

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1** – Localização da área de estudo..... 19
- Figura 2.1**- Croqui do experimento na área do Km 114, BR 163, Santarém-Cuiabá (adaptado de CARVALHO, 1992). 30
- Figura 2.2**- Dinâmica do incremento diamétrico das árvores com $DAP \geq 5$ cm, considerando todas as espécies (A), espécies colhidas em 1982 (B) e espécies comerciais que têm a madeira atualmente beneficiada pelas serrarias de Santarém (C), em quatro intensidades de redução da área basal (T1, T2, T3 e T4) e na área não-explorada (T0), em uma amostra de 15 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra,Pará. 37
- Figura 3.1**- Localização georreferenciada das árvores inventariadas no censo de 2014 em 144 ha na área experimental do Km 114 na Flona do Tapajós, Belterra, Pará. 47
- Figura 3.2**- Espécies mais abundantes registradas no censo de 1981 (antes da exploração) e em 2014 (32 anos após a exploração), considerando árvores com $DAP \geq 45$, em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA. 50
- Figura 3.3**- Espécies mais abundantes registradas na medição de 1981 das parcelas permanentes (um ano antes da exploração) e na medição das parcelas em 2012 (30 anos após a exploração), considerando árvores com $25 \leq DAP < 45$ em uma área amostral de 12 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA. Dados do monitoramento de 48 parcelas permanentes de 0,25 ha. 51
- Figura 3.4** - Espécies com maior área basal registradas no censo de 1981 (um ano antes da exploração) e no censo de 2014 (32 anos após a exploração), considerando árvores com $DAP \geq 45$ em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA. 52
- Figura 3.5** - (a) Abundância (árvores ha^{-1}) nas classes diamétricas de 5 a 34,99 cm, (b) abundância de árvores nas classes diamétricas de 35 a ≥ 85 cm, (c) área basal ($m^2 ha^{-1}$) e (d) volume ($m^3 ha^{-1}$) da comunidade arbórea por classe diamétrica, antes da exploração (1981) e após a exploração (2012-2014) em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós. 55
- Figura 3.6** - (a) Abundância (árvores ha^{-1}) nas classes diamétricas de 5 a 34,99 cm, (b) abundância nas classes diamétricas de 35 a ≥ 85 cm, (c) área basal ($m^2 ha^{-1}$) e (d) volume ($m^3 ha^{-1}$) por classe diamétrica do grupo das espécies colhidas em 1982, antes da exploração (1981) e após a exploração (2012; 2014) em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós. 56
- Figura 3.7**- Estoque volumétrico das 10 espécies que tiveram o maior volume colhido em 1982, considerando árvores com $DAP \geq 45$ cm, em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA. (1981 – censo um ano antes da exploração; 2014 – censo 32 anos após a exploração)..... 58

RESUMO

Para a utilização sustentável das florestas tropicais é importante ter informações sobre seu crescimento e produção, principalmente após a exploração florestal. Assim, avaliou-se o crescimento diamétrico e o potencial produtivo de uma floresta de terra firme manejada na Amazônia oriental. A pesquisa foi dividida em duas partes que consideram seus objetivos específicos. Na primeira parte avaliou-se o efeito da exploração florestal e dos tratamentos silviculturais no incremento diamétrico de uma floresta explorada há mais de 30 anos, considerando o incremento periódico anual - IPA_D; e na segunda parte avaliou-se a capacidade de recuperação do estoque (abundância, área basal e volume) de toda a comunidade arbórea e das espécies que tiveram a madeira colhida aos 32 anos após a exploração florestal e determinou-se o estoque volumétrico comercial disponível para o segundo corte. A pesquisa foi realizada na área experimental da Embrapa Amazônia Oriental, localizada no km 114 da BR 163, na Floresta Nacional do Tapajós, município de Belterra, Pará. Na pesquisa foram utilizados dados de 60 parcelas permanentes, que vêm sendo monitoradas desde 1981 e dados de dois inventários a 100% de intensidade, um realizado antes da exploração florestal (1981) e outro em 2014, 32 anos após a exploração florestal. A exploração florestal e os tratamentos silviculturais de alta intensidade estimularam o incremento diamétrico das árvores, nos anos logo após a essas intervenções, porém esse incremento reduziu com o passar do tempo. Portanto, uma nova intervenção silvicultural deve ser realizada na área para estimular o incremento diamétrico das árvores, principalmente das espécies de interesse para cortes futuros. Sugere-se a aplicação do desbaste de liberação de copas, por ser um tratamento silvicultural menos impactante, ecologicamente, do que o tratamento de refinamento. O tempo de 32 anos decorridos desde a colheita ainda não foi suficiente para que a floresta, considerando todas as espécies e o grupo de espécies exploradas, recuperasse a sua abundância, área basal e volume original, considerando a alta intensidade de exploração aplicada na área (90 m³ha⁻¹). A floresta tem estoque em volume de madeira disponível para uma segunda colheita em conformidade com as normativas legais da política florestal brasileira, porém esse estoque é formado principalmente por espécies que não tiveram a madeira colhida no primeiro corte.

Palavras-chave: Incremento diamétrico; Estoque volumétrico; Ciclo de corte; Manejo de florestas naturais.

ABSTRACT

Information on growth rate and production of tropical forests is important in order to use these forests in a sustainable way, mainly after logging. Thus, we evaluated the diameter growth rate and the potential production of a *terra firme* managed forest in the Eastern Amazon. The study comprised two parts: in the first part, we evaluated the effects of logging and silvicultural treatments on the diameter increment of a forest logged more than 30 years ago, considering the diameter periodic annual increment – PAId; in the second part, we evaluated the ability of the forest to recover the stock (abundance, basal area and volume) 32 years after logging of all the tree species of the community and from the logged species, also we calculated the commercial volume available for the second cutting. The study was carried out in the Embrapa Amazonia Oriental experimental area located at km 114 - BR 163 in the Tapajos National Forest, municipality of Belterra, Pará State, Brazil. Two sets of data were used: one set from 60 permanent sample plots that are being monitored since 1981; and other set from two 100% intensity inventories performed in the study area, the first in 1981 (one year before logging) and the second in 2014 (32 years after logging). The high intensities logging and silvicultural treatments encouraged the tree diameter increment immediately after those interventions, but that increment was reduced gradually over the course of time. Therefore one more silvicultural intervention is needed to encourage the tree diameter increment mainly of those future crop trees. We suggest to apply a liberation thinning because it is a silvicultural treatment less impacting ecologically than a systematic thinning. The 32-year period since harvesting was not enough to the forest (including all species together or the logged species group) to recover its abundance, basal area and volume pre-logging, because of the high intensity of logging applied in the area ($90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). According to the Brazilian Law the forest has now available a timber volume for a second cutting, but this volume comes from species that were not harvested in the first logging.

Keywords: Diameter increment; Stock of volume; Cutting cycle; Management of natural forests.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil é o segundo país com a maior cobertura florestal, com 56% de seu território coberto por florestas, o que representa em torno de 12% das florestas do mundo (FAO, 2010). A Amazônia brasileira engloba mais de 70% das florestas remanescentes do país (VERÍSSIMO; PEREIRA, 2014), sendo uma das principais regiões produtoras de madeira tropical no mundo (OIMT, 2013).

Os principais estados produtores de madeira em tora no Brasil no ano de 2013 foram o Pará (4.669.493 m³), Rondônia (4.003.304 m³) e Mato Grosso (1.441.082 m³), sendo que dos 20 municípios com maior produção de madeira no país, oito são do estado do Pará (IBGE, 2013). Diante dessas informações, é inquestionável o alto potencial produtivo das florestas densas da Amazônia, ao mesmo tempo em que se torna um grande desafio aos manejadores em manter a sustentabilidade de produção dessas florestas. O manejo florestal sustentável inclui um conjunto de práticas que visam à produção contínua da floresta, utilizando técnicas que reduzem o impacto ao ecossistema, a partir de um planejamento eficiente das atividades. Apesar de ser um grande avanço para a silvicultura tropical, as práticas do manejo ainda precisam ser aprimoradas e introduzidas no sistema silvicultural atualmente em prática na Amazônia.

Os sistemas silviculturais utilizados nos países que possuem florestas tropicais são adaptações de modelos desenvolvidos para as florestas temperadas. As primeiras experiências nesse campo de pesquisa foram realizadas na Índia e Birmânia, por volta do século XIX (HIGUCHI, 1994), enquanto que no Brasil, as pesquisas em silvicultura tomaram impulso a partir da década de 1970 (YARED et al., 2000).

O sistema silvicultural aplicado nas florestas manejadas na Amazônia é do tipo policíclico (SCHWARTZ et al., 2016), no qual parte ou todas as árvores comerciais que atingem o diâmetro mínimo de corte são retiradas. As árvores que não atingem o diâmetro de corte permanecem e passam a constituir o estoque do próximo corte (SILVA, 1989; SILVA, 1997). Além do Brasil, outros países adotam o sistema policíclico: Suriname (Sistema CELOS), Colômbia, Costa Rica, Guianas, Gana, Indonésia, Filipinas e Tailândia, adaptando o sistema para as condições de suas florestas.

Na busca por um sistema silvicultural adequado para as florestas tropicais, deve-se levar em consideração o baixo incremento diamétrico das espécies comerciais após o primeiro corte (DE GRAAF et al., 1999). No sistema silvicultural brasileiro, uma prática importante para elevar o potencial produtivo da floresta e manter sua sustentabilidade consiste na aplicação de

tratamentos silviculturais após a exploração florestal, os quais aumentam significativamente o crescimento das árvores (WADSWORTH e ZWEEDE, 2006; VILLEGAS et al., 2009; LUSSETTI et al., 2016; AVILA et al., 2017) e estimulam a regeneração de espécies comerciais e outras também importantes na composição e estrutura da floresta (SILVA et al., 1995; DE GRAAF et al., 1999). Em contrapartida, tal prática tem recebido pouca atenção da maioria dos usuários das florestas (SABOGAL et al., 2006), pois até então os tratamentos silviculturais vêm sendo aplicados apenas em escala experimental na Amazônia brasileira. O custo relativamente elevado das intervenções e o longo período de retorno do investimento (SCHULZE et al., 2008) são alguns dos fatores que limitam a adoção dos tratamentos silviculturais pelas empresas madeireiras da região. Por outro lado, Pires (2014) relata que os custos financeiros adicionais com a aplicação de tratamentos silviculturais não são um impedimento para a adoção dessa prática silvicultural em florestas manejadas, pois os resultados de seu estudo indicaram que é viável economicamente adotar a exploração florestal com técnicas de impacto reduzido, mais a aplicação adicional de tratamentos silviculturais pós-colheita. A viabilidade econômica da aplicação de tratamentos silviculturais após a colheita também foi observada por Ferreira (2012).

Os principais tratamentos silviculturais que vêm sendo aplicados nas florestas tropicais são: desbaste de liberação de copas para maior captação de luz, corte de cipós, plantio de enriquecimento em clareiras e a condução da regeneração natural (GOMES et al., 2010). A anelagem é uma das técnicas silviculturais empregadas para liberar a copa das árvores e permitir que haja maior incidência de luz solar na floresta. Essa técnica é mais vantajosa do que o corte direto (SILVA et al., 2016), pois as árvores morrem de forma lenta (AMARAL et al., 1998), o que diminui consideravelmente os danos à floresta remanescente, entretanto é pouco eficiente na eliminação de indivíduos de algumas espécies, principalmente aquelas que possuem reentrâncias no fuste (COSTA et al., 2001). Nesses casos, para aumentar a eficiência do anelamento pode-se aplicar arboricida no anel (OLIVEIRA et al., 2006).

Um dos principais objetivos da aplicação dos tratamentos silviculturais é aumentar as taxas de crescimento das árvores na floresta (VAN GARDINGEN et al., 2006) e ou das espécies de interesse comercial. Quando aplicados esses tratamentos podem garantir em médio e longo prazo, a regeneração de espécies de interesse comercial, melhorar a composição florística da área a ser explorada e favorecer o incremento de indivíduos jovens para o ciclo futuro (SILVA et al., 2016). Assim, a aplicação de tratamentos silviculturais se torna uma das alternativas promissoras para garantir a sustentabilidade da produção de madeira em florestas tropicais (DAUBER et al., 2005; WADSWORTH; ZWEEDE, 2006;

BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; ROZENDAAL et al., 2010; PUTZ et al., 2012). Além disso, os tratamentos podem ser uma ferramenta útil para a conservação de espécies raras ou ameaçadas de extinção na Amazônia e também em outras florestas tropicais (SCHWARTZ; LOPES, 2015).

Os efeitos da exploração florestal e dos tratamentos silviculturais na dinâmica de crescimento e produção de madeira foram avaliados em florestas tropicais no Brasil (VIDAL et al., 2002; AZEVEDO et al., 2008; VATRAZ et al., 2012; TAFFAREL et al., 2014; SOUZA et al., 2015; VATRAZ et al., 2016), Suriname (DE GRAAF et al., 1999), Bolívia (PENÃ-CLAROS et al., 2008; VILLEGAS et al., 2009), Indonésia (KRISNAWATI; WAHJONO, 2010; KUSWANDI, 2014), Malásia (KAMMESHEIDT et al., 2003) e na Costa Rica (FINEGAN; CAMACHO, 1999; FINEGAN et al., 1999). Alguns desses estudos mostraram que o efeito da exploração e da aplicação de tratamentos silviculturais sobre o crescimento diamétrico é positivo mas não dura muito tempo (DE GRAFF et al., 1999; VILLEGAS et al., 2009; SOUZA et al., 2015).

Em uma área de floresta manejada, na Floresta Nacional do Tapajós, Silva et al. (1995) observaram que o efeito positivo da exploração florestal sobre o crescimento diamétrico das árvores persistiu cerca de três anos. A mesma tendência foi observada em outro experimento realizado também na Floresta Nacional do Tapajós, onde o incremento em diâmetro começou a reduzir cinco anos após a exploração, e depois desse período a taxa de incremento em diâmetro se aproximou da encontrada para uma área de floresta sem intervenção (OLIVEIRA, 2005). Resultados similares foram encontrados em florestas exploradas e tratadas, estudadas por Vatrax et al. (2016) e Souza et al. (2015) na região de Paragominas na Amazônia oriental e por Kammesheidt et al. (2003) em floresta de dipterocarpaceas na Malásia.

Em uma floresta natural do Suriname, De Graaf et al. (1999) verificaram que os efeitos benéficos dos tratamentos silviculturais no incremento diamétrico duraram cerca de seis anos. O efeito benéfico dos tratamentos silviculturais pôde ser observado em outros estudos como, por exemplo, em uma floresta tropical semi-decídua na Bolívia, onde as melhores condições de crescimento foram observadas até quatro anos após a aplicação dos tratamentos silviculturais (PENÃ-CLAROS et al., 2008). E em uma Floresta tropical na Indonésia, onde foi observado um aumento de 96% no crescimento das árvores aos quatro anos após a aplicação dos tratamentos silviculturais (KRISNAWATI; WAHJONO, 2010).

Desde a década de 1970, pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando contribuir para a definição de um sistema silvicultural adequado às florestas naturais da Amazônia. Em 1975

foi estabelecido pelo PRODEPEF (Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal – IBDF/FAO) o primeiro experimento na Floresta Nacional do Tapajós, à altura do Km 67 da BR 163 (CARVALHO, 1987). Em 1979 essa área foi explorada (COSTA FILHO et al., 1980) e em 1981 foram estabelecidas, pela Embrapa Amazônia Oriental, 36 parcelas permanentes para inventário contínuo (SILVA et al., 1995). Também em 1981 foi estabelecida outra área de pesquisa pela Embrapa à altura do Km 114 da BR 163, na Flona do Tapajós, onde foram instaladas mais 48 parcelas permanentes (CARVALHO et al., 2004). Desde então, outros experimentos foram estabelecidos pela Embrapa como, por exemplo, no município de Vitória do Jari no Amapá (AZEVEDO et al., 2008), no município de Moju, Pará (REIS et al., 2015), no município de Paragominas, Pará (FRANCEZ et al., 2009) e no Assentamento Pedro Peixoto no estado do Acre (OLIVEIRA; BRAZ, 2006). Outros experimentos foram desenvolvidos pelo INPA, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical, no Amazonas (HIGUCHI et al., 1985; SILVA et al., 2016).

Com base nos resultados de seus experimentos, a Embrapa Amazônia Oriental propôs em 1989, um conjunto de diretrizes para um sistema de manejo de florestas naturais (SILVA, 1989), que foi denominado de Sistema Silvicultural Brasileiro para Florestas de Terra Firme na Amazônia - SSB (YARED et al., 2000). Nesse sistema policíclico foi sugerida uma intensidade de corte de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e um ciclo de corte de 30 anos. Segundo Silva (1997), com a aplicação desse sistema, poder-se-ia esperar um incremento diamétrico médio de 0,7 a 1,0 cm ano^{-1} e uma produtividade volumétrica em torno de $2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

As recomendações técnicas resultantes das pesquisas foram incluídas na Legislação Florestal pelo Decreto nº 1.282 de 19 de outubro de 1994 e pela Portaria do IBAMA de nº 48 de 10 de julho de 1995, que regulamenta a exploração florestal na Bacia Amazônica (SILVA, 1997). Essa Portaria 48/95 foi atualizada com base nos resultados de novas pesquisas, por meio da Instrução Normativa nº 5 de 2006 do MMA (BRASIL, 2006), que estabelece uma intensidade de colheita de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ com um ciclo de corte que varia de 25 a 35 anos para as florestas naturais de terra firme na Amazônia. Com base em novas pesquisas, as normas contidas nesta instrução poderão ser confirmadas e ou alteradas. Alguns estudos de simulação indicaram que os ciclos de cortes inferiores a 60 anos não são suficientes para as populações das espécies colhidas recuperarem sua estrutura original (SIST et al., 2003; SCHULZE et al., 2008), sendo necessário um período centenário para que o estoque volumétrico seja recuperado (VAN GARDINGEN et al., 2006).

Resultado de uma simulação feita por Van Gardingen et al. (2006), para a região do Tapajós mostrou que o rendimento de madeira não foi sustentável ao se aplicar uma

intensidade máxima de corte de $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e um ciclo de corte de 30 anos. Outros estudos demonstraram a insustentabilidade da produção de madeira após a primeira colheita nos ciclos de corte estabelecidos (DAUBER et al., 2005; VALLE et al., 2007; HAWTHORNE et al., 2012; YAMADA et al., 2013). Por outro lado, o resultado de uma simulação feita por Alder e Silva (2001), para uma área na Floresta Nacional do Tapajós, mostrou que o corte limitado de $27\text{-}28 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ pode ser sustentável por um período de 200 anos se espécies potenciais (aquelas com características para entrar no mercado de madeira) forem incluídas na seleção para colheita.

Na Floresta Nacional do Tapajós, Reis et al. (2010) observaram que a floresta em estudo, onde foi aplicada uma intensidade de corte de $72,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, recuperou o volume total aos 28 anos após a exploração, porém essa recuperação não foi observada para as espécies que foram colhidas, assim os autores concluem que o ciclo de corte de 30 a 35 anos é viável na área desde que seja planejado para outras espécies. Outros autores também ressaltam que se deve diversificar a seleção de espécies a serem colhidas para se garantir uma produção sustentável de madeira em longo prazo (VAN GARDINGEN et al., 2006; KELLER et al., 2007; ALDER et al., 2012; AVILA et al., 2017).

O período de 25 a 35 anos que consta na legislação para ciclos de corte foi determinado com base em prognoses de crescimento e produção feitas a partir de dados obtidos em parcelas permanentes em períodos curtos como, por exemplo, em oito anos (CARVALHO et al., 2004), em treze anos (SILVA et al., 1995) e em 20 anos (AZEVEDO et al., 2008). Diante disso, para determinar ciclos de corte ideais e intensidades de colheita de madeira mais apropriadas para as florestas naturais, ainda são necessárias pesquisas que utilizem uma base de dados das áreas onde o período de monitoramento corresponda a um ciclo de corte (25 a 35 anos) ou mais, como é o caso das áreas experimentais do Km 67 e do Km 114 na Floresta Nacional do Tapajós, no município de Belterra no Pará. A presente pesquisa foi concebida, então, com o intuito de contribuir para o aprimoramento do Sistema Silvicultural Brasileiro – SSB, atualmente vigente em lei, a partir da análise do crescimento e produtividade de uma floresta explorada com técnicas de exploração de impacto reduzido e manejada há mais de 30 anos.

A tese está dividida em três capítulos: no primeiro é feita uma contextualização geral e caracterização da área de estudo; o segundo trata sobre o efeito da colheita de madeira e dos tratamentos silviculturais sobre o crescimento diamétrico de uma floresta densa de terra-firme; e o terceiro aborda sobre o potencial produtivo de uma área manejada na Floresta Nacional do Tapajós com base no censo realizado aos 32 anos após a exploração florestal.

Além dos três capítulos, foi elaborado a partir dos dados da pesquisa um artigo sobre a eficiência amostral para inventários de florestas naturais manejadas na Amazônia, que se encontra no Apêndice 1 da Tese. A pesquisa buscou responder as questões: (1) O crescimento diamétrico de uma floresta tropical densa é favorecido pela exploração florestal e por tratamentos silviculturais? (2) a floresta submetida a uma intensidade de corte de $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, considerando todas as espécies e o grupo das espécies colhidas, consegue recuperar seu estoque volumétrico original em um período de 32 anos após a exploração florestal? (3) A floresta tem estoque de madeira comercial disponível para um segundo corte?

1.1. HIPÓTESES

1. A exploração florestal e os tratamentos silviculturais aumentam o incremento diamétrico das espécies arbóreas, porém em um curto período de tempo.
2. A floresta, considerando todas as espécies arbóreas e o grupo das espécies exploradas não recupera seu estoque volumétrico original em um ciclo de 32 anos, mas tem estoque de madeira comercial disponível para uma segunda exploração.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento diamétrico e o potencial produtivo de uma floresta de terra firme manejada há mais de 30 anos na Amazônia oriental.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar o efeito da exploração florestal e dos tratamentos silviculturais no incremento diamétrico de uma floresta que foi explorada há mais de 30 anos, na Floresta Nacional do Tapajós.
2. Avaliar aos 32 anos após a exploração florestal a capacidade de recuperação do estoque (abundância, área basal e volume) de toda a comunidade arbórea e das populações de espécies que tiveram a madeira colhida, e determinar o estoque volumétrico comercial disponível para o segundo corte.

1.3. METODOLOGIA

1.3.1. Descrição da área de estudo

A área experimental (180 hectares) situa-se na Floresta Nacional do Tapajós, município de Belterra, Pará, à altura do km 114 da BR 163, Rodovia Santarém-Cuiabá, entre as coordenadas geográficas 03°18'31,84364" – 03° 19' 21,48821" de latitude sul e 54° 56' 27,96367" – 54° 56' 15,13091" de longitude a oeste (Figura 1.1).

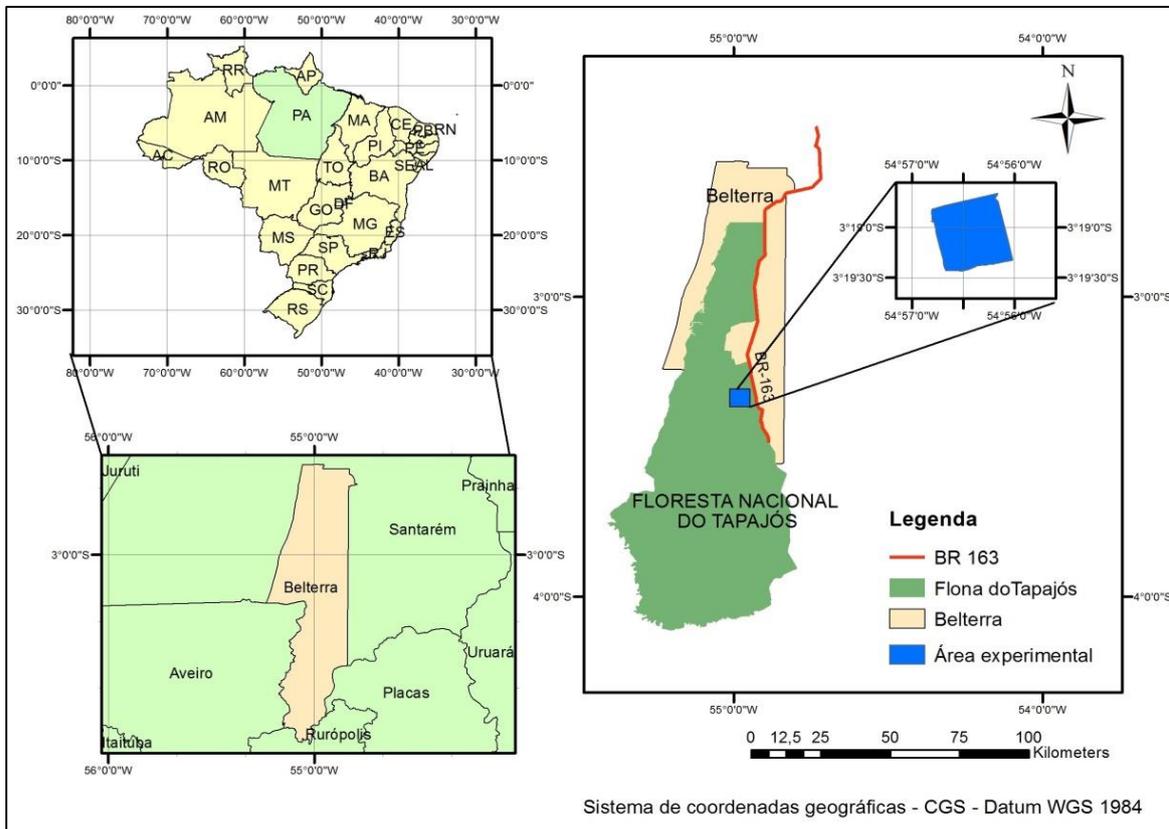


Figura 1.1- Localização da área de estudo

De acordo com a classificação de Köppen (1923), o clima da região é do tipo “Am”. Conforme os dados coletados nos últimos cinco anos (2012 a 2017) na estação meteorológica de Belterra, a temperatura média anual é de 27°C, umidade relativa do ar de 87% e precipitação anual acumulada de 1758 mm (INMET, 2017).

Os solos que predominam na região são do tipo Latossolo Amarelo Distrófico e Argissolo Amarelo Distrófico (OLIVEIRA JÚNIOR; CORRÊA, 2001). A vegetação da área é classificada como Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012).

1.3.2. Histórico da área de estudo

Em 1981 a Embrapa Amazônia Oriental instalou a sua segunda área de pesquisa em manejo florestal na Floresta Nacional do Tapajós (km 114 da BR 163) (CARVALHO, 1987). O experimento foi instalado em uma área de 144 ha, onde foram realizadas as atividades de:

inventário pré-exploratório a 100% de intensidade (censo florestal) das árvores com DAP (diâmetro a 1,30 m do solo) $\geq 45,0$ cm; o corte de cipós em toda a área; inventário amostral em 48 parcelas circulares temporárias de 1.000 m², para determinação da área basal, considerando todas as árvores com DAP $\geq 5,0$ cm (SILVA et al., 1985), instalação e a primeira medição (antes da exploração) de 48 parcelas permanentes (50 m x 50 m) (CARVALHO et al., 1984).

Em 1982, nos 144 ha, foi realizada a exploração florestal planejada de 38 espécies madeireiras, que foram selecionadas com base em sua abundância e volume e por serem comercializadas no mercado regional de Santarém (CARVALHO et al., 2004). Na área explorada do experimento (144 ha), foram extraídas em média 12 árvores ha⁻¹ e um volume médio de 90 m³ ha⁻¹ (CARVALHO, 1987).

Após a exploração (1983), ocorreu a segunda medição das 48 parcelas permanentes. Nesse ano também foram estabelecidas e inventariadas 12 parcelas permanentes em 36 ha de floresta não explorada. Em 1987 e 1989 foram realizadas a terceira e quarta medição, respectivamente, das parcelas na floresta explorada e a segunda e terceira na floresta não explorada.

Os tratamentos silviculturais foram iniciados em 1993 e concluídos em 1994, doze anos após a exploração florestal. Os tratamentos foram planejados para serem aplicados logo após a exploração florestal, mas devido à espera da autorização do Ministério da Agricultura (Orgão responsável na época), esses tratamentos só puderam ser aplicados na área 12 anos após a atividade de exploração. O objetivo dos tratamentos silviculturais foi eliminar árvores preferencialmente de espécies consideradas não comerciais, tanto do ponto de vista madeireiro como não madeireiro (COSTA et al., 2001). A finalidade foi reduzir a área basal do povoamento e, com isso, reduzir a competição entre árvores por luz, espaço e nutrientes, proporcionando o aumento da sobrevivência, crescimento e estabelecimento da regeneração natural das espécies de valor comercial (OLIVEIRA et al., 2005). O método utilizado foi o desbaste sistemático, para eliminar árvores de espécies não comerciais a partir de um diâmetro mínimo de 15 cm (Refinamento), até atingir a redução de área basal planejada. A técnica utilizada foi a anelagem em entalhes com a aplicação adicional de arboricida. Essa técnica consiste em um anel feito com golpes contínuos de machadinha em torno do fuste da árvore, sem a retirada da casca. O arboricida utilizado foi o Tordon 2,4 D, diluído em óleo diesel, a uma concentração de 5% (COSTA et al., 2001).

Outras medições foram realizadas nas parcelas permanentes após a aplicação dos tratamentos silviculturais: 1995, 2003, 2008 e 2012, perfazendo 31 anos de monitoramento na área explorada e 29 anos na área não explorada. Em 1997 a área experimental foi atingida por um incêndio acidental, que afetou 19 parcelas permanentes, 13 da área explorada e seis da área não explorada. Em 2014 foi realizado o segundo inventário a 100% de intensidade nos 144 ha da área explorada e o primeiro na área não explorada (36 ha).

REFERÊNCIAS

- ALDER, D.; SILVA, J.N.M. Sustentabilidade da produção volumétrica: um estudo de caso na Floresta Nacional do Tapajós com o auxílio do modelo de crescimento CAFOGROM. In: Silva, J.N.M., de Carvalho, J.O.P., Yared, J.A.G. (Eds.), **A Silvicultura na Amazônia oriental: contribuições do Projeto Embrapa/ DFID**. Embrapa Amazônia Oriental: DFID, Belém, p. 325–338, 2001.
- ALDER, D.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J.C.; RUSCHEL, A.R. The cohort-empirical modelling strategy and its application to forest management for Tapajós Forest, Pará, Brazilian Amazon. **Bois et forêts des tropiques**, n. 314 (4), 2012.
- AMARAL, P.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; VIDAL, E. **Floresta para sempre: um manual para a produção de madeira na Amazônia**. Belém: Imazon, 1998.130 p.
- AVILA, A.L.; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A.R.; LOPES, J.C.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; DORMANN, C.F.; MAZZEI, L.; SOARES, M.H.M.; BAUHUS, J. Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30 years following logging and thinning in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 385, p.225-235, 2017.
- AZEVEDO, C.P.; SANQUETTA, C.R.; SILVA, J.N.M.; MACHADO, S.A. Efeito de diferentes níveis de exploração e de tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da floresta remanescente. **Floresta**, v.38, n.2, p.277-293, 2008.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 5, de 11 de dezembro de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, nº 238,13 de dezembro de 2006. Seção 1. p.155-159.
- BRIENEN, R.J.W.; ZUIDEMA, P.A. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. **Forest Ecology and Management**, v. 226, p. 256–267, 2006.
- CARVALHO, J.O.P. **Subsídios para o manejo de florestas naturais na Amazônia brasileira: resultados de pesquisa da EMBRAPA/IBDF-PNPF**. Belém, Embrapa-CPATU, 1987. 35p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 43).
- CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M.; LOPES, J.C.A. Growth rate of a terra firme rain Forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**,

v.34, n.2, p.209-217, 2004.

CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M.; LOPES, J.C.A.; COSTA, H.B. **Manejo de florestas naturais no trópico úmido com referência especial à Floresta Nacional do Tapajós no Estado do Pará**. Belém, Embrapa-CPATU, 1984.14p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 26).

COSTA FILHO, P.P.; COSTA, H.B.; AGUIAR, O.R. **Exploração mecanizada na floresta tropical úmida sem babaçu**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1980. 38p. (Embrapa-CPATU. Circular técnico, 9).

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

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

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

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do pólo Tapajós**. Rio de Janeiro, Embrapa, 1983. 284p. (Embrapa. SNLCS. Boletim de pesquisa, 20).

FAO: **Global Forest Resources Assesment**. Rome. Italy. 2010. 340p.

FERREIRA, M.V.S. **Avaliação econômica do manejo florestal em floresta de terra firme na Amazônia brasileira com aplicação de silvicultura pós colheita**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2012.

FINEGAN, B.; CAMACHO, M. Stand dynamics in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest, 1988-1996. **Forest Ecology and Management**, v.121, p.177-189, 1999.

FINEGAN, B.; CAMACHO, M.; ZAMORA, N. Diameter increment patterns among 106 tree species in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest. **Forest Ecology and Management**, v.121, p.159-176, 1999.

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, n.4, p.851-864, 2009.

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

HAWTHORNE, W.D., SHEIL, D., AGYEMAN, V.K., ABU JUAM, M., MARSHALL, C.A.M., 2012. Logging scars in Ghanaian high forest: towards improved models for sustainable production. **Forest Ecology and Management**, v. 271, p. 27–36.

HIGUCHI, N. Utilização e manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas. **Acta Amazonica**, v.24, n.3/4, p. 275-288, 1994.

HIGUCHI, N.; JARDIM, F.C.S.; SANTOS, J.; BARBOSA, A.P.; WOOD, T.W.W. Bacia 3- Inventário florestal comercial. **Acta Amazonica**, v.15, n.3-4, p. 327-369, 1985.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: DEDIT/CDDI. 92p. 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da extração vegetal e da Silvicultura**, volume 38, 2013. 66p.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) Disponível em < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep>> Acesso em 15 Out. 2017.

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

KELLER, M.; ASNER, G.P.; BLATE, G.; MCGLOCKLIN, J.; MERRY, F., PEÑA-CLAROS, M.; ZWEEDE, J. Timber production in selectively logged tropical forests in South America. **Front. Ecol. Environ.** v. 5, n. 4, p. 213–216, 2007.

KRISNAWATI, H.; WAHJONO, D. Effect of post-logging silvicultural treatment on growth rates of residual stand in a tropical forest. **Journal of Forestry Research**, v. 7, n. 2, p. 112-124, 2010.

KUSWANDI, R. The effect of silvicultural treatment on stand growth of logged-over forest in South Papua. **Indonesian Journal of Forestry Research**, v.1, n.2, p. 117-126, 2014.

LUSSETTI, D.; AXELSSON, E.P.; ILSTEDT, U.; FALCK, J.; KARLSSON, A. Supervised logging and climber cutting improves stand development: 18 years of post-logging data in a tropical rain forest in Borneo. **Forest Ecology and Management**, v.381, p.335-346, 2016.

OIMT. **Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas. Organización Internacional de las Maderas Tropicales 2012**. Yokohama, Japón. OIMT. 2013. 205 p.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; CORREA, J. R. V. **Caracterização dos solos do município de Belterra, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p. 1-39. (Documentos, 88).

OLIVEIRA, L. C. **Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136 ha na floresta nacional do Tapajós**. 2005. 183 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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

OLIVEIRA, L.C.; COUTO, H.T.Z.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. Exploração florestal e eficiência dos tratamentos Silviculturais realizados em uma área de 136 ha Na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra - Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, n.46, p.195-213, jul./dez. 2006.

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

PEÑA-CLAROS, M.; FREDERICKSEN, T. S.; ALARCON, A.; BLATE, G. M.; CHOQUE, U.; LEAÑO, C.; LICONA, J. C.; MOSTACEDO, B.; PARIONA, W.; VILLEGAS, Z.; PUTZ, F. E. Beyond reduced-impact logging: silvicultural treatments to increase growth rates of tropical trees. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 8, p. 1458-1467, 2008.

PIRES, I.P. **Crescimento, mortalidade e viabilidade técnica e financeira do Desbaste de Liberação de Copas em uma floresta ombrófila úmida, no leste do Pará**. 2014. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2014.

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

REIS, L. P.; REIS, P.C.M.; RUSCHEL, A.R.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; SOUZA, A.L.; SOARES, M.H.M.; MIYAHARA, R.K.N. Forest dynamics in the eastern Amazon with special reference to sapotaceae species. **Floresta**, v.45, n.3, p.567-576, 2015.

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

SABOGAL, C.; LENTINI, M.; POKORNY, B.; SILVA, J.N.M.; ZWEEDE, J.; VERÍSSIMO, A.; BOSCOLO, M. **Manejo florestal empresarial na Amazônia brasileira: Restrições e oportunidades**. Belém: Cifor, 2006. 72p.

SCHULZE, M. et al. Evaluating ipê (*Tabebuia*, Bignoniaceae) logging in Amazonia: sustainable management or catalyst for forest degradation?. **Biological Conservation**, v. 141, p. 2071-2085, 2008.

SCHULZE, M.; GROGAN, J.; VIDAL, E. O manejo florestal como estratégia de conservação e desenvolvimento socioeconômico na Amazônia: quanto separa os sistemas de exploração madeireira atuais do conceito de manejo florestal sustentável? In: Nurit Bensusan, N.; Gordon Armstrong. **O manejo da paisagem e a paisagem do manejo**. Brasília: Instituto

Internacional de Educação do Brasil, 2008. 300p.

SCHWARTZ, G., LOPES, J. do C.A. Logging in the Brazilian Amazon forest: the challenges of reaching sustainable future cutting cycles. In: Daniels, J.A. (Ed.), **Advances in Environmental Research**. Nova Publishers, New York, p. 113–137, 2015.

SCHWARTZ, G., BAIS, A.L.S., PEÑA-CLAROS, M., HOOGSTRA-KLEIN, M., MOHREN, G.M.J., ARTS, B. J.M. Profitability of silvicultural treatments in logging gaps in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 28, n.1, p. 68–78, 2016.

SILVA, C.S.; SILVA, F.; MATILLA, V.; CARNEIRO, V.M.C.; LIMA, A.J.N.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Avaliação da estrutura de uma floresta submetida a diferentes intensidades de anelamento, 28 anos após a intervenção. **Scientia Forestalis**, v.44, n.112, p. 987-999, 2016.

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. 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. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 302p. Tese Doutorado, University of Oxford, Oxford, 1989.

SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J.C.A. Inventário florestal de uma área experimental na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v.10/11, p.38-110, 1985.

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

SIST, P.; SHEIL D.; KARTAWINATA K.; PRIYADI, H. Reduced impact logging in Indonesian Borneo: some results confirming the need for new silvicultural prescriptions. **Forest Ecology and Management**, v. 179, p. 415-427, 2003.

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**, v. 25, n. 4, p. 873-883, 2015.

TAFFAREL, M.; CARVALHO, J.O.P.; MELO, L.O.; SILVA, M.G.; GOMES, J.M.; FERREIRA, J.E.R. Efeito da silvicultura pós-colheita na população de *Lecythis lurida* (Miers) Mori em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, v.24, n.4, p.889-898, 2014.

VALLE, D.; PHILLIPS, P.; VIDAL, E.; SCHULZE, M.; GROGAN, J.; SALES, M.; VAN GARDIGEN, P. Adaptation of a spatially explicit individual tree-based growth and yield

model and long-term comparison between reduced-impact and conventional logging in eastern Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 243, p. 187-198, 2007.

VAN GARDINGEN, P.R.; VALLE, D.; THOMPSON, IAN. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajós National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, n.231, p. 184-195, 2006.

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

VATRAZ, S.; CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M.; CASTRO, T.C. Efeito da exploração de impacto reduzido na dinâmica do crescimento de uma floresta natural. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 261-271, mar. 2016.

VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. Produção na Amazônia Florestal: características, desafios e oportunidades. **Parcerias Estratégicas**, v. 19, n. 38, p. 13-44, 2014.

VIDAL, E.; VIANA, V.M.; BATISTA, J.L. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental. **Scientia Forestalis**, n. 61, p. 133-143, jun. 2002.

VILLEGAS, Z.; PEÑA-CLAROS, M.; MOSTACEDO, B.; ALARCÓN, A.; LICONA, J.C.; LEAÑO, C.; PARIONA, W.; CHOQUE, U. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p.971-977, 2009.

WADSWORTH, F. H.; ZWEEDE, J. C. Liberation: acceptable production of tropical forest timber. **Forest Ecology and Management**, v. 233, n. 1, p. 45- 51, 2006.

YAMADA, T.; HOSAKA, T.; OKUDA, T.; KASSIM, A.R. Effects of 50 years of selective logging on demography of trees in a Malaysian lowland forest. **Forest and Ecology and Management**, v. 310, p. 531-538, 2013.

YARED, J. A. G.; CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, J. N. M.; KANASSHIRO, M.; MARQUES, L. C. T. **Contribuições do projeto Silvicultura Tropical** - Cooperação Internacional Brasil/ Reino Unido. Belém: Embrapa Amazônia Oriental / DFID, 2000. 28p. (Embrapa Amazônia Oriental Documentos, 52).

2. EFEITO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL E DOS TRATAMENTOS SILVICULTURAIS SOBRE O CRESCIMENTO DE ÁRVORES EM UMA FLORESTA MANEJADA NO PERÍODO DE 30 ANOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO

Uma prática importante que tem sido utilizada para aumentar o crescimento em diâmetro das árvores na floresta, principalmente de espécies de interesse comercial é a aplicação de tratamentos silviculturais após a colheita de madeira. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da exploração florestal e da aplicação de tratamentos silviculturais sobre o crescimento diamétrico de uma floresta manejada durante 33 anos. Em 144 ha foram estabelecidas 48 parcelas permanentes de 50 m x 50 m (amostra de 12 ha), onde foram testados quatro tratamentos com diferentes intensidades de redução de área basal. Cada tratamento foi constituído por 12 parcelas permanentes. Os tratamentos consistiram em: T1: redução da área basal em 19,1% considerando a colheita de árvores com DAP \geq 45 cm de 38 espécies comerciais, sem intervenção posterior; T2: redução da área basal original em 20,8% considerando a colheita de árvores com DAP \geq 55 cm + a anelagem de árvores de espécies não comerciais; T3: redução da área basal original em 27,6% considerando a colheita de árvores com DAP \geq 55 cm + anelagem; e T4: redução da área basal original em 53,2% considerando a colheita de árvores com DAP \geq 55 cm + anelagem. Em 36 ha de floresta não explorada foram estabelecidas 12 parcelas permanentes de 0,25 ha cada (T0). As parcelas foram medidas em oito ocasiões, quando inventariou-se todas as árvores com DAP \geq 5 cm. O incremento periódico anual em diâmetro (IPAD) foi calculado para cinco períodos de avaliação, considerando todas as espécies, assim como para o grupo das espécies que tiveram a madeira colhida na área (36 espécies) e grupo das espécies comerciais que têm a madeira beneficiada atualmente pelas serrarias de Santarém (42 espécies). A exploração florestal e os tratamentos silviculturais de alta intensidade estimularam o incremento diamétrico das árvores, nos anos logo após a essas intervenções, porém esse incremento reduziu com o passar do tempo. A presente pesquisa confirma que a exploração florestal planejada e os tratamentos silviculturais são atividades que favorecem o crescimento diamétrico das árvores em florestas tropicais.

Palavras-chave: Colheita de madeira; Incremento diamétrico de árvores; Anelamento de árvores.

ABSTRACT

The application of silvicultural treatments after timber harvesting is an important practice that has been used to increase tree diameter growth in the forest, mainly of those commercial species. In the present study we evaluated the effects of logging and silvicultural treatments on the diameter growth of a forest managed during 33 years. Forty-eight 50 m x 50 m permanent sample plots (12 ha sample area) were established in 144 ha, where four treatments with different intensities of basal area reduction were tested. Each treatment comprised 12 permanent plots. The treatments consisted of: T1-basal area reduction of 19,1% due to the harvest of trees with $DBH \geq 45$ cm from 38 commercial species; T2 - basal area reduction of 20,8% including harvest of trees with $DBH \geq 55$ cm plus application of arboricide in trees from non commercial species; T3- basal area reduction of 27,6% including harvest of trees with $DBH \geq 55$ cm plus application of arboricide in trees from non commercial species; and T4 - basal area reduction of 53,2% including harvest of trees with $DBH \geq 55$ cm plus application of arboricide in trees from non commercial species. Twelve 0.25 ha permanent plots were established in a 36 ha forest area (T0). The plots were assessed in eight occasions, when all trees with $DBH \geq 5$ cm were measured. The periodic annual increment was calculated in five periods considering all species together as well as the group of those harvested species and the group of species that have their timber processed in the sawmills in Santarem (42 species). Logging and high intensities silvicultural treatments encouraged the tree diameter increment in the years immediately after interventions, but that increment was reduced gradually over the course of time. The findings of this study confirm the theory that planned logging and silvicultural treatments are activities that increase the tree diameter growth in tropical forests.

Keywords: Timber harvest, Tree diameter increment, Tree girdling.

2.1. INTRODUÇÃO

O manejo florestal sustentável inclui um conjunto de práticas que visam à produção contínua da floresta, utilizando técnicas que reduzem o impacto ao ecossistema, a partir de um planejamento eficiente das atividades. Apesar de ser um grande avanço para a silvicultura tropical, as práticas do manejo ainda precisam ser aprimoradas e introduzidas no sistema silvicultural atualmente em uso na Amazônia.

A colheita de madeira em florestas manejadas na Amazônia brasileira segue um sistema silvicultural policíclico (SCHWARTZ et al., 2016). Esse sistema somente será eficiente na manutenção da produtividade, se a colheita de madeira das espécies for feita de modo responsável e houver um compromisso efetivo com a sustentabilidade dos recursos (JARDIM; SOARES, 2010). No entanto, ainda é um grande desafio aos manejadores manter a sustentabilidade de produção das florestas densas da Amazônia.

A taxa de crescimento das espécies é um dos fatores determinantes na recuperação do estoque volumétrico após a exploração florestal. Por isso, uma informação confiável do crescimento para diferentes regimes de manejo e opções silviculturais é um pré-requisito para o manejo sustentável das florestas naturais (SILVA et al., 1995).

Após a primeira colheita o incremento diamétrico das espécies comerciais é baixo nas florestas tropicais (DE GRAAFF et al., 1999). Uma alternativa para aumentar a taxa de crescimento das árvores após a exploração florestal, principalmente das espécies reservadas para a futura colheita é aplicar tratamentos silviculturais (ROZENDAAL et al., 2010). Alguns estudos demonstraram que as condições de crescimento das árvores reservadas para a futura colheita foram melhoradas quando, além da exploração de impacto reduzido, foram aplicados tratamentos silviculturais adicionais (KAMMESHEIDT et al., 2003; PENÃ-CLAROS et al., 2008; VILLEGAS et al., 2009; KRISNAWATI; WAHJONO, 2010; LUSSETI et al., 2016). Quando aplicados, esses tratamentos podem aumentar a probabilidade de recuperação do estoque volumétrico (VILLEGAS et al., 2009; PUTZ et al., 2012) e reduzir o tempo do ciclo de corte (KRISNAWATI; WAHJONO, 2010).

O efeito da exploração florestal de impacto reduzido e dos tratamentos silviculturais sobre o crescimento de árvores mostrou ser positivo nas florestas tropicais, porém reduz com o passar do tempo (SILVA et al., 1995; DE GRAAF et al., 1999; KAMMESHEIDT et al. 2003; PENÃ-CLAROS et al., 2008; SOUZA et al., 2015). Esse efeito também pode variar em função da intensidade da área basal extraída (CANNON et al., 1994). As taxas de crescimento em diâmetro das árvores reservadas para a próxima colheita são mais estimuladas por tratamentos silviculturais intensivos (PENÃ-CLAROS et al., 2008), enquanto que em termos

Em 36 ha de floresta não explorada foram estabelecidas 12 parcelas permanentes de 0,25 ha cada (T0), para comparar com os tratamentos estabelecidos na floresta explorada. Portanto, no total, o experimento é constituído por 60 parcelas permanentes, 48 parcelas na área explorada e 12 na área não explorada, totalizando uma área amostral de 15 ha.

Para facilitar o monitoramento da floresta, cada parcela de 50 m x 50 m foi dividida em 25 subparcelas de 10 m x 10 m, onde foram inventariadas todas as árvores com DAP \geq 5 cm.

As árvores foram devidamente marcadas com tinta à altura do DAP e identificadas com uma plaqueta de alumínio contendo 6 dígitos, sendo os dois primeiros dígitos correspondentes à parcela, os dois seguintes à subparcela e os últimos ao número da árvore, conforme a metodologia descrita em Silva et al. (2005).

A identificação das espécies em campo foi feita por parabológicos da Embrapa Amazônia Oriental. Foi coletado material botânico somente das espécies não identificadas em campo. Esse material foi levado ao Herbário IAN da Embrapa Amazônia Oriental para identificação e depositado no acervo do Herbário quando o material era fértil. As parcelas permanentes foram avaliadas em oito ocasiões: 1981, 1983, 1987, 1989, 1995, 2003, 2008 e 2012, exceto na área não explorada, que não foi medida em 1981. No ano de 2003 as 19 parcelas que foram atingidas pelo fogo não foram inventariadas.

2.2.3. Tratamentos aplicados na área

Na área experimental foram aplicados os seguintes tratamentos (CARVALHO, 1992).

- **T1:** Redução da área basal original em 24,7% considerando a colheita de árvores com DAP \geq 45 cm de 38 espécies comerciais, sem intervenção posterior.
- **T2:** Redução da área basal original em 20% considerando a colheita de árvores com DAP \geq 55 cm de 38 espécies comerciais + aplicação do tratamento silvicultural (anelagem com a aplicação de arboricida), em árvores de espécies não comerciais.
- **T3:** Redução da área basal original em 40% considerando a colheita de árvores com DAP \geq 55 cm de 38 espécies comerciais + aplicação do tratamento silvicultural (anelagem com a aplicação de arboricida), em árvores de espécies não comerciais.
- **T4:** Redução da área basal original em 60% considerando a colheita de árvores com DAP \geq 55 cm de 38 espécies comerciais + aplicação do tratamento silvicultural (anelagem com a aplicação de arboricida), em árvores de espécies não comerciais.
- **T0:** Área não explorada.

Embora a área basal tenha sido reduzida, pela exploração e tratamentos silviculturais, na área experimental total (144 ha), de acordo com esse planejamento descrito, ou seja, T1=

24,7% de redução da área basal original (CARVALHO, 2001), T2= 20%, T3=40% e T4=60%, a redução da área basal registrada nas parcelas permanentes (amostra) foi de T1= 19,1% da área basal, T2=20,8%, T3= 27,6% e T4= 53,2% (AVILA et al., 2015). Portanto, considerando que no presente estudo foram utilizados os dados das parcelas permanentes, utilizou-se nos cálculos essas percentagens de redução registradas nas amostras.

2.2.4. Análises dos dados

O incremento periódico anual (IPAD) em diâmetro (cm) foi determinado para árvores com DAP \geq 5 cm, utilizando a fórmula: $IPAD = (DAP_2 - DAP_1) / T$, onde DAP₁ é o diâmetro medido no início do período avaliado e DAP₂ é o diâmetro medido no final do período avaliado, e T é o intervalo de tempo em anos entre o início e o final do período avaliado.

O IPAD foi calculado para toda a comunidade, ou seja, considerando todas as espécies registradas na área, assim como para o grupo das espécies que tiveram a madeira colhida nos 144 ha em 1982 (G1) e para o grupo das espécies comerciais que têm a madeira beneficiada atualmente nas serrarias de Santarém (G2) (Tabela 2.1). O G1, formado pelas 38 espécies colhidas em 1982 de acordo com Carvalho (1992), está representado na Tabela 1 por 36 espécies, pois no presente estudo as três espécies do gênero *Qualea* (*Q. albiflora*, *Q. lancifolia* e *Q. paraensis*) foram consideradas agrupadas como sendo *Qualea* spp. O G2 é formado por 42 espécies com base em uma pesquisa realizada em 2015, por meio de questionários, em oito empresas madeireiras instaladas no município de Santarém, PA.

Tabela 2.1- Espécies que formam o grupo das espécies que tiveram a madeira colhida em 1982 (G1) e espécies que formam o grupo das espécies comerciais que têm a madeira beneficiada atualmente nas serrarias de Santarém, PA (G2).

| Família | Nome científico | G1 | G2 |
|----------------|--|-----------|-----------|
| Fabaceae | <i>Alexa grandiflora</i> | | X |
| Fabaceae | <i>Aniba canelilla</i> | X | |
| Fabaceae | <i>Apuleia leiocarpa</i> var. <i>molaris</i> | | X |
| Anacardiaceae | <i>Astronium lecointei</i> * | X | X |
| Anacardiaceae | <i>Astronium graveolens</i> | X | |
| Moraceae | <i>Bagassa guianensis</i> * | X | X |
| Lecythidaceae | <i>Bertholletia excelsa</i> | X | |
| Fabaceae | <i>Bowdichia nitida</i> * | X | X |
| Moraceae | <i>Brosimum potabile</i> | | X |
| Combretaceae | <i>Buchenavia</i> sp. | | X |
| Meliaceae | <i>Carapa guianensis</i> * | X | X |

continua

Continuação

| Família | Nome científico | G1 | G2 |
|---------------|---|----|----|
| Caryocaraceae | <i>Caryocar glabrum</i> * | X | X |
| Caryocaraceae | <i>Caryocar villosum</i> * | X | X |
| Meliaceae | <i>Cedrela odorata</i> | | X |
| Moraceae | <i>Clarisia racemosa</i> | | X |
| Fabaceae | <i>Copaifera multijuga</i> | X | |
| Boraginaceae | <i>Cordia bicolor</i> | X | |
| Boraginaceae | <i>Cordia goeldiana</i> | | X |
| Lecythidaceae | <i>Couratari</i> spp. | | X |
| Fabaceae | <i>Dinizia excelsa</i> Ducke* | X | X |
| Fabaceae | <i>Diploptropis purpurea</i> * | X | X |
| Fabaceae | <i>Dipteryx odorata</i> * | X | X |
| Fabaceae | <i>Enterolobium schomburgkii</i> | | X |
| Fabaceae | <i>Stryphnodendron polystachyum</i> | | X |
| Vochysiaceae | <i>Erisma uncinatum</i> * | X | X |
| Proteaceae | <i>Euplassa</i> sp. | | X |
| Goupiaceae | <i>Goupia glabra</i> * | X | X |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus impetiginosus</i> * | X | X |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus serratifolius</i> * | X | X |
| Fabaceae | <i>Hymenaea courbaril</i> * | X | X |
| Fabaceae | <i>Hymenaea parvifolia</i> * | X | X |
| Fabaceae | <i>Hymenolobium excelsum</i> * | X | X |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda copaia</i> | X | |
| Lecythidaceae | <i>Lecythis lurida</i> | X | |
| Sapotaceae | <i>Manilkara elata</i> * | X | X |
| Sapotaceae | <i>Manilkara paraensis</i> | | X |
| Lauraceae | <i>Mezilaurus duckei</i> | | X |
| Sapotaceae | <i>Micropholis melinoniana</i> | | X |
| Lauraceae | <i>Ocotea nigrescens</i> | X | |
| Fabaceae | <i>Ormosia</i> sp. | | X |
| Fabaceae | <i>Parkia multijuga</i> | X | |
| Fabaceae | <i>Parkia pendula</i> | X | |
| Sapotaceae | <i>Pouteria bilocularis</i> | | X |
| Burseraceae | <i>Trattinnickia burseraefolia</i> | | X |
| Fabaceae | <i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> | | X |
| Vochysiaceae | <i>Qualea</i> spp (3) | X | |
| Fabaceae | <i>Roupala</i> sp.* | X | X |
| Araliaceae | <i>Schefflera morototoni</i> | X | |
| Fabaceae | <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> | | X |
| Lauraceae | <i>Sextonia rubra</i> * | X | X |
| Simaroubaceae | <i>Simarouba amara</i> | X | |
| Fabaceae | <i>Swartzia grandifolia</i> .* | X | X |
| Fabaceae | <i>Vatairea guianensis</i> * | X | X |
| Fabaceae | <i>Vatairea paraensis</i> * | X | X |
| Vochysiaceae | <i>Vochysia maxima</i> | | X |
| Fabaceae | <i>Zygia racemosa</i> | X | |
| Total | | 36 | 42 |

* espécies que tiveram a madeira colhida em 1982 e atualmente têm a madeira beneficiada nas serrarias de Santarém.

O IPA_D foi calculado e analisado para seis períodos de avaliação: I (1983-1987); II (1987-1989); III (1989-1995); IV (1995-2008); V (2008-2012); VI (1983-2012).

Os dados foram processados no *Software* Monitoramento de Florestas Tropicais-MFT, desenvolvido pela Embrapa Amazônia Oriental e posteriormente analisados com o auxílio do Microsoft Excel 2010.

Para determinar o efeito dos tratamentos ao longo do tempo sobre o incremento diamétrico (IPA_D), foi realizada uma ANOVA Two-Way de medidas repetidas no tempo. Essa análise é aplicada quando uma ou mais variáveis são medidas na mesma unidade de amostra ao longo do tempo. O tratamento e o tempo foram considerados como sendo os fatores e o incremento periódico anual em diâmetro (IPA_D) foi considerado como a variável dependente. Para analisar a diferença entre os tratamentos para o período total (1983-2012), utilizou-se uma ANOVA One-Way. Quando o resultado da ANOVA foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O IPA_D das árvores variou significativamente nos intervalos de tempo, considerando: todas as espécies ($F = 90,778$; $p < 0,001$), espécies colhidas em 1982 (G1) ($F = 26,109$; $p < 0,001$) e espécies comerciais beneficiadas atualmente nas serrarias de Santarém (G2) ($F = 84,560$; $p < 0,001$). A interação “tempo x tratamento” também foi estatisticamente significativa para todas as combinações: toda a comunidade ($F = 10,668$; $p < 0,001$), G1 ($F = 3,706$; $p < 0,001$) e G2 ($F = 6,625$; $p < 0,001$), mostrando que a exploração florestal e a aplicação dos tratamentos silviculturais influenciaram no incremento diamétrico com o passar do tempo. Considerando que a interação (tempo x tratamento) foi significativa, discutiu-se neste trabalho somente o resultado dessa interação.

O IPA_D de toda a comunidade arbórea para o período total (1983-2012) diferiu significativamente entre os tratamentos ($F = 3,556$; $p = 0,012$). O T4 (53,2% de redução da área basal) teve média geral de $0,21 \text{ cm ano}^{-1}$, estatisticamente superior apenas ao T0 (área não explorada), que teve média de $0,15 \text{ cm ano}^{-1}$. Essa diferença entre os tratamentos, no período total, também foi observada para as espécies do G1 ($F = 2,818$; $p = 0,034$), onde T4 também teve a maior média de IPA_D , diferindo apenas de T0, e para espécies do G2 ($F = 8,918$; $p < 0,001$), onde a área não explorada (T0) teve a menor média de IPA_D ($0,16 \text{ cm ano}^{-1}$) diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (T1, T2, T3 e T4), que não diferiram entre si.

Considerando os cinco períodos de avaliação do IPA_D das árvores de toda a comunidade arbórea, observa-se que nos tratamentos onde teve intervenções (T1, T2, T3 e T4) o IPA_D diferiu estatisticamente apenas nos períodos: 1987-1989 (5-7 anos após a exploração) e 1995-2008 (1-13 anos após a aplicação dos tratamentos silviculturais). Em 1987-1989, o IPA_D foi maior no T1, sendo estatisticamente superior apenas ao T2 (Tabela 2). No período 1995-2008, as árvores do tratamento que teve a maior redução da área basal (T4=53,2%) tiveram o maior incremento em diâmetro (0,34 cm ano⁻¹), estatisticamente superior aos demais tratamentos (Tabela 2). O IPA_D foi menor para as árvores da área não explorada (T0), exceto no período de 1995-2008, quando foi similar ao T1 e T2 e no último período (2008-2012), quando não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos.

Na mesma área experimental, avaliando os mesmos tratamentos deste estudo, para um grupo de 52 espécies comerciais ($15 \leq DAP < 50$ cm), Avila et al. (2017) observaram que o incremento em volume da área não explorada foi significativamente inferior aos demais tratamentos, exceto no T4.

Tabela 2.2. Incremento periódico anual em diâmetro - IPA_D (cm ano⁻¹) para toda a comunidade arbórea, por tratamento e períodos.

| Tratamentos | Períodos | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1983-1987 | 1987-1989 | 1989-1995 | 1995-2008 | 2008-2012 |
| T1 | 0,34bB | 0,35bC | 0,21aB | 0,19aA | 0,18aA |
| T2 | 0,29cB | 0,24bcB | 0,18abB | 0,19abA | 0,15aA |
| T3 | 0,34cB | 0,27bcBC | 0,17aB | 0,27bB | 0,16aA |
| T4 | 0,34cB | 0,28bcBC | 0,19aB | 0,34cC | 0,21abA |
| T0 | 0,17bA | 0,12aA | 0,12abA | 0,17bA | 0,15abA |

T1= redução da área basal em 19,1%; T2= 20,8%; T3= 27,6% e T4= 53,2% e T0= área não explorada. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna indicam que os tratamentos não diferem entre si; e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha indicam que os períodos não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Para as espécies do G1, as diferenças significativas entre os tratamentos (T1, T2, T3 e T4) foram observadas em 1995-2008. As árvores do T4 tiveram incremento diamétrico superior ao incremento observado nos tratamentos T1 e T2. As árvores da área não explorada também tiveram os menores IPA_D , porém não diferiram do T1 em 1989-1995, do T1 e T2 em 1995-2008 e T1, T2 e T3 em 2008-2012 (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Incremento periódico anual em diâmetro (cm ano^{-1}) para o grupo das espécies colhidas (G1), por tratamento e períodos.

| Tratamentos | Períodos | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1983-1987 | 1987-1989 | 1989-1995 | 1995-2008 | 2008-2012 |
| T1 | 0,53bB | 0,41abB | 0,29aAB | 0,33aA | 0,29aAB |
| T2 | 0,45bB | 0,44abB | 0,34abB | 0,36abA | 0,28aAB |
| T3 | 0,50bB | 0,32aB | 0,30aB | 0,39abAB | 0,28aAB |
| T4 | 0,44abB | 0,34aB | 0,32aB | 0,54bB | 0,35aB |
| T0 | 0,26aA | 0,16aA | 0,18aA | 0,25aA | 0,18aA |

T1= redução da área basal em 19,1%; T2= 20,8%; T3= 27,6%; T4= 53,2% e T0=área não-explorada. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna indicam que os tratamentos não diferem entre si; e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha indicam que os períodos não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Para o G2, obsevou-se que no período de 1995-2008, T4 também foi o tratamento que teve o maior IPAD ($0,44 \text{ cm ano}^{-1}$), superior estatisticamente aos demais tratamentos (Tabela 2.4). Desta forma, verifica-se que o tratamento silvicultural mais intensivo foi o que mais estimulou o IPAD das árvores, no período logo após a aplicação. Resultado semelhante foi observado para uma floresta tropical semi-decídua na Bolívia (PENÃ-CLAROS et al., 2008). Da mesma forma como foi observado para toda a comunidade e para o G1, o menor IPAD para o G2 foi encontrado para as árvores da área não explorada (T0), que foi estatisticamente similar ao T1 no período de 1995-2008 e aos demais tratamentos no último período de avaliação (2008-2012).

Tabela 2.4. Incremento periódico anual em diâmetro IPAD (cm ano^{-1}) para o grupo das espécies que têm a madeira beneficiada atualmente nas serrarias de Santarém (G2), por tratamento e períodos.

| Tratamentos | Períodos | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1983-1987 | 1987-1989 | 1989-1995 | 1995-2008 | 2008-2012 |
| T1 | 0,45bB | 0,30aB | 0,22aB | 0,23aAB | 0,18aA |
| T2 | 0,40bB | 0,31abB | 0,23aB | 0,31abB | 0,22aA |
| T3 | 0,40cB | 0,24abB | 0,23abB | 0,30bB | 0,18aA |
| T4 | 0,43bB | 0,28aB | 0,27aB | 0,44bC | 0,21aA |
| T0 | 0,19bA | 0,12abA | 0,12aA | 0,17abA | 0,14abA |

T1= redução da área basal em 19,1%; T2= 20,8%; T3= 27,6% e T4= 53,2% e T0 = área não explorada. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna indicam que os tratamentos não diferem entre si; e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha indicam que os períodos não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

O tratamento com redução de 20,8% da área basal (T2) não estimulou significativamente o incremento diamétrico das árvores após a aplicação dos tratamentos silviculturais (1995-2008), sendo o IPAD desse tratamento similar estatisticamente ao T1 (somente exploração) e T0 (área não explorada) (Tabela 2.2). É importante considerar que a redução da área basal no T2 foi realizada em duas ocasiões, a primeira por ocasião da

exploração (1982) e a segunda aos 12 anos após a exploração (1994), em decorrência da aplicação dos tratos silviculturais. Além disso, a redução da área basal ocasionada pela exploração florestal foi maior do que a redução da área basal ocasionada pelo anelamento, por isso constatou-se que o crescimento diamétrico das árvores no T2 foi favorecido nos períodos logo após a exploração, não sendo observado esse mesmo efeito após a aplicação do tratamento silvicultural.

A dinâmica de crescimento da comunidade arbórea (Figura 2.2A) foi semelhante à dinâmica de crescimento do grupo das espécies colhidas (G1) (Figura 2.2B) e das comerciais (G2) (Figura 2.2C). A exploração madeireira estimulou o incremento diamétrico da floresta, tanto considerando todas as espécies juntas quanto considerando separadamente as espécies do G1 e do G2. Embora a intensidade de exploração tenha sido alta ($90 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$), seu efeito benéfico no incremento diamétrico das árvores não durou muito tempo (Figura 1). A média do IPAD reduziu após o primeiro período de avaliação (1-5 anos após a exploração), em toda comunidade arbórea, no G1 e no G2.

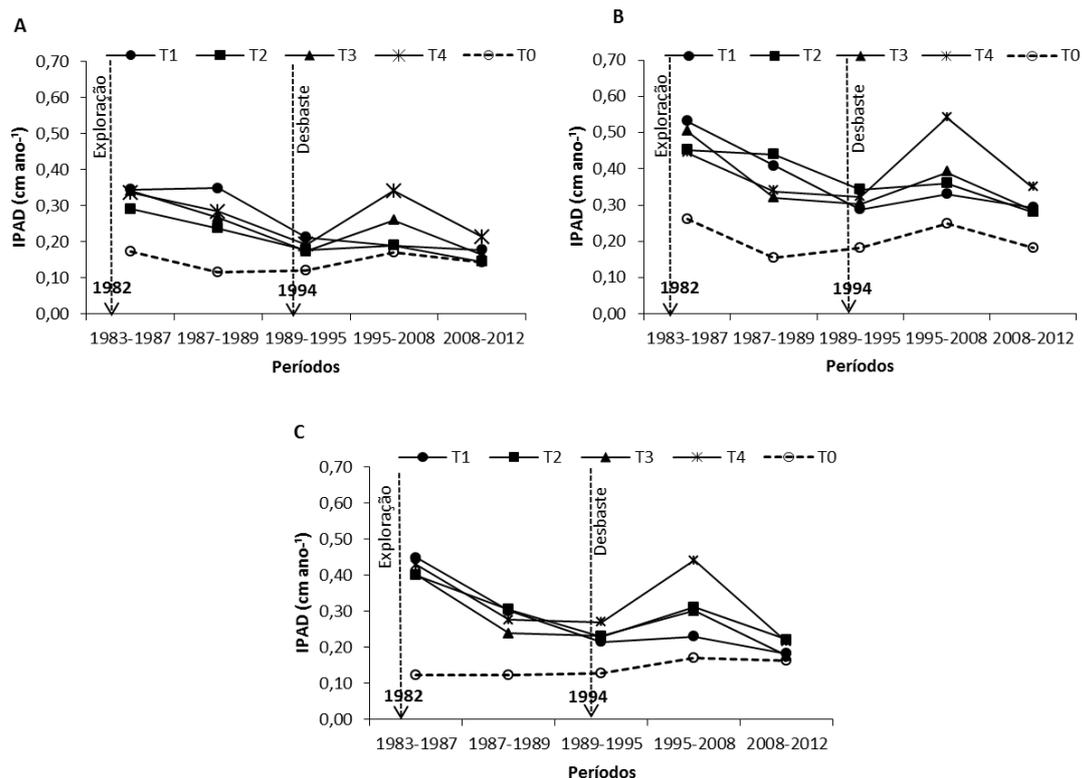


Figura 2.2. Dinâmica do incremento diamétrico das árvores com $\text{DAP} \geq 5\text{cm}$, considerando todas as espécies (A), espécies colhidas em 1982 (B) e espécies comerciais que têm a madeira atualmente beneficiada pelas serrarias de Santarém (C), em quatro intensidades de redução da área basal (T1, T2, T3 e T4) e na área não-explorada (T0) em uma amostra de 15 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará.

Essa redução na taxa de crescimento ocorreu em decorrência do fechamento do dossel, processo que reduz a intensidade de radiação solar no interior da floresta, ocasionando o

aumento da competição entre árvores pela luz solar e nutrientes (VATRAZ et al., 2016; AVILA et al., 2017).

O efeito positivo da exploração florestal no incremento diamétrico de árvores, também foi observado por Silva et al. (1995) em outra área experimental na Flona do Tapajós, onde esse efeito durou cerca de três anos e por Kammesheidt et al. (2003) em uma floresta mista de dipterocarpaceas na Malásia, onde as maiores taxas de incremento diamétrico foram observadas até dois anos após a exploração. Outros estudos comprovaram o efeito positivo da exploração florestal no incremento diamétrico em florestas tropicais (VIDAL et al., 2002; COSTA et al., 2007; COSTA et al., 2008; SOUZA et al., 2015; VATRAZ et al., 2016).

A abertura do dossel ocasionada pela aplicação dos tratamentos silviculturais, 12 anos após a exploração, gerou um novo estímulo para o IPA_D das árvores. No período logo após a aplicação (1995-2008), considerando toda a comunidade arbórea, foi observado aumento estatisticamente significativo do IPA_D nos tratamentos que tiveram a maior redução da área basal, T3 (27,6% da área basal) e T4 (53,2% da área basal) (Figura 2.2A). Para G1 e G2, esse aumento no IPA_D das árvores em 1995-2008 só foi significativo no T4.

O resultado deste estudo comprova o efeito benéfico da aplicação adicional de tratamentos silviculturais após a exploração florestal na taxa de crescimento de árvores, assim como foi constatado em outras florestas tropicais (FINEGAN; CAMACHO, 1999; WADSWORTH; ZWEEDE, 2006; KRISNAWATI; WAHJONO., 2010; LUSSETTI et al., 2016; AVILA et al., 2017). Em uma floresta tropical semi-decídua na Bolívia, foi observado um aumento de 9 a 27% na taxa de crescimento de árvores após a exploração de madeira com a aplicação adicional de tratamentos silviculturais em comparação com a área somente explorada (PENÑ-CLAROS et al., 2008). Em uma floresta tropical seca, também na Bolívia, esse aumento foi de 22 a 27% (VILLEGAS et al., 2009). Enquanto que em uma floresta tropical na Indonésia, esse aumento foi ainda maior, chegou a 96% quatro anos após a aplicação dos tratamentos silviculturais (KRISNAWATI; WAHJONO., 2010). Resultado contrastante foi observado em uma floresta tropical no município do Jari, Amapá, onde a combinação de diferentes intensidades de exploração com diferentes intensidades de desbaste por anelamento não influenciou significativamente no incremento em diâmetro das árvores ao longo de 20 anos de monitoramento (AZEVEDO et al., 2008).

No último período (2008-2012), 12 a 18 anos após a aplicação dos tratamentos silviculturais, o efeito desses tratamentos silviculturais não foi mais observado, quando o incremento diamétrico dos tratamentos mais intensivos se igualou ao T1, T2 e T0 (Figura 2.2). Observa-se desta forma, que o benefício da abertura do dossel, em decorrência tanto da exploração como da

aplicação de tratamentos silviculturais, diminui com o passar do tempo, mediante o fechamento das clareiras formadas na floresta (DE GRAAF et al., 1999; KAMMESHEIDT et al., 2003; PEÑA-CLAROS et al., 2008; VILLEGAS et al., 2009; JARDIM; SOARES., 2010). Nesse período, os tratamentos que receberam intervenções tiveram taxas de incremento similares a da área não explorada (T0), considerando todas as espécies, espécies do G1 e espécies do G2. Esse resultado mostra que com o passar do tempo o incremento diamétrico de uma floresta explorada e tratada tende a ser similar ao de uma floresta sem intervenção (VATRAZ et al., 2016).

Essa redução na taxa de incremento com o passar do tempo indica a necessidade da aplicação de tratamentos silviculturais em mais de uma ocasião na floresta, visando melhorar e manter altas as taxas de incremento das árvores ao longo do tempo (DE GRAAF et al., 1999; SCHWARTZ; LOPES., 2015). Outros estudos também indicaram a necessidade da realização de uma nova intervenção silvicultural na floresta para aumentar o crescimento em diâmetro (AZEVEDO et al., 2008) e aumentar o número de indivíduos de espécies comerciais (SILVA et al., 2016).

2.4. CONCLUSÕES

A exploração florestal e os tratamentos silviculturais de alta intensidade estimularam o incremento diamétrico das árvores, nos anos logo após a essas intervenções, porém esse incremento reduziu com o passar do tempo. Portanto, uma nova intervenção silvicultural deve ser realizada na área para estimular o incremento diamétrico das árvores, principalmente das espécies de interesse para cortes futuros. Sugere-se a aplicação do desbaste de liberação de copas, por ser um tratamento silvicultural menos impactante, ecologicamente, do que o tratamento de refinamento.

A presente pesquisa confirma que a exploração florestal planejada e os tratamentos silviculturais são atividades que favorecem o crescimento diamétrico das árvores em florestas tropicais.

REFERÊNCIAS

- AVILA, A.L.; RUSCHEL, A.R.; CARVALHO, J.O.P.; MAZZEI, L.; SILVA, J.N.M.; LOPES, J.C.; ARAUJO, M.M.; DORMANN, C.F.; BAUHUS, J. Medium-term dynamics of tree species composition in response to silvicultural intervention intensities in a tropical rain forest. **Biological Conservation**, v.191, p.577-586, 2015.
- AVILA, A.L.; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A.R.; LOPES, J.C.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; DORMANN, C.F.; MAZZEI, L.; SOARES, M.H.M.; BAUHUS, J. Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30 years following logging and thinning in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 385, p.225-235, 2017.
- AZEVEDO, C.P.; SANQUETTA, C.R.; SILVA, J.N.M.; MACHADO, S.A. Efeito de diferentes níveis de exploração e de tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da floresta remanescente. **Floresta**, v.38, n.2, p. 277-293, 2008.
- CANNON, C.H.; PEART, D.R.; LEIGHTON, M.; KARTAWINATA, K. The structure of lowland rainforest after selective logging in West Kalimantan, Indonesia. **Forest Ecology and Management**, v. 67, p. 49-68, 1994.
- CARVALHO, J.O.P. **Subsídios para o manejo de florestas naturais na Amazônia brasileira: resultados de pesquisa da EMBRAPA/IBDF-PNPF**. Belém, Embrapa-CPATU, 1987. 35p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 43).
- CARVALHO, J.O.P. **Structure and dynamics of a logged over Brazilian Amazonian rain forest**. Oxford, 1992. 215 f. Thesis (Ph.D.) - University of Oxford. 1992.
- CARVALHO, J.O.P. Estrutura de matas altas sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós. In: Silva, J.N.M.; Carvalho, J.O.P.; Yared, J.A.G. **A Silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. DFID, 2001. p. 277-290.
- CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M.; LOPES, J.C.A. Growth rate of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, v.34, n.2, p. 209-217, 2004.
- COSTA, D. H. M.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. Crescimento de árvores em uma área de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós após a colheita de madeira. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 50, p. 63-76, 2008.
- 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: Ci. & Desenv.** Belém, v.3, n.5, p.65-76. jul., 2007.
- COSTA, D.H.M.; SILVA, S.M.A.; SILVA, J.N.M. Efetividade e custo do desbaste com aplicação de arboricida em floresta natural na região do Tapajós, Pará e Jari, Amapá. In: Silva, J.N.M.; Carvalho, J.O.P.; Yared, J.A.G. **A Silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/ DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: DFID, 2001. p. 339-352.

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

FINEGAN, B.; CAMACHO, M. Stand dynamics in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest, 1988-1996. **Forest Ecology and Management**, v.121, p.177-189, 1999a.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: DEDIT/CDDI. 92p. 2012.

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

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

KRISNAWATI, H.; WAHJONO, D. Effect of post-logging silvicultural treatment on growth rates of residual stand in a tropical forest. **Journal of Forestry Research**, v. 7, n. 2, p. 112-124, 2010.

LUSSETTI, D.; AXELSSON, E.P.; ILSTEDT, U.; FALCK, J.; KARLSSON, A. Supervised logging and climber cutting improves stand development: 18 years of post-logging data in a tropical rain forest in Borneo. **Forest Ecology and Management**, v.381, p.335-346, 2016.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; CORREA, J. R. V. **Caracterização dos solos do município de Belterra, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p. 1-39. (Documentos, 88).

PEÑA-CLAROS, M.; FREDERICKSEN, T. S.; ALARCON, A.; BLATE, G. M.; CHOQUE, U.; LEAÑO, C.; LICONA, J. C.; MOSTACEDO, B.; PARIONA, W.; VILLEGAS, Z.; PUTZ, F. E. Beyond reduced-impact logging: silvicultural treatments to increase growth rates of tropical trees. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 8, p. 1458-1467, 2008.

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

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

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.

SCHWARTZ, G., LOPES, J. do C.A. Logging in the Brazilian Amazon forest: the challenges of reaching sustainable future cutting cycles. In: Daniels, J.A. (Ed.), **Advances in Environmental Research**. Nova Publishers, New York, p. 113–137, 2015.

SCHWARTZ, G., BAIS, A.L.S., PEÑA-CLAROS, M., HOOGSTRA-KLEIN, M., MOHREN, G.M.J., ARTS, B.J.M. Profitability of silvicultural treatments in logging gaps in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 28, n.1, p. 68–78, 2016.

SILVA, C.S.; SILVA, F.; MATILLA, V.; CARNEIRO, V.M.C.; LIMA, A.J.N.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Avaliação da estrutura de uma floresta submetida a diferentes intensidades de anelamento, 28 anos após a intervenção. **Scientia Forestalis**, v.44, n.112, p. 987-999, 2016.

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

SILVA, J. N. M.; LOPES, J.C.A.; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, S. M. A.; CARVALHO, J. O. P.; COSTA, D. H. M.; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 68p.

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

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**, v. 25, n. 4, p. 873-883, 2015.

VATRAZ, S.; CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M.; CASTRO, T.C. Efeito da exploração de impacto reduzido na dinâmica do crescimento de uma floresta natural. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 261-271, mar. 2016.

VIDAL, E.; VIANA, V.M.; BATISTA, J.L. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental. **Scientia Forestalis**, n. 61, p. 133-143, jun. 2002.

VILLEGAS, Z.; PEÑA-CLAROS, M.; MOSTACEDO, B.; ALARCÓN, A.; LICONA, J.C.; LEAÑO, C.; PARIONA, W.; CHOQUE, U. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**. v. 258, p.971-977, 2009.

WADSWORTH, F. H.; ZWEEDE, J. C. Liberation: acceptable production of tropical forest timber. **Forest Ecology and Management**, v. 233, n. 1, p. 45- 51, 2006.

3. PRODUÇÃO DE UMA FLORESTA DE TERRA FIRME AOS 32 APÓS A COLHEITA DE MADEIRA NA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO

É fundamental quantificar a capacidade de reposição dos estoques extraídos das espécies com mercado atual e daquelas com potencial para mercado futuro, para garantir a sustentabilidade econômica e ecológica do manejo florestal. O objetivo desse estudo foi avaliar o potencial de produção de uma floresta ombrófila densa 32 anos após a colheita de madeira na Floresta Nacional do Tapajós. A produção da floresta foi avaliada por meio da análise comparativa entre dois inventários realizados a 100% de intensidade, um em 1981 e outro em 2014. Essa análise foi feita para a abundância, área basal, volume e distribuição diamétrica das árvores, considerando a comunidade arbórea e o grupo formado pelas espécies colhidas na área. Para determinar o potencial produtivo atual da floresta, considerando o censo de 2014, as espécies foram agrupadas em três grupos, de acordo com o uso comercial de sua madeira no mercado local, nacional e internacional. Para cada grupo foi analisada a riqueza, abundância, área basal e volume das árvores com $Dap \geq 25$ cm. O estoque de madeira disponível para a próxima colheita (número total de árvores, abundância, área basal e volume) foi determinado a partir dos dados do censo de 2014, considerando as árvores com $DAP \geq 50$ cm das espécies cuja madeira é processada atualmente nas serrarias da região de Santarém, adotando os critérios estabelecidos no Art.8º da Instrução Normativa Nº 5 de 11 de dezembro de 2006 do MMA e a Instrução Normativa Nº 1, de 12 de fevereiro de 2015. O tempo de 32 anos decorridos desde a colheita ainda não foi suficiente para que a floresta, considerando todas as espécies e o grupo das espécies exploradas, recuperasse sua abundância, área basal e volume original, considerando a alta intensidade de exploração aplicada na área ($90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), que foi três vezes maior do que a permitida na lei vigente. A floresta tem estoque volumétrico disponível para uma segunda colheita em conformidade com as normativas legais da política florestal brasileira, porém esse estoque é formado principalmente por espécies que não tiveram a madeira colhida no primeiro corte.

Palavras-chave: Inventário florestal; Produção madeireira; Manejo florestal sustentável; Ciclo de corte.

ABSTRACT

The quantification of recovering timber volume harvested from those species currently traded and from those that have potential volume for future trading is very important for ensuring the economical and ecological sustainability of forest management. In this study we evaluated the potential production of a dense ombrophyllous forest 32 years after logging in the Tapajos National Forest. The forest production was evaluated by a comparative analysis between two 100% intensity inventories, the first carried out in 1981 and second in 2014. Abundance of species, basal area, volume and the diameter distribution were evaluated considering the whole tree community and, separately, the group of the species harvested in the area. Species were placed in three groups according to the commercial use of their timber and local, national and international trade, in order to find out the current potential production of the forest, considering the 2014 inventory. Species richness, abundance, basal area and volume of trees $DBH \geq 25$ cm were analyzed in each group. The timber stock available for the next harvest (number of trees, abundance, basal area and volume) was calculated using the 2014 inventory data, considering trees $DBH \geq 50$ cm from species of which timber is currently processed in the Santarem sawmills, using procedures established in Art.8 IN5 of December 11, 2006 and IN1 of February 1, 2015 from Ministry of the Brazilian Environment. The 32-year period since harvesting was not enough to the forest (including all species together or the logged species group) to recover its abundance, basal area and volume pre-logging, because of the high intensity of logging applied in the area ($90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). According to the Brazilian Law the forest has now available a timber volume for a second cutting, but this volume comes from species that were not harvested in the first logging.

Keywords: Forest inventory; Timber production; Sustainable forest management; Cutting cycle.

3.1. INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira é uma das principais regiões produtoras de madeira tropical do mundo (OIMT, 2013). É inquestionável o alto potencial produtivo das florestas densas da Amazônia, ao mesmo tempo em que se torna um grande desafio aos manejadores manter a sustentabilidade de produção dessas florestas.

O manejo florestal sustentável é a melhor alternativa para a conservação das florestas tropicais, por possibilitar o uso dos recursos florestais ao longo do tempo, garantindo suas funções ambientais, sociais e econômicas. No entanto, para manter as bases economicamente sustentáveis é fundamental que se quantifique a capacidade de reposição dos estoques extraídos das espécies com mercado atual e daquelas com potencial para mercado futuro (JARDIM; SOARES, 2010).

Uma preocupação para o manejo sustentável é a redução do rendimento de madeira após a primeira colheita, situação que pôde ser constatada em algumas florestas tropicais (KELLER et al., 2004; DAUBER et al., 2005; VALLE et al., 2007; REIS et al., 2010; ROZENDAAL et al., 2010; HAWTHORNE et al., 2012). Outro ponto a ser considerado são as baixas taxas de recrutamento de espécies de valor comercial, que são insuficientes para manter a produção contínua de madeira (AVILA et al., 2017; ROOPSIND et al., 2017).

Estudos de simulação indicaram que as florestas tropicais não recuperam seu estoque volumétrico inicial em ciclos de corte de 30 anos (VAN GARDINGEN et al., 2006; VALLE et al., 2007) e 40 anos (ROZENDAAL et al., 2010; HAWTHORNE et al., 2012). No entanto, uma alternativa promissora para garantir que a produção de madeira dessas florestas seja contínua é diversificar a seleção de espécies a serem colhidas, incluindo espécies menos conhecidas que não foram exploradas no primeiro corte (KELLER et al., 2004; VAN GARDINGEN et al., 2006; REIS et al., 2010; ALDER et al., 2012; AVILA et al., 2017). Outras medidas que podem ser adotadas para alcançar a sustentabilidade a longo prazo é aplicar tratamentos silviculturais após a colheita (DAUBER et al., 2005; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; ROZENDAAL et al., 2010; PUTZ et al., 2012) e garantir uma regeneração suficiente de espécies comerciais (DAUBER et al., 2005; KRISNAWATI; DJOKO WAHJONO, 2010).

A intensidade de exploração influencia no tempo de recuperação do estoque de madeira comercial. Há estudos indicando que altas intensidades de exploração e desbaste têm efeito negativo na recuperação do estoque volumétrico comercial (AVILA et al., 2017; ROOPSIND et al., 2017).

O período de 25 a 35 anos para o ciclo de corte atualmente estabelecido na Instrução Normativa Nº5 de 2006 do Ministério do Meio Ambiente - MMA (BRASIL, 2006) foi

definido com base em prognoses de crescimento e produção feitas a partir de dados obtidos em parcelas permanentes de inventários contínuos. Apesar da importância dos estudos de simulação para a utilização futura da floresta, é primordial ter resultados oriundos de áreas que vêm sendo monitoradas ao longo de um ciclo de corte (mínimo 25 anos), para confirmar os períodos estabelecidos por prognoses.

Na presente pesquisa foram avaliados dados obtidos em parcelas permanentes que vêm sendo monitoradas por um período de 31 anos e dados de dois inventários realizados com 100% de intensidade, em uma área manejada que foi explorada e recebeu aplicação de tratamentos silviculturais. A pesquisa buscou responder às questões: a floresta submetida a uma intensidade de corte de $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, considerando todas as espécies e o grupo das espécies colhidas, recupera seu estoque volumétrico original aos 32 anos após a exploração florestal? A floresta tem estoque de madeira comercial disponível para um segundo corte? Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar aos 32 anos após a exploração florestal a capacidade de recuperação do estoque (abundância, área basal e volume) da comunidade arbórea e do grupo das espécies que tiveram a madeira colhida, e determinar o estoque de madeira comercial disponível para o segundo corte.

3.2. METODOLOGIA

3.2.1. Caracterização da área de estudo

(Descrição no item 1.3.1.- pag.18)

3.2.2. Coleta de dados

Os dados avaliados provêm de dois censos (inventário a 100% de intensidade) e de parcelas permanentes. O primeiro censo foi realizado em 1981 incluindo árvores com $\text{DAP} \geq 45 \text{ cm}$ (diâmetro a 1,30 m do solo). Seus resultados foram publicados em Silva et al. (1985), de cuja publicação foram extraídos os dados para serem utilizados na presente pesquisa. O segundo censo foi realizado em 2014, considerando árvores com $\text{DAP} \geq 25 \text{ cm}$. Devido ao censo de 1981 ter incluído árvores com $\text{DAP} \geq 45 \text{ cm}$ e o censo de 2014 ter incluído árvores com $\text{DAP} \geq 25 \text{ cm}$, foi feita a complementação do banco de dados com os dados obtidos em duas medições das parcelas permanentes (1981 e 2012). Assim, o censo de 1981 foi complementado com os dados de árvores com DAP desde 5 cm até 44,9 cm, medidas em 48 parcelas permanentes de 50 m x 50m no ano de 1981; e o censo de 2014 foi complementado com dados de árvores desde 5 cm de DAP até 24,9 cm medidas em parcelas permanentes no ano de 2012.

Outras atividades importantes para a discussão deste trabalho, realizadas na área foram: a exploração florestal realizada em 1982; o corte de cipós realizado em toda a área (100% de intensidade) um ano antes da exploração; a aplicação de tratamento silvicultural (desbaste por meio de anelagem e aplicação de produto arboricida) em 1994, aos 12 anos após a exploração; e em 1981 a instalação e medição de 48 parcelas permanentes de monitoramento contínuo.

A exploração florestal foi planejada, foram colhidas em média 12 árvores ha⁻¹ e um volume médio de 90 m³ ha⁻¹ (CARVALHO, 1987) de 38 espécies madeireiras comercializadas em 1982 no mercado regional de Santarém (CARVALHO, 1992). Foram extraídas árvores com DAP \geq 45 cm em 25% da área e árvores com DAP \geq 55 cm em 75% da área. No presente estudo foram analisadas 36 espécies das 38 que tiveram a madeira colhida em 1982, pois três espécies do gênero *Qualea* (*Q. albiflora*, *Q. lancifolia* e *Q. paraensis*) foram agrupadas como sendo *Qualea* spp.

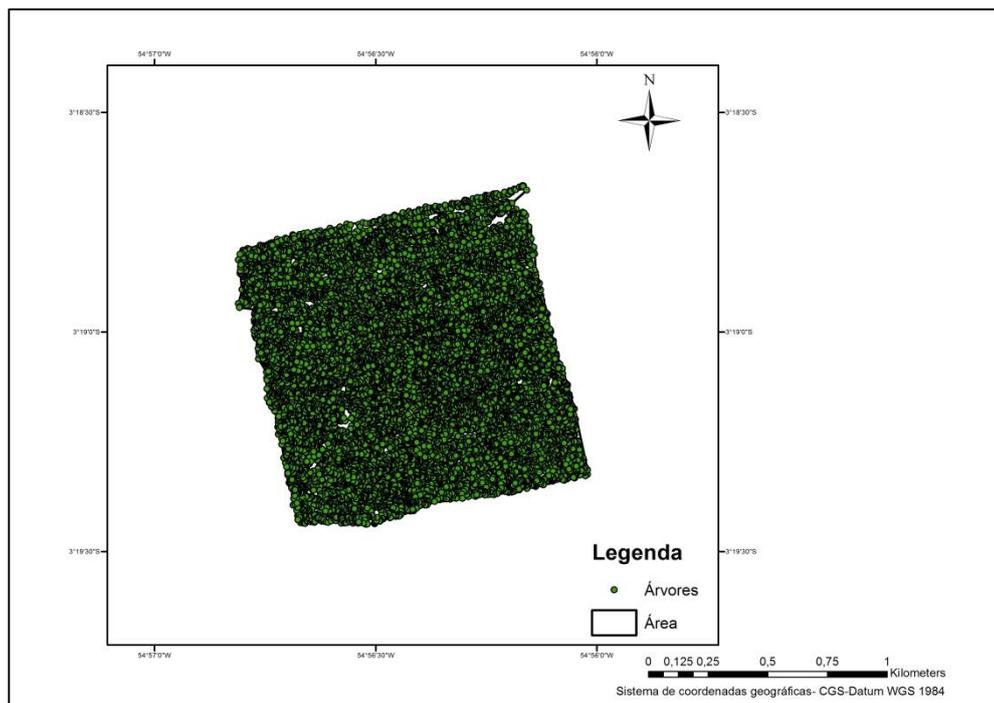


Figura 3.1- Localização georreferenciada das árvores inventariadas no censo de 2014 em 144 ha na área experimental do Km 114 na Flona do Tapajós, Belterra, Pará.

3.2.3. Análise de dados

A produção da floresta foi avaliada por meio da análise comparativa entre o estoque em abundância (número de indivíduos por hectare), área basal (m² ha⁻¹) e volume (m³ ha⁻¹) de árvores com DAP \geq 45 cm em 1981, um ano antes da exploração e 2014, 32 anos após a

exploração florestal. Também foi realizada uma análise da abundância, área basal e volume em classes de distribuição diamétrica para toda a comunidade arbórea e para o grupo formado pelas espécies que tiveram a madeira colhida em 1982, utilizando dados dos dois censos e das parcelas permanentes.

A distribuição diamétrica do número de indivíduos por ha e da área basal foi feita a partir de 5 cm e a distribuição diamétrica do volume, a partir de 15 cm, com intervalo de 10 cm entre classes.

A abundância e a área basal foram calculadas com os procedimentos adotados por Finol (1971). A Abundância (A) refere-se ao número total de indivíduos de uma espécie que ocorreu na amostragem, por unidade de área, nesse caso em hectares (ha); e a área basal (G) refere-se à soma das áreas transversais de todos os indivíduos de uma dada espécie, por unidade de área (ha).

O volume das árvores nos dois censos foi calculado por meio da fórmula $V = \pi(DAP)^2/4 \times HC \times FF$ (Volume geométrico), onde: V = volume de madeira; DAP = diâmetro da árvore em metro; HC = altura do fuste comercial; e FF = fator de forma igual a 0,7. Enquanto que, para estimar o volume nas parcelas permanentes, considerando que não há medição de altura comercial (HC), foram utilizadas as equações de volume de simples entrada desenvolvidas para a Floresta Nacional do Tapajós (SILVA et al., 1984; SILVA e ARAÚJO, 1984): $V = -0,0994 + 0,00091941DAP^2$ ($R^2=0,96$ e $S_{yx}(\%) = 12$), para árvores com DAP de 15 cm a 45 cm; e $V = \text{Exp}(-7,6281 + 2,1809 \ln(d))$ ($R^2 = 0,84$ e $S_{xy}(\%) = 16$), para árvores com $DAP \geq 45$ cm.

Foi feita uma análise para determinar as espécies mais abundantes e mais dominantes antes (1981) e após a exploração florestal (2014), considerando árvores com $DAP \geq 45$ cm e árvores com $25 \text{ cm} \geq DAP < 45$ cm.

O estoque de madeira atual da floresta foi determinado por meio do número de espécies, número de árvores por hectare, área basal ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e volume de árvores ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) com $DAP \geq 25$ cm registradas no censo de 2014. As espécies foram agrupadas de acordo com o uso comercial de sua madeira na região de Santarém.

- **Grupo1 (G1):** Espécies cuja madeira é processada atualmente nas serrarias da região de Santarém, comercializada no mercado nacional e internacional.
- **Grupo2 (G2):** Espécies cuja madeira é considerada comercial, mas não é processada atualmente nas serrarias da região de Santarém;
- **Grupo3 (G3):** Espécies sem reconhecido valor madeireiro na região de Santarém.

As espécies do G1 foram definidas com base em uma pesquisa realizada em 2015, por meio de questionários, em oito serrarias instaladas no município de Santarém, PA. Os demais grupos foram definidos com base na literatura técnica-científica sobre as espécies madeireiras da região. A listagem florística foi elaborada de acordo com a classificação do sistema *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III, 2009). Os nomes científicos das espécies foram conferidos mediante consulta à *homepage* Flora do Brasil (LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2015) e Trópicos (TROPICOS, 2015).

O estoque de madeira disponível para a próxima colheita foi determinado a partir dos dados do censo realizado em 2014, considerando árvores com DAP ≥ 50 cm das espécies do G1. Foram levados em consideração os critérios estabelecidos no Art.8º da Instrução Normativa Nº 5 de 2006 do MMA (BRASIL, 2006), que estabelece:

- ✓ A manutenção de pelo menos 10% do número de árvores por espécie, na área de efetiva exploração da UPA (Unidade de Produção Anual), que atendam aos critérios de seleção para corte indicados no Plano de Manejo Florestal Sustentável, respeitando o limite mínimo de manutenção de 3 árvores por espécie por 100 ha;
- ✓ Manutenção de todas as árvores das espécies cuja abundância de indivíduos com DAP superior ao Diâmetro Mínimo de Corte seja igual ou inferior a 3 árvores por 100 hectares de área de efetiva exploração da UPA.”

Foi considerada também a Instrução Normativa Nº 1, de 12 de fevereiro de 2015, que trata da aprovação de Planos de Manejo Florestal Sustentável - PMFS e seus respectivos Planos Operacionais Anuais - POA, para a exploração de espécies constantes na "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção - Lista, classificadas na categoria Vulnerável - VU, no bioma amazônico (BRASIL, 2015)". Essa instrução estabelece:

- ✓ “manutenção de, pelo menos, 15% (quinze por cento) do número de árvores por espécie, na área de efetiva exploração da Unidade de Produção Anual - UPA, que atendam aos critérios de seleção para corte indicados no PMFS, respeitando a distribuição nas classes de Diâmetro à Altura do Peito - DAP, de acordo com o perfil da população existente na UPA e respeitado o limite mínimo de manutenção de 4 (quatro) árvores por espécie por 100 ha (cem hectares), em cada Unidade de Trabalho – UT”;
- ✓ “manutenção de todas as árvores das espécies cuja abundância de indivíduos com DAP superior ao Diâmetro Mínimo de Corte - DMC seja igual ou inferior a 4 (quatro) árvores por 100 ha (cem hectares) de área de efetiva exploração da UPA, em cada UT.”

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Estrutura das principais espécies, antes da exploração florestal (1981) e aos 32 anos após (2014).

Das espécies mais abundantes na comunidade antes da exploração (1981), considerando árvores com DAP ≥ 45 cm, oito permaneceram entre as mais abundantes 32 anos após a exploração (2014) (Figura 3.2).

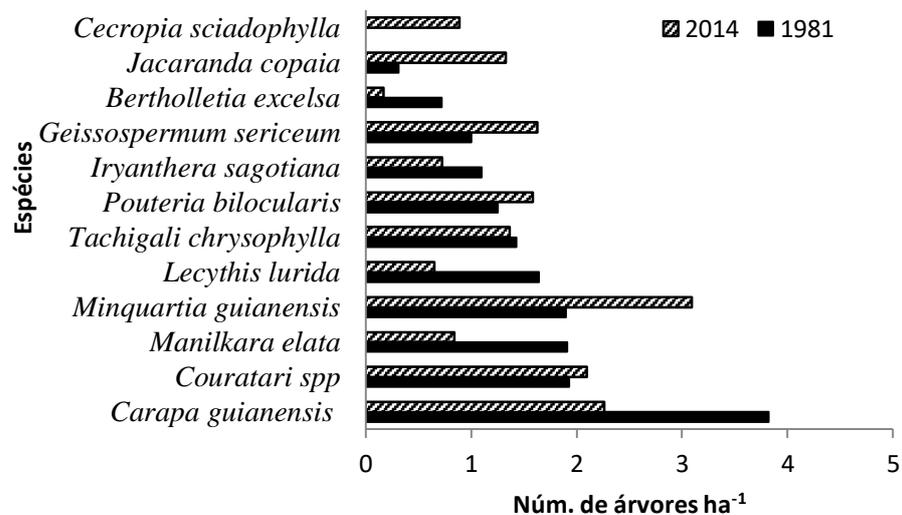


Figura 3.2- Espécies mais abundantes registradas no censo de 1981 (antes da exploração) e em 2014 (32 anos após a exploração), considerando árvores com DAP ≥ 45 , em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA.

Em 1981 as 10 espécies mais abundantes representavam 42,3% da abundância total da área, enquanto em 2014 as 10 espécies mais abundantes representavam 43% desse total. *Cecropia sciadophylla* e *Jacaranda copaia* se beneficiaram com a abertura do dossel causada pela exploração florestal e pelos tratamentos silviculturais, ficando entre as espécies mais abundantes em 2014. Entretanto, no censo de 1981 não foram encontradas árvores de *Cecropia sciadophylla* com DAP ≥ 45 cm, conforme se observa na Figura 1. *Carapa guianensis*, *Manilkara elata*, *Lecythis lurida* e *Bertholletia excelsa*, que tiveram a madeira colhida em 1982, estavam entre as mais abundantes antes da exploração. Dessas, *Carapa guianensis* e *Manilkara elata* se mantêm entre as mais abundantes 32 anos após a exploração, porém com abundância inferior à inicial, 59% e 44% inferior, respectivamente. *L. lurida* e *B. excelsa* se encontram atualmente na 11ª e 51ª posição respectivamente

Considerando árvores entre $25,0 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 44,9 \text{ cm}$, das 14 espécies mais abundantes na área (Figura 3.3), seis foram abundantes tanto antes como após a exploração (Figura 3.3). *Rinorea guianensis* era a mais abundante em 1981, porém em 2012 a mais abundante foi *Jacaranda copaia*. Esta espécie foi beneficiada pela abertura do dossel após as intervenções, assim como *Cecropia sciadophylla*, *Inga alba* e *Bixa arborea*, que se tornaram abundantes depois da exploração. A predominância de espécies pioneiras após a exploração também foi observada em outros estudos (REIS et al., 2010; GOURLET-FLEURY et al., 2013; AVILA et al., 2015 KATOVAI et al. 2016), sendo uma característica comum em florestas tropicais.

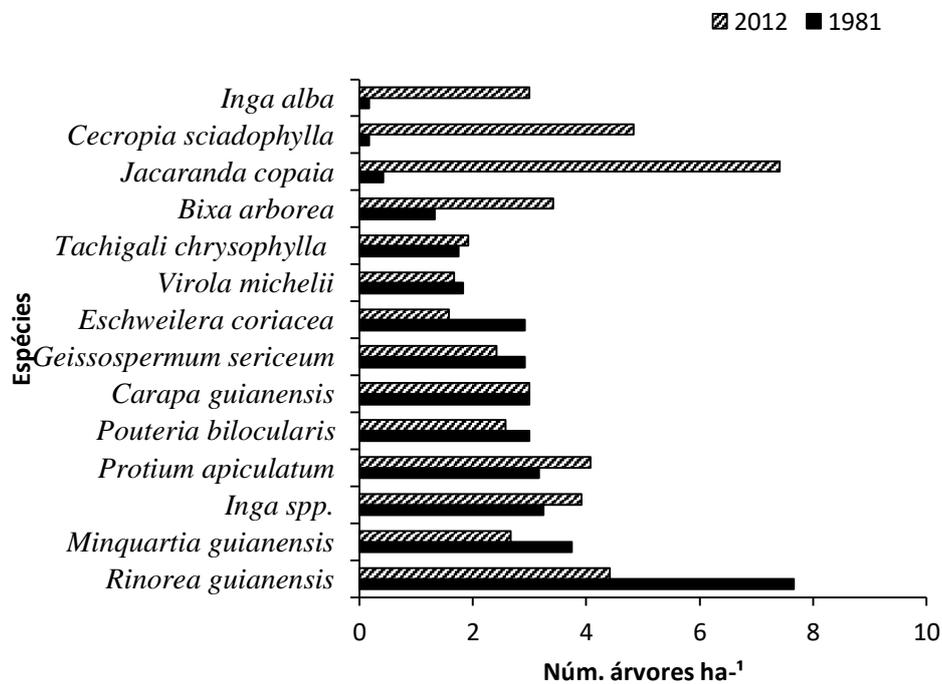


Figura 3.3. Espécies mais abundantes registradas na medição de 1981 das parcelas permanentes (um ano antes da exploração) e na medição das parcelas em 2012 (30 anos após a exploração), considerando árvores com $25 \leq \text{DAP} < 45$ em uma área amostral de 12 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA. Dados do monitoramento de 48 parcelas permanentes de 0,25 ha.

Em relação à área basal, considerando árvores com $\text{DAP} \geq 45 \text{ cm}$, em 1981, antes da exploração, as dez espécies com maior área basal representavam 53,7% da área basal total. Dessas, apenas *Couratari spp.*, *Carapa guianensis* e *Iryanthera sagotiana* continuaram entre as mais dominantes aos 32 anos após a exploração florestal, como pode ser observado na Figura 3.4.

Das espécies com maior área basal antes da exploração, seis tiveram a madeira colhida em 1982: *Bertholletia excelsa*, *Carapa guianensis*, *Goupia glaba*, *Manilkara elata*, *Erism*

uncinatum e *Lecythis lurida*, que ocupavam juntas 31,3% da área basal total. Por terem sido colhidas em 1982, apenas *Carapa guianensis* está entre as 10 mais dominantes em 2014 (Figura 3.4).

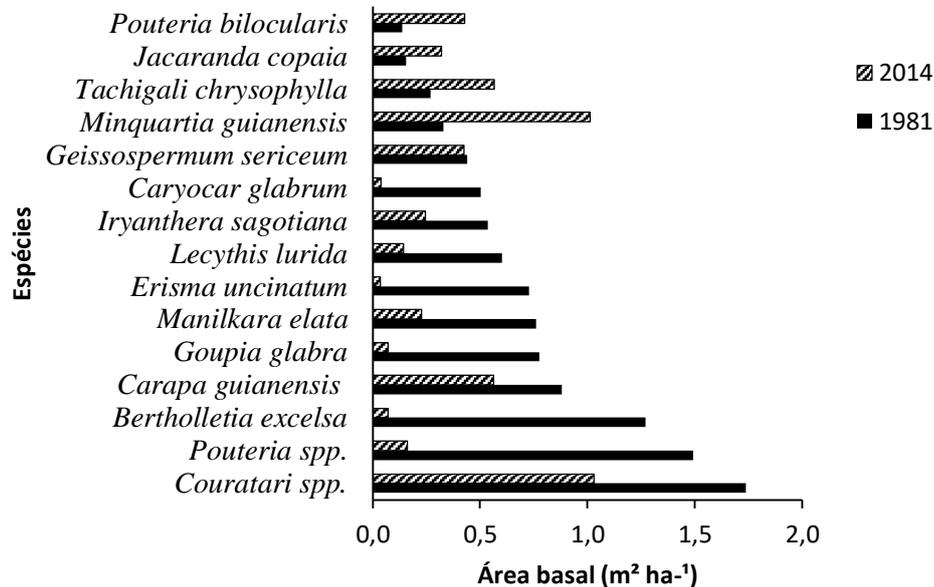


Figura 3.4. Espécies com maior área basal registradas no censo de 1981 (um ano antes da exploração) e no censo de 2014 (32 anos após a exploração), considerando árvores com DAP ≥ 45 em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA.

3.3.2. Estrutura das espécies por grupo de uso aos 32 anos após a exploração florestal

Na área explorada foram inventariadas 17.700 árvores com DAP ≥ 25 cm, distribuídas em 53 famílias, 161 gêneros e 267 espécies. Em 2014, 32 anos após a exploração, a floresta tem uma abundância de 122,92 árvores ha⁻¹, área basal de 19,56 m²ha⁻¹ e volume de madeira de 188,80 m³ha⁻¹, considerando árvores com DAP ≥ 25 cm. Na Tabela 3.1, pode-se observar esses parâmetros por grupo de uso comercial.

Tabela 3.1. Distribuição das árvores conforme grupos de uso, número de espécies, total de árvores por hectare, e respectivas área basal (m² ha⁻¹) e volume (m³ ha⁻¹), registrados no censo de 2014 (32 anos após a exploração), considerando árvores de DAP ≥ 25 cm, na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA.

| Grupo | Nº. sp | Nº.árv | Nº. árv ha ⁻¹ | G (m ² ha ⁻¹) | V (m ³ ha ⁻¹) |
|--------------|------------|--------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| G1 | 52 | 3313 | 23,01 (18,7%) | 5,37 (27,5%) | 59,91 (31,7%) |
| G2 | 44 | 5488 | 38,11 (31%) | 5,67 (29%) | 54,09 (28,7%) |
| G3 | 171 | 8899 | 61,80 (50,3) | 8,51 (43,5%) | 74,81 (39,6%) |
| Total | 267 | 17700 | 122,92 | 19,56 | 188,80 |

*G1: espécies comerciais que têm a madeira processada atualmente nas serrarias da região de Santarém; G2: espécies cuja madeira é considerada comercial, mas que não é processada atualmente pelas serrarias da região de Santarém; G3: espécies sem valor comercial atual.

As espécies mais abundantes, considerando árvores com $DAP \geq 25$ cm foram: *Jacaranda copaia* (7,62 árv ha⁻¹), *Cecropia sciadophylla* (7,33 árv ha⁻¹), *Minuartia guianensis* (5,78 árv ha⁻¹) e *Carapa guianensis* (4,72 árv ha⁻¹).

Considerando a classificação em grupo de uso, o maior número de árvores por hectare foi encontrado para as espécies não comerciais (G3). Nesse grupo, a espécie mais abundante foi *Geissospermum sericeum* Miers, com 4,5 árvores ha⁻¹, seguida de *Inga alba*, com 3,7 árvores ha⁻¹ e *Rinorea guianensis* Aubl., com 3,1 árvores ha⁻¹. É importante intensificar os estudos tecnológicos sobre espécies desse grupo, para que mais espécies possam formar o estoque das futuras colheitas.

No grupo das espécies com madeira processada atualmente nas serrarias de Santarém (G1), as mais abundantes foram: *Carapa guianensis* (4,7 árv ha⁻¹), *Pouteria bilocularis* (3,9 árv ha⁻¹) e *Couratari stellata* A.C.Sm. (2,0 árv ha⁻¹). No censo de 1981 *Carapa guianensis* (3,8 árv ha⁻¹) foi a espécie mais abundante do grupo das espécies comerciais na época, considerando o DAP mínimo de 45 cm. *Carapa guianensis* também teve maior área basal no G1, e em 1981 foi a segunda com maior área basal nesse grupo.

Apenas 31,7% do volume de madeira ficam concentrados no G1, que formam o grupo para a próxima colheita. As espécies com maior volume nesse grupo são: *Couratari stellata* (9,46 m³ha⁻¹), *Carapa guianensis* (7,14 m³ha⁻¹) e *Pouteria bilocularis* (6,76 m³ha⁻¹), enquanto que no G2 se destacam: *Minuartia guianensis* (10,02 m³ha⁻¹), *Jacaranda copaia* (9,01m³ha⁻¹). No G3 se destacaram em volume: *Tachigali chrysophylla* (7,01 m³ha⁻¹) e *Geissospermum sericeum* (4,64 m³ha⁻¹).

Analisando somente árvores com $DAP \geq 45$ cm em 2014, as espécies do G1 passaram a ter maior estoque em volume (59,91 m³ha⁻¹), representando 64,80% do volume total de madeira. Isso mostra que a floresta tem potencial para cortes futuros, com base no estoque volumétrico das espécies com mercado atual na região. No inventário de 1981, antes da exploração, as árvores com $DAP \geq 45$ cm do G1 ocuparam 113,30 m³ha⁻¹. Após 32 anos, embora as espécies do G1 tenham aumentado a sua dominância, ainda representam aproximadamente a metade do volume (52,9%) registrado antes da exploração.

3.3.3. Recuperação do estoque de toda a comunidade arbórea

A floresta, considerando todas as espécies arbóreas, ainda não recuperou o estoque inicial em abundância, área basal e volume ($DAP \geq 45$ cm) em um período de 32 anos após a exploração, conforme se observa na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Número de árvores, abundância (árvores ha⁻¹), área basal (m² ha⁻¹) e volume (m³ ha⁻¹) de árvores com Dap ≥ 45 cm, registradas nos censos de 1981 e 2014 em uma área de 144 ha que foi explorada em 1982 na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA.

| Parâmetro | Censo 1981 | Censo 2014 | Diferença (%) |
|--|-------------------|-------------------|----------------------|
| Número de árvores | 5731 | 5267 | 8,1 |
| Árvores ha ⁻¹ | 39,80 | 36,58 | |
| Área basal (m ² ha ⁻¹) | 17,62 | 12,00 | 31,9 |
| Volume geométrico (m ³ ha ⁻¹) | 210,40 | 127,86 | 39,2 |

A floresta recuperou apenas 60,8% do seu volume total 32 anos após a colheita. Em outras florestas tropicais também foi observado que o estoque volumétrico inicial não foi recuperado após a primeira exploração florestal dentro do ciclo de corte estabelecido (DAUBER et al., 2005; ROZENDAAL et al., 2010; HAWTHORNE et al., 2012; GOURLET-FLEURY et al., 2013).

Neste estudo, a não recuperação do estoque se deve à alta intensidade de exploração realizada na área (90 m³ ha⁻¹), que foi três vezes maior do que a atualmente permitida na Instrução Normativa N° 5 de 2006 do MMA. Desta forma, é provável que o estoque total de árvores com DAP ≥ 45 cm teria sido recuperado em 32 anos, se a floresta tivesse sido explorada com uma intensidade de corte de 30 m³ ha⁻¹, intensidade máxima estabelecida na legislação florestal vigente. É importante confirmar essa suposição, por meio de pesquisas realizadas em florestas submetidas à intensidade de exploração preconizada na legislação florestal atual, conforme também sugere Reis et al. (2010).

A recuperação está sendo mais rápida em abundância, pois recuperou cerca de 92%, porém ainda faltam mais de um terço para que o estoque em área basal e volume seja recuperado. Ao se analisar a recuperação do estoque nas classes diamétricas, observou-se que a abundância e a área basal inicial precisam ser recuperadas em quase todas as classes diamétricas que tiveram árvores colhidas. A recuperação da abundância ocorreu somente para árvores com DAP < 55 cm (Figura 4a; Figura 4b).

É importante considerar que em apenas 25% da área foram colhidas árvores com DAP ≥ 45 cm, enquanto que nos 75% restantes foram colhidas árvores com DAP < 45 cm. Assim, a classe de 45 a 54,9 teve a menor intensidade de colheita, sendo favorecida pelo estoque de árvores remanescentes após a exploração. Em relação ao volume, nenhuma classe que teve árvores colhidas recuperou o estoque volumétrico inicial (Figura 3.5 d). Enquanto que as árvores com DAP < 45 tiveram praticamente o volume recuperado.

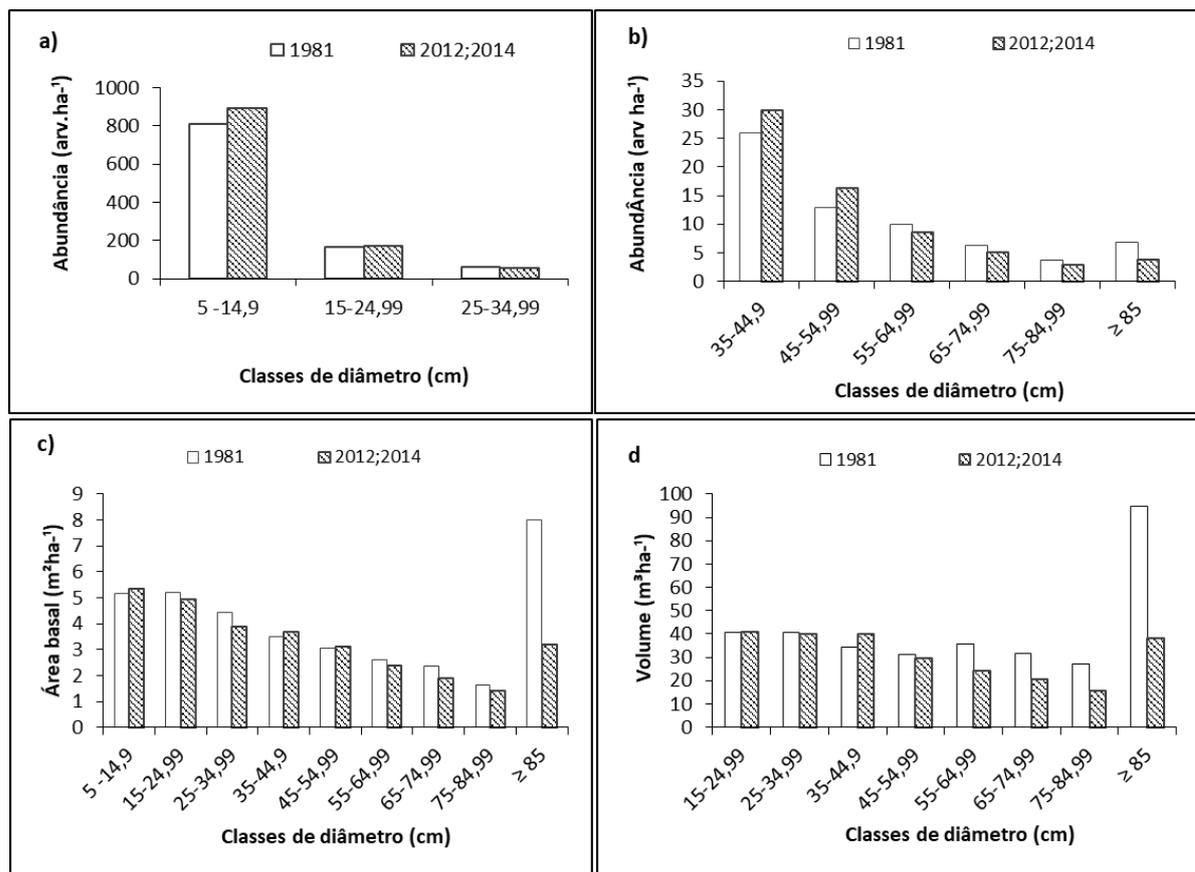


Figura 3.5. (a) Abundância (árvores ha⁻¹) nas classes diamétricas de 5 a 34,99 cm, (b) abundância de árvores nas classes diamétricas de 35 a ≥ 85 cm, (c) área basal (m² ha⁻¹) e (d) volume (m³ ha⁻¹) por classe diamétrica da comunidade arbórea, antes da exploração (1981) e após a exploração (2012;2014), em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós. Obs: Para a análise das classes 5-14,99 e 15-24,99, foram considerados os dados das parcelas permanentes das medições de 1981 (antes da exploração) e 2012 (30 anos após). Nas Classes: 25-34,99 e 35-44,99 foram utilizados os dados das parcelas permanentes para o ano de 1981 (antes da exploração) e dados do censo para 2014 (32 anos após a exploração). Nas classes acima de 45 cm de dap, utilizou-se apenas os dados dos censos: 1981 (um ano antes da exploração) e 2014 (32 anos após a exploração).

3.3.4. Recuperação do estoque do grupo das espécies colhidas

Considerando o grupo das espécies que tiveram a madeira colhida em 1982, observa-se que esse grupo não recuperou a abundância, a área basal e o volume nas classes diamétricas acima de 55 cm (Figura 3.6 b; Figura 3.6 c; Figura 3.6 d). No entanto, a abundância e a área basal inicial foram recuperadas na classe diamétrica de 45-54,9 cm, devido ao estoque de árvores remanescentes e às que ingressaram nessa classe depois da exploração. É importante considerar que a recuperação após a colheita é influenciada não apenas pela taxa de crescimento das árvores, mas também pela abundância das árvores remanescentes nas classes

inferiores ao diâmetro mínimo de corte - DMC (DAUBER et al., 2005; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; GOURLET-FLEURY et al., 2013).

O estoque original em abundância, área basal e volume foi recuperado nas classes diamétricas não exploradas (DAP < 45), sendo inclusive superior ao observado antes da exploração (1981) (Figura 3.6).

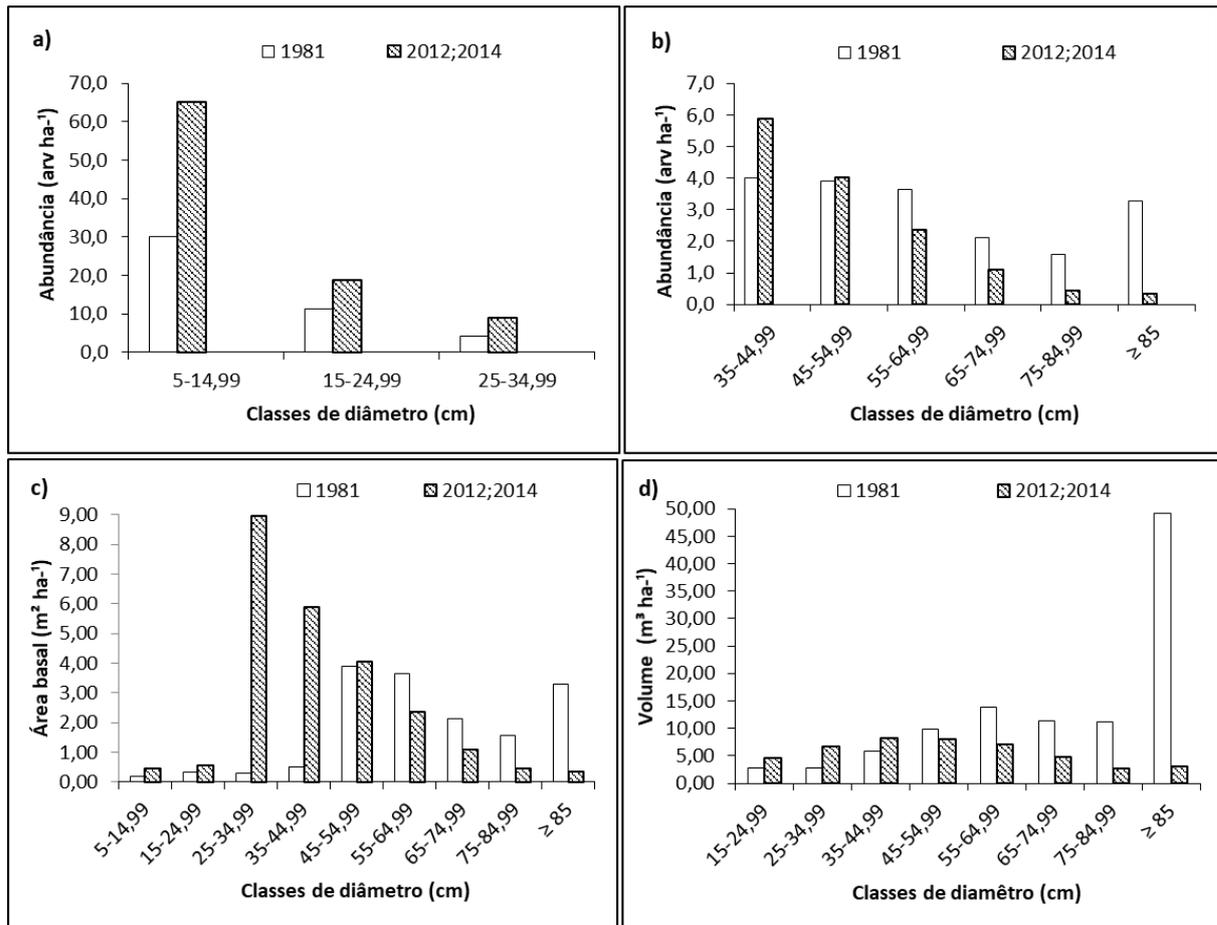


Figura 3.6. (a) Abundância (árvores ha⁻¹) nas classes diamétricas de 5 a 34,99 cm, (b) abundância nas classes diamétricas de 35 a ≥ 85 cm, (c) área basal (m² ha⁻¹) e (d) volume (m³ ha⁻¹) por classe diamétrica do grupo das espécies colhidas em 1982, antes da exploração (1981) e após a exploração (2012; 2014) em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós. Obs: Para a análise das classes 5-14,99 e 15-24,99, foram considerados os dados das parcelas permanentes das medições de 1981(antes da exploração) e 2012 (30 anos após). Nas Classes: 25-34,99 e 35- 44,99 foi utilizado os dados da parcelas permanentes para o ano de 1981 (antes da exploração) e dados do censo para 2014 (32 anos após a exploração). Nas classes acima de 45 cm de dap, utilizou-se apenas os dados dos censos: 1981 (um ano antes da exploração) e 2014 (32 anos após a exploração).

Esse resultado era esperado, pois nessas classes não foi realizada a colheita de madeira, e a remoção das árvores maiores ocasionou a abertura do dossel favorecendo o crescimento do estoque de árvores remanescentes das classes inferiores. Além disso, a dinâmica natural da floresta pode ter favorecido essa recuperação ao longo do tempo.

Das espécies exploradas em 1982, apenas cinco recuperaram o estoque volumétrico observado antes da exploração (1981): *Parkia multijuga*, *Vatairea* sp., *Astronium lecointei*, *Jacaranda copaia* e *Bowdichia nitida*. Essas espécies também recuperaram a abundância inicial (Tabela 3.3). É provável que tenha ficado na área após a exploração um estoque maior de árvores dessas espécies na classe logo abaixo do Diâmetro Mínimo de Corte (DMC= 45 cm), o que possibilitou a recuperação mais rápida do volume.

Tabela 3.3. Abundância (Nha⁻¹) e Volume (m³ha⁻¹) das espécies que foram exploradas em 1982, registrado um ano antes da exploração (censo 1981) e 32 anos após a exploração (censo 2014), considerando árvores com DAP ≥ 45 cm, em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA.

| Espécie | N ha ⁻¹ | | m ³ ha ⁻¹ | |
|---|--------------------|------|---------------------------------|------|
| | 1981 | 2014 | 1981 | 2014 |
| <i>Aniba canelilla</i> (Kunth) Mez (preciosa) | 0,02 | 0,01 | 0,07 | 0,04 |
| <i>Astronium graveolens</i> Jacq (aroeira) | 0,40 | 0,09 | 2,85 | 0,28 |
| <i>Astronium lecointei</i> Ducke (muiracatiara) | 0,05 | 0,06 | 0,19 | 0,21 |
| <i>Bagassa guianensis</i> Aubl. (tatajuba) | 0,16 | 0,06 | 1,52 | 0,25 |
| <i>Bertholetia excelsa</i> Bonpl. (castanha-do-pará) | 0,72 | 0,17 | 12,61 | 0,97 |
| <i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth. (sucupira-amarela) | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 0,13 |
| <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (andiroba) | 3,82 | 2,26 | 11,13 | 5,15 |
| <i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers. (piquiarana) | 0,41 | 0,11 | 4,24 | 0,43 |
| <i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers. (piquiá) | 0,16 | 0,07 | 1,65 | 0,31 |
| <i>Copaifera multijuga</i> Hayne (copaíba) | 0,14 | 0,09 | 0,55 | 0,32 |
| <i>Cordia bicolor</i> A. DC. (freijó-branco) | 0,25 | 0,18 | 0,80 | 0,41 |
| <i>Dinizia excelsa</i> Ducke (angelim-rajado) | 0,22 | 0,02 | 3,36 | 0,14 |
| <i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff (sucupira-preta) | 0,08 | 0,01 | 0,32 | 0,01 |
| <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd (cumaru) | 0,14 | 0,07 | 0,87 | 0,19 |
| <i>Erismia uncinatum</i> Warm (quarubarana) | 0,22 | 0,03 | 2,03 | 0,30 |
| <i>Goupia glabra</i> Aubl. (cupiúba) | 0,58 | 0,21 | 3,86 | 0,61 |
| <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC) Mattos (ipê-roxo) | 0,22 | 0,02 | 1,90 | 0,11 |
| <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. Grose (ipê-amarelo) | 0,23 | 0,06 | 1,36 | 0,21 |
| <i>Hymenaea courbaril</i> L. (jatobá) | 0,61 | 0,13 | 8,33 | 0,54 |
| <i>Hymenaea parvifolia</i> Huber (jutaí-mirim) | 0,32 | 0,17 | 2,23 | 0,52 |
| <i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke (angelim-da-mata) | 0,41 | 0,08 | 2,57 | 0,25 |
| <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (parapará) | 0,31 | 1,33 | 1,34 | 3,54 |
| <i>Lecythis lurida</i> (Miers) S. A. Mori (jarana) | 1,64 | 0,65 | 8,03 | 1,54 |
| <i>Manilkara elata</i> (Allemão ex Miq.) Monach. (maçaranduba) | 1,91 | 0,84 | 12,08 | 2,80 |
| <i>Ocotea nigrescens</i> Vicent. (louro-preto) | 0,30 | 0,15 | 1,52 | 0,33 |
| <i>Parkia multijuga</i> Benth. (fava-arara-tucupi) | 0,40 | 0,51 | 2,05 | 2,31 |
| <i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp. (fava-bolota)* | 0,01 | * | 0,02 | * |
| <i>Qualea</i> sp. (mandioqueira) | 0,06 | 0,07 | 0,28 | 0,17 |
| <i>Roupala</i> sp. (faieira) | 0,05 | 0,03 | 0,20 | 0,16 |
| <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al. (morototó) | 0,09 | 0,14 | 0,50 | 0,42 |

continua

Continuação

| Espécie | Nha ⁻¹ | | m ³ ha ⁻¹ | |
|---|-------------------|------|---------------------------------|-------|
| | 1981 | 2014 | 1981 | 2014 |
| <i>Sextonia rubra</i> (Mez.) Van der Werff (louro-vermelho) | 0,02 | 0,01 | 0,08 | 0,05 |
| <i>Simarouba amara</i> Aubl. (marupá) | 0,08 | 0,03 | 0,47 | 0,13 |
| <i>Swartzia grandifolia</i> Bong. Ex Benth. (gombeira) | 0,22 | 0,04 | 0,72 | 0,05 |
| <i>Vatairea guianensis</i> Aubl. (fava-bolacha) | 0,01 | 0,36 | 0,05 | 1,63 |
| <i>Vatairea paraensis</i> Ducke (fava-amargosa) | 0,46 | 0,29 | 4,37 | 1,17 |
| <i>Zigia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes (angelim-rajado) | 0,02 | 0,01 | 0,11 | 0,01 |
| Total (36 espécies) | 14,76 | 8,43 | 94,26 | 25,70 |

* Não foram registradas árvores com DAP ≥ 45 cm dessa espécie no censo de 2014.

As dez espécies que tiveram mais árvores colhidas ainda não recuperaram o volume original (Tabela 3.3; Figura 3.7). Dentre essas espécies, *Carapa guianensis* teve a maior recuperação (46%) e as demais não atingiram 30% do seu volume inicial. Com base nesse resultado, supõe-se que ainda será necessário um longo período para a completa recomposição do estoque dessas espécies, pois 32 anos ainda não foram suficientes para a recuperação do estoque volumétrico original, considerando a alta intensidade de exploração aplicada na área ($90 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$).

Reis et al. (2010) em outra área experimental na Flona do Tapajós, onde foi aplicada uma intensidade de exploração de $72,5 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, também observaram que as espécies que tiveram árvores exploradas não recuperaram o estoque volumétrico original até 28 anos após a exploração.

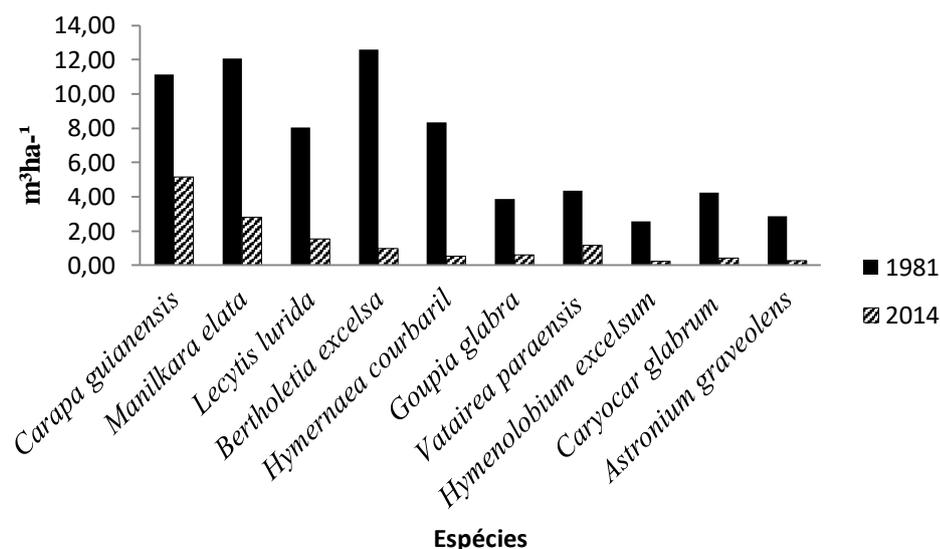


Figura 3.7- Estoque volumétrico das 10 espécies que tiveram o maior volume colhido em 1982, considerando árvores com DAP ≥ 45 cm, em uma área de 144 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Km 114, BR 163, Belterra, PA. (1981 – censo um ano antes da exploração; 2014 – censo 32 anos após a exploração).

Em uma projeção feita por Rozendaal et al. (2010) para espécies que tiveram a madeira colhida em uma floresta tropical na Bolívia, foi observado que a recuperação do volume inicial dessas espécies não chegou a 50% considerando um ciclo de corte de 40 anos. A baixa recuperação do estoque volumétrico de espécies comerciais também foi observada em outra floresta tropical na Bolívia, ao considerar um ciclo de corte de 20 anos (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006). Outros estudos de simulação indicaram que ciclos de cortes inferiores a 60 anos não são suficientes para as espécies colhidas recuperarem o estoque volumétrico original (SIST et al., 2003; VAN GARDINGEN et al., 2006; SCHULZE et al., 2008). Assim, longos períodos são necessários para a completa recuperação de espécies que têm a madeira colhida nas florestas tropicais (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; ROZENDAAL et al., 2010). Diante disso, para garantir a produção sustentável de madeira em longo prazo é importante que em cada ciclo de corte sejam selecionadas diferentes espécies para colher, e assim aumentar o tempo para a recuperação do estoque de madeira de espécies colhidas nos cortes anteriores (AVILA et al., 2017).

3.3.5. Estoque potencial para o segundo corte

A floresta apresenta um volume comercial de 38,96 m³ ha⁻¹, portanto tem estoque disponível para uma nova colheita, considerando o diâmetro mínimo de corte de 50 cm. Esse estoque é formado por 35 espécies comerciais que têm a madeira atualmente processada nas serrarias de Santarém (Tabela 4). Desse volume 54% estão concentrados em seis espécies: *Couratari stellata*, *Carapa guianensis*, *Pouteria bilocularis*, *Couratari* spp. e *Manilkara elata*. Dessas espécies, apenas *Carapa guianensis* e *Manilkara elata* foram exploradas em 1982.

Das espécies comerciais com estoque disponível (Tabela 3.4), 22 não foram colhidas em 1982, essas espécies representam 75% do volume total disponível para a segunda colheita. Algumas espécies que não eram comercializadas em 1982 foram ao longo do tempo inseridas no mercado de madeira, e atualmente compõem o estoque para a próxima colheita, como é o caso de espécies do gênero *Couratari*. Isso indica que a produção de madeira poderá ser contínua, se nos ciclos subsequentes o estoque de exploração for formado principalmente por outras espécies (VAN GARDINGEN et al., 2006; KELLER et al., 2007; REIS et al., 2010; ALDER et al., 2012; AVILA et al., 2017). Esse aumento no número de espécies reduzirá a pressão sobre algumas espécies comerciais, e fará com que a floresta continue mantendo seu alto valor econômico e ecológico.

Tabela 3.4. Estoque disponível (DAP \geq 50) para o segundo corte das espécies comerciais que têm a madeira processada atualmente nas serrarias de Santarém.

| Nome Comum | Nome científico | Nt | Nd | A | G | V |
|-------------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Amapá-amargoso | <i>Brosimum potabile</i> | 9 | 4 | 0,03 | 0,009 | 0,089 |
| Amapá-doce | <i>Brosimum parinarioides</i> | 29 | 24 | 0,17 | 0,085 | 1,120 |
| Amarelão | <i>Apuleia leiocarpa</i> var. <i>molaris</i> | 42 | 36 | 0,25 | 0,186 | 2,123 |
| Andiroba | <i>Carapa guianensis</i> * | 238 | 214 | 1,49 | 0,415 | 3,873 |
| Angelim-da-mata | <i>Hymenolobium excelsum</i> * | 9 | 3 | 0,02 | 0,006 | 0,087 |
| Breu-sucuruba | <i>Trattinnickia burseraefolia</i> | 42 | 37 | 0,26 | 0,124 | 1,384 |
| Coração-de-negro | <i>Swartzia corrugata</i> | 13 | 8 | 0,06 | 0,016 | 0,140 |
| Cuiarana/cuiarana-de-carçoço | <i>Buchenavia</i> sp. | 21 | 16 | 0,11 | 0,061 | 0,746 |
| Cuiarana-de-fruto-alado | <i>Terminalia amazonia</i> | 15 | 10 | 0,07 | 0,026 | 0,312 |
| Cumarú | <i>Dipteryx odorata</i> * | 8 | 3 | 0,02 | 0,007 | 0,061 |
| Cupiúba | <i>Goupia glabra</i> * | 23 | 18 | 0,13 | 0,054 | 0,454 |
| Fava-amargosa | <i>Vatairea paraensis</i> * | 35 | 30 | 0,21 | 0,079 | 1,007 |
| Fava-bolacha | <i>Vatairea guianensis</i> * | 36 | 31 | 0,22 | 0,104 | 1,220 |
| Fava-de-rosca/orelha-de-negro | <i>Enterolobium schomburgkii</i> | 25 | 20 | 0,14 | 0,058 | 0,653 |
| Fava-timborana | <i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> | 59 | 53 | 0,37 | 0,155 | 1,573 |
| Freijó-cinza | <i>Cordia goeldiana</i> | 17 | 12 | 0,08 | 0,029 | 0,412 |
| Goiabão/Abiu-casca-grossa | <i>Pouteria bilocularis</i> | 166 | 149 | 1,03 | 0,325 | 3,613 |
| Guariúba | <i>Clarisia racemosa</i> | 10 | 5 | 0,03 | 0,014 | 0,206 |
| Ipê-amarelo | <i>Handroanthus serratifolius</i> * | 9 | 4 | 0,03 | 0,008 | 0,119 |
| Itaúba/Itaúba-abacate | <i>Mezilaurus duckei</i> | 42 | 36 | 0,25 | 0,119 | 1,697 |
| Itaúba-amarela | <i>Mezilaurus lindaviana</i> | 33 | 28 | 0,19 | 0,114 | 1,628 |
| Jatobá | <i>Hymenaea courbaril</i> * | 14 | 9 | 0,06 | 0,022 | 0,340 |
| Jutaí-mirim | <i>Hymenaea parvifolia</i> * | 18 | 12 | 0,08 | 0,025 | 0,286 |
| Maçaranduba | <i>Manilkara elata</i> * | 92 | 82 | 0,57 | 0,172 | 2,231 |
| Maparajuba | <i>Manilkara bidentata</i> | 21 | 16 | 0,11 | 0,034 | 0,347 |
| Muiracatiara | <i>Astronium lecointei</i> * | 6 | 1 | 0,01 | 0,002 | 0,030 |
| Muirapiranga | <i>Stryphnodendron polystachyum</i> | 7 | 2 | 0,01 | 0,007 | 0,076 |
| Piquiá | <i>Caryocar villosum</i> * | 9 | 4 | 0,03 | 0,016 | 0,132 |
| Quaruba-verdadeira | <i>Vochysia maxima</i> | 9 | 4 | 0,03 | 0,014 | 0,172 |
| Tatajuba | <i>Bagassa guianensis</i> * | 9 | 4 | 0,03 | 0,010 | 0,120 |
| Tauarí | <i>Couratari</i> spp. | 53 | 47 | 0,33 | 0,184 | 3,178 |
| Tauarí-cachimbo | <i>Cariniana decandra</i> | 7 | 2 | 0,01 | 0,010 | 0,160 |
| Tauarí-fl-peluda | <i>Couratari guianensis</i> | 16 | 11 | 0,08 | 0,028 | 0,447 |
| Tauarí-oblongifolia | <i>Couratari oblongifolia</i> | 26 | 21 | 0,15 | 0,085 | 0,888 |
| Tauarí-stellata | <i>Couratari stellata</i> | 171 | 153 | 1,06 | 0,602 | 8,036 |
| Total | | 1339 | 1109 | 7,70 | 3,21 | 38,96 |

Obs: Nt= Número total de árvores, Nd= Número de árvores selecionadas por espécie para o segundo corte, considerando os critérios da IN 05 de 2006 do MMA e IN 01 de 12 de fevereiro de 2015 do MMA (BRASIL, 2006; BRASIL, 2015); A= Número de árvores por hectare disponível para o segundo corte, G= Área basal disponível para o segundo corte (m^2ha^{-1}) e V= Volume disponível (m^3ha^{-1}). *espécies que tiveram a madeira colhida em 1982.

Se a segunda colheita fosse planejada para o grupo das espécies que tiveram a madeira colhida em 1982, o volume disponível seria de $16,98 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, volume bem inferior ao retirado na primeira exploração, que foi de $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Dez espécies que tiveram a madeira colhida na área não possuem atualmente estoque disponível para o segundo corte (árvores com $\text{Dap} \geq 50 \text{ cm}$): ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*), louro-vermelho (*Sextonia rubra*), preciosa (*Aniba canelilla*), quarubarana (*Erisma uncinatum*), anjelim-vermelho (*Dinizia excelsa*), faieira (*Roupala* sp), gombeira-vermelha (*Swartzia grandifolia*), marupá (*Simarouba amara*), mandioqueira (*Qualea* spp.) e sucupira-amarela (*Bowdichia nitida*).

Por outro lado, 12 espécies que tiveram a madeira colhida em 1982 têm estoque disponível e podem ser selecionadas para o segundo corte (Tabela 3.4). No entanto, é importante ressaltar que essas espécies ainda não recuperaram o estoque volumétrico original (de antes da colheita), porém o crescimento das árvores remanescentes de diâmetros inferiores ao diâmetro mínimo de corte ($\text{DMC} < 45 \text{ cm}$) contribuiu para formar o estoque de árvores com $\text{DAP} \geq 50 \text{ cm}$, possibilitando a inclusão dessas espécies na segunda exploração atendendo as exigências da legislação.

As atividades do manejo florestal sustentável realizadas na área garantem a conservação da floresta, mesmo que esta tenha sido submetida a uma alta intensidade de exploração. Apesar disso, é importante que sejam inseridas na legislação florestal brasileira medidas que possam prever a sustentabilidade da população de cada espécie, pois até então as normativas reguladoras do Manejo Florestal Sustentável são voltadas apenas para a comunidade florestal inteira, ou seja para o conjunto de todas as espécies, o que pode levar à continuada diminuição populacional das espécies de alto valor comercial. No Art.8 da IN N° 5 de 2006 do MMA, apenas é garantida a regra de raridade, que estabelece que sejam mantidas, no mínimo, 3 árvores por espécie por 100 ha.

3.4. CONCLUSÕES

O tempo de 32 anos decorridos desde a colheita ainda não foi suficiente para que a floresta, considerando todas as espécies e o grupo de espécies exploradas, recuperasse a sua abundância, área basal e volume original, considerando a alta intensidade de exploração aplicada na área ($90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), que foi três vezes maior do que a atualmente permitida por lei.

A floresta tem estoque em volume de madeira disponível para uma segunda colheita em conformidade com as normativas legais da política florestal brasileira, porém esse estoque é formado principalmente por espécies que não tiveram a madeira colhida no primeiro corte.

Portanto, durante cada ciclo de corte, ou seja, entre uma colheita e outra, há a possibilidade de que novas espécies sejam inseridas no mercado e, assim, manter o potencial produtivo da floresta.

REFERÊNCIAS

APG III (ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP III). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.161, p.105-121, 2009.

ALDER, D.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J.C.; RUSCHEL, A.R. The cohort-empirical modelling strategy and its application to forest management for Tapajós Forest, Pará, Brazilian Amazon. **Bois et forêts des tropiques**, n. 314 (4), 2012.

AVILA, A.L.; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A.R.; LOPES, J.C.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; DORMANN, C.F.; MAZZEI, L.; SOARES, M.H.M.; BAUHUS, J. Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30 years following logging and thinning in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 385, p.225-235, 2017.

BRASIL. Instrução Normativa nº 5, de 11 de dezembro de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, nº 238,13 de dezembro de 2006. Seção 1. p. 155-159. 2006.

BRASIL. Instrução Normativa nº 1, de 12 de fevereiro 2015. **Diário Oficial da União**, p.67. 2015

BRIENEN, R.J.W.; ZUIDEMA, P.A. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. **Forest Ecology and Management**, v. 226, p. 256–267, 2006.

CARVALHO, J.O.P. **Subsídios para o manejo de florestas naturais na Amazônia brasileira**: resultados de pesquisa da EMBRAPA/IBDF-PNPF. Belém, Embrapa-CPATU, 1987. 35p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 43).

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

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

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do pólo Tapajós**. Rio de Janeiro, Embrapa, 1983. 284p. (Embrapa. SNLCS. Boletim de pesquisa, 20).

FINOL, H. Nuevos parametros a considerarse en el análisis estructural de las selvas virgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**. 21: 29-42. 1971.

GOURLET-FLEURY, S.; BEINA, D.; FAYOLLE, A.; OUÉDRAOGO, D. Y.; MORTIER, F.; BÉNÉDET, F.; CLOSSET-KOPP, D.; DECOCQ, G. Silvicultural disturbance has little impact on tree species diversity in a Central African moist forest. **Forest Ecology and Management**, v.304, p. 322–332, 2013.

HAWTHORNE, W.D., SHEIL, D., AGYEMAN, V.K., ABU JUAM, M., MARSHALL, C.A.M., 2012. Logging scars in Ghanaian high forest: towards improved models for sustainable production. **Forest Ecology and Management**, v. 271, p. 27–36.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: DEDIT/CDDI. 92p. 2012.

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

KATOVAI, E.; SIRIKOLO, M.; SRINIVASAN, U.; EDWARDS, W.; LAURANCE, E.F. Factors influencing tree diversity and compositional change across logged forests in the Solomon Islands. **Forest Ecology and Management**, n.372, p.53-63, 2016.

KELLER, M.; ASNER, G.P.; BLATE, G.; MCGLOCKLIN, J.; MERRY, F., PEÑA-CLAROS, M.; ZWEEDE, J. Timber production in selectively logged tropical forests in South America. **Front. Ecol. Environ.** v. 5, n. 4, p. 213–216, 2007.

LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2015. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 20 Fev. 2015.

OIMT. **Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas. Organización Internacional de las Maderas Tropicales 2012**. Yokohama, Japón. OIMT. 2013. 205 p.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; CORREA, J. R. V. **Caracterização dos solos do município de Belterra, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p. 1-39. (Documentos, 88).

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

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

ROOPSIND, A.; WORTEL, V.; HANOEMAN, W.; PUTZ, F.E. Quantifying uncertainty about forest recovery 32-years after selective logging in Suriname. **Forest Ecology and Management**, v. 391, p.246–255, 2017.

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

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.

SILVA, J. N. M., ARAÚJO, S. M. Equação de volume para árvores de menor diâmetro na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v.8/9, p.16-25, 1984.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A.; CARVALHO, M. S. P. de. Equação de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v.8/9, p.50-63, 1984.

SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J.C.A. Inventário florestal de uma área experimental na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v.10/11, p.38-110, 1985.

SIST, P.; SHEIL D.; KARTAWINATA K.; PRIYADI, H. Reduced impact logging in Indonesian Borneo: some results confirming the need for new silvicultural prescriptions. **Forest Ecology and Management**, v. 179, p. 415-427, 2003.

TROPICOS, 2015. Missouri Botanical Garden. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>. Acesso em: 10 Abr. 2015.

VALLE, D.; PHILLIPS, P.; VIDAL, E.; SCHULZE, M.; GROGAN, J.; SALES, M.; VAN GARDINGEN, P. Adaptation of a spatially explicit individual tree-based growth and yield model and long-term comparison between reduced-impact and conventional logging in eastern Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 243, p. 187-198, 2007.

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

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A floresta em estudo ainda não recuperou o estoque volumétrico original em um período de 32 anos após a exploração, porém essa floresta tem estoque disponível para uma segunda colheita, e poderia ser explorada novamente, seguindo os critérios técnicos atuais do manejo florestal sustentável. Nessa área foi aplicada uma alta intensidade de exploração ($90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), três vezes maior do que a estabelecida em lei, assim recomenda-se que estudos futuros avaliem a produção de áreas exploradas, conforme as diretrizes técnicas da legislação florestal atual, para comprovar se os ciclos de corte de 25 a 35 anos, para uma exploração com intensidade máxima de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, são suficientes para as florestas de terra firme recuperarem seu estoque original.

O estoque volumétrico disponível para a segunda colheita não será formado apenas pelas espécies que tiveram a madeira colhida no primeiro corte, mas principalmente por espécies inseridas no mercado atualmente. Desta forma é possível aumentar o potencial produtivo de uma floresta, incluindo outras espécies para a exploração.

A presente pesquisa confirma o que já foi observado por outros autores, que a exploração florestal planejada e os tratamentos silviculturais são atividades que favorecem o crescimento diamétrico das árvores em florestas tropicais. Como a duração do efeito das intervenções é influenciada pelo tempo, recomenda-se que intervenções silviculturais periódicas sejam realizadas na floresta para potencializar o crescimento das árvores, principalmente das espécies de interesse comercial. Além de avaliar o efeito dos tratamentos no crescimento, é importante que estudos complementares abordem a relação custo-benefício da aplicação dos tratamentos silviculturais, para, se for o caso, sugerir ações adequadas e confiáveis ao setor de base florestal da Amazônia Brasileira.

APÊNDICES

APÊNDICE 1. Artigo elaborado a partir dos dados da pesquisa

EFICIÊNCIA DE PARCELAS PARA INVENTÁRIOS DE FLORESTAS NATURAIS MANEJADAS NA AMAZÔNIA

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência amostral para a estimativa da abundância e área basal de uma área manejada na Floresta Nacional do Tapajós. Foram utilizados os dados de um inventário realizado a 100% de intensidade e dados de 48 parcelas de 0,25 ha cada (amostra total de 12 ha). A eficiência amostral foi avaliada por meio do erro real relativo, erro de amostragem e pela intensidade amostral, que foram calculados para diferentes níveis de inclusão de DAP. A eficiência amostral variou conforme variaram as mudanças nos níveis de inclusão de DAP das árvores. Os maiores erros, tanto real quanto amostral, foram observados para as árvores de maiores diâmetros. O número de parcelas utilizadas na área foi suficiente para estimar com precisão a abundância até o nível de DAP ≥ 35 cm e a área basal até o nível de DAP ≥ 25 cm.

Palavras-chave: censo florestal, unidades amostrais, erro amostral, Floresta Nacional do Tapajós.

ABSTRACT

This paper deals with the sampling efficiency for estimating the abundance and basal area of managed area in the Tapajos National Forest. We used data from a 100% intensity inventory and from 48 0.25 ha sample plots (12 ha total sample). The sampling efficiency was evaluated considering the relative actual error, the sampling error and the sampling intensity, that were calculated for different DBH inclusion levels. The sampling efficiency varied according to the changes occurred in the DBH inclusion levels. The bigger errors, actual or sampling, were found for bigger trees diameters. The number of plots used in the area was enough for estimating accurately the abundance up to the DBH 35 cm level and the basal area up to the DBH 25 cm level.

Key-words: forest inventory, sample unit, sampling error, Tapajos National Forest.

1. INTRODUÇÃO

Para utilizar de forma sustentável as florestas naturais é primordial conhecer suas características e seu comportamento. Uma ferramenta utilizada para essa finalidade é o inventário florestal, que serve de base para a elaboração dos planos de manejo florestal sustentável, por fornecer dados qualitativos e quantitativos da floresta. No entanto, essas informações devem ser precisas e confiáveis, por isso os gestores florestais devem exigir um inventário de qualidade.

Os inventários podem ser classificados em relação à obtenção dos dados, em dois tipos: Inventário a 100% de intensidade ou censo, onde se mede todos os indivíduos da população e se obtêm os parâmetros da população; e Inventário amostral, onde se emprega técnicas de amostragem na população florestal, medindo-se parte da mesma, nesse caso a amostra gera estimativas dos parâmetros da população (Sanquetta et al., 2014).

Uma dificuldade para realizar inventários florestais na Amazônia é a grande variabilidade de metodologias empregadas, principalmente no que diz respeito ao tamanho e a forma das unidades amostrais e definição do diâmetro mínimo de inclusão na coleta de dados (Oliveira et al., 2014). Por isso, para se obter informações com precisão em um inventário amostral, deve-se definir corretamente o processo de amostragem a ser utilizado, o tamanho e a forma das unidades amostrais e a intensidade amostral a ser aplicada na área (Ubialli et al., 2009). Além disso, é importante considerar na escolha da metodologia, que ao se utilizar um processo de amostragem é gerado um erro de amostragem, que é o erro que se comete por medir apenas parte da população e quanto menor for esse erro mais precisas serão as estimativas obtidas (Ubialli et al., 2009). Assim, as parcelas amostrais devem proporcionar estimativas dentro de um limite máximo de erro de amostragem admissível, para que os resultados possam ser utilizados para a tomada de decisões do manejo florestal.

Alguns estudos foram desenvolvidos para testar a eficiência de parcelas amostrais para inventários nas florestas naturais da Amazônia (Cavalcanti et al., 2011; Oliveira et al., 2014). Com esse objetivo, Higuchi et al. (1982) testaram 32 tamanhos e duas formas de parcelas considerando árvores com $DAP \geq 25$ cm, em uma floresta no Distrito Agropecuário da Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA. Em Sena Madureira, no Acre, Cavalcanti et al. (2009) avaliaram a eficiência de oito diferentes tamanhos de parcelas para o grupo de espécies comerciais considerando árvores com $DAP \geq 40$ cm. E Oliveira et al. (2014) em uma floresta natural no município de Manaus, avaliaram 23 tamanhos e duas formas de parcelas para cinco categorias de diâmetro mínimo de inclusão. Nesses estudos o

objetivo foi determinar o tamanho e a forma de parcela mais adequadas para inventários de árvores na Amazônia. Na presente pesquisa foi avaliada a eficiência de 48 parcelas quadradas de 0,25 ha para estimar a abundância e área basal de espécies arbóreas em uma área de pesquisa na Floresta Nacional do Tapajós. Essa avaliação foi feita para diferentes categorias de diâmetro mínimo de inclusão de árvores no inventário, por meio do cálculo do erro real relativo, erro de amostragem e da intensidade amostral. Os resultados do presente estudo vão contribuir para aumentar o conhecimento sobre a aplicação de técnicas de amostragem em inventários florestais na Amazônia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

A área experimental situa-se na Floresta Nacional do Tapajós, município de Belterra, Pará, à altura do km 114 da BR 163, Rodovia Santarém-Cuiabá, entre as coordenadas geográficas 03°18'31,84364" - 03 19' 21,48821" de latitude sul e 54° 56' 27,96367" – 54° 56' 15,13091" de longitude a oeste.

O clima da região é do tipo “Am” (Köppen, 1923), com temperatura média anual de 27°C, umidade relativa do ar de 87% e precipitação anual acumulada de 1758 mm, conforme dados coletados nos últimos cinco anos (Outubro/2012 a Setembro/2017) na estação meteorológica de Belterra (INMET, 2017).

Os solos da região são do tipo Latossolo Amarelo distrófico e Argissolo Amarelo distrófico (Oliveira Júnior & Corrêa, 2001). A vegetação da área de estudo é classificada como Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012). Em 1982 foi realizada uma exploração florestal planejada na área experimental (144 ha), onde foram colhidas em média 12 árvores ha⁻¹ e um volume médio de 90 m³ ha⁻¹ (Carvalho, 1987).

2.2. Coleta de dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir de um inventário a 100% de intensidade (censo), realizado na área (144 ha) em 2014, considerando árvores com DAP \geq 25 cm e a partir dos dados de um inventário realizado em 2012 em 48 parcelas permanentes de 50 m x 50 m.

As 48 parcelas de 50 m x 50 m foram estabelecidas na área, segundo um processo aleatório simples, formando uma amostra de 12 ha e uma intensidade amostral de 8,3%. Em cada parcela foram inventariadas as árvores com DAP (diâmetro medido a 1,30 m do solo) \geq 5 cm.

2.3. Análises dos dados

A eficiência da amostragem foi testada para a abundância (núm.árvores ha⁻¹) e área basal (m² ha⁻¹), utilizando os dados obtidos no inventário a 100% de intensidade e os dados obtidos nas parcelas.

Após o cálculo da abundância e área basal para os dois inventários (censo e amostras) foi realizada a comparação usando a diferença entre os valores dos parâmetros (real) e os valores estimados pela amostragem. A proporção da diferença entre esses valores dividida pelo valor real obtido no censo possibilitou a determinação do erro real relativo (ER). O erro real relativo foi calculado para seis níveis de inclusão de DAP: DAP ≥ 25 cm, DAP ≥ 30 cm, DAP ≥ 35 cm, DAP ≥ 40 cm, DAP ≥ 45 cm e DAP ≥ 50 cm. No inventário 100% foram inventariadas árvores a partir do diâmetro mínimo de 25 cm, por isso o primeiro nível de inclusão para o cálculo do erro real foi DAP ≥ 25 cm. Adicionalmente para comparar os valores de abundância e de área basal obtidos nas parcelas com os obtidos no censo, aplicou-se o teste T para uma amostra, ao nível de 5% de significância.

Para a determinação dos erros de amostragem (parcelas) das estimativas da abundância e da área basal foi utilizado o procedimento de cálculo da amostragem aleatória simples. O erro de amostragem foi calculado a partir dos dados das parcelas, considerando dez níveis de inclusão de DAP= DAP ≥ 5 cm, DAP ≥ 10 cm, DAP ≥ 15 cm, DAP ≥ 20 cm, DAP ≥ 25 cm, DAP ≥ 30 cm, DAP ≥ 35 cm, DAP ≥ 40 cm, DAP ≥ 45 cm e DAP ≥ 50 cm. No inventário das parcelas foram medidas árvores a partir do diâmetro mínimo de 5 cm, por isso o primeiro nível de inclusão de DAP foi 5 cm. Assim, o número de níveis analisados foi maior do que o utilizado no cálculo do erro real. O nível de significância considerado foi de $\alpha = 0,05$. A fórmula utilizada foi: $Er = \pm t * s_x / \bar{x} * 100$, onde t = valor tabelado da distribuição de Student (GL; $\alpha=0,05$) e s_x = erro padrão, e x = média.

Para determinar o número ideal de unidades amostrais a serem instaladas na área, considerando um limite de erro de 10% e probabilidade de 95%, utilizou-se a fórmula: $n = Nt^2 \times s_x^2 / NE^2 + t^2 s_x^2$, onde N = número total de unidades amostrais na área; t = valor tabelado da distribuição de Student (GL; $\alpha=0,05$); s_x^2 = variância e $E = (LE.x)$, sendo LE = limite de erro admitido no inventário e x = média (Sanqueta et al., 2014). Essa análise foi realizada para os dez níveis de inclusão de DAP considerados no cálculo do erro de amostragem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, pode-se observar que as estimativas da amostragem (PP) foram sempre inferiores aos valores paramétricos observados no censo, tanto para a abundância, quanto para a área basal, exceto quando se considerou árvores com $DAP \geq 25$ cm, que o valor estimado para a abundância foi superior ao valor paramétrico.

Tabela 1. Abundância ($n\ ha^{-1}$) e área basal ($m^2\ ha^{-1}$) registradas em 48 parcelas (PP) de 50 m x 50 m em 2012 (valor estimado) e no censo realizado em 2014 (valor paramétrico), com os respectivos erros reais relativos (ER%) e valores do teste T nos diferentes níveis de inclusão de DAP.

| Nível de inclusão de DAP | Abundância ($n\ ha^{-1}$) | | | | Área basal ($m^2\ ha^{-1}$) | | | |
|--------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------------------|-------------------------------|-------|--------|--------------------|
| | PP | Censo | ER(%) | Teste T | PP | Censo | ER (%) | Teste T |
| Árv com $DAP \geq 25$ | 126,75 | 122,92 | 3,12 | 0,84 ^{ns} | 18,16 | 19,56 | -7,14 | 1,59 ^{ns} |
| Árv com $DAP \geq 30$ | 87,00 | 91,94 | -5,38 | 1,33 ^{ns} | 15,83 | 17,73 | -10,74 | 2,19* |
| Árv com $DAP \geq 35$ | 61,42 | 66,5 | -7,64 | 1,61 ^{ns} | 13,72 | 15,66 | -12,36 | 2,28* |
| Árv com $DAP \geq 40$ | 42,92 | 49,32 | -12,98 | 2,33* | 11,71 | 13,78 | -15,01 | 2,48* |
| Árv com $DAP \geq 45$ | 31,50 | 36,58 | -13,89 | 2,27* | 10,12 | 12,00 | -15,71 | 2,44* |
| Árv com $DAP \geq 50$ | 23,83 | 27,15 | -12,24 | 1,93 ^{ns} | 8,85 | 10,35 | -14,43 | 2,10* |

ns: não significativo $p > 0,05$; * significativo $p < 0,05$.

A tendência do erro real relativo para a estimativa da abundância e área basal foi diretamente proporcional ao aumento do diâmetro mínimo de inclusão (Tabela 1; Figura 1), ou seja, os maiores erros foram observados nos maiores níveis de inclusão de DAP.

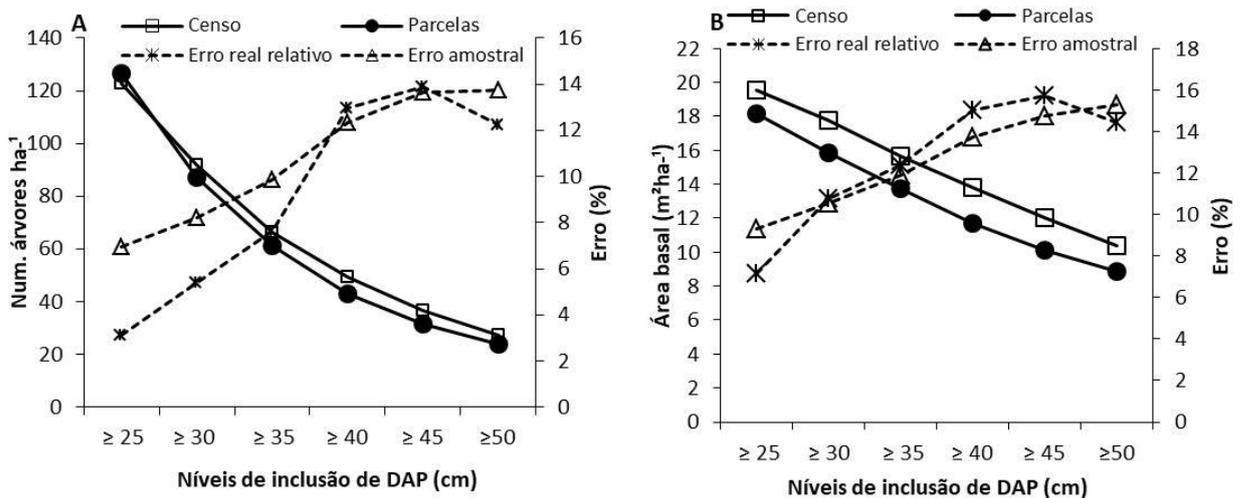


Figura 1. a) Número de árvores por hectare e b) área basal ($m^2\ ha^{-1}$) no censo de 2014 e nas parcelas (medição 2012) e os respectivos erros reais e amostrais por nível de inclusão de DAP.

Em uma área de floresta em Sena Madureira no Acre, utilizando 70 parcelas de 50 m x 400 m e uma intensidade amostral de 14%, Cavalcanti et al. (2011) observaram que os

maiores erros foram registrados nas classes de diâmetros superiores. ao comparar os valores estimados pela amostragem com as informações registradas no censo florestal para as variáveis abundância, área basal e volume.

Este resultado indica que para reduzir o erro para as árvores de maiores diâmetros é necessário aumentar a intensidade amostral.

No presente estudo, as parcelas subestimaram as variáveis analisadas. A menor subestimação para a abundância foi de 5,38%, e para a área basal foi de 7,14%, enquanto que a maior foi de 13,89% para a abundância e 15,71% para a área basal (Tabela 1). Como se observa, os erros reais relativos foram maiores para a área basal, em todos os níveis de inclusão de DAP.

Apesar das parcelas terem subestimado a abundância e a área basal, os valores estimados foram próximos dos valores paramétricos obtidos no censo. O resultado do teste t mostra que a diferença entre esses valores não foi significativa para os níveis de inclusão de DAP (≥ 25 cm, ≥ 30 cm, ≥ 35 cm e ≥ 50 cm) para a abundância e para o nível de inclusão de DAP (≥ 25 cm) para a área basal, indicando que a amostragem foi suficiente para estimar a abundância e área basal da população, considerando esses níveis de inclusão de DAP.

A estimativa da eficiência amostral para a estrutura da floresta, utilizando a comparação dos valores paramétricos obtidos no censo florestal com os valores estimados por meio da amostragem com parcelas, também foi avaliada nos estudos de Augustynczyk et al. (2013) e Cavalcanti et al. (2011). Augustynczyk et al. (2013) testaram cinco tamanhos de parcelas: 200 m² (10 m x 20 m), 400 m² (20 m x 20 m), 500 m² (10 m x 50 m), 1000 m² (10 m x 100 m) e 1000 m² (20 m x 50 m) e duas formas de parcelas: retangular e quadrada, para quatro intensidades amostrais: 2%, 5%, 10% e 15% da área total da população; e Cavalcanti et al. (2011) avaliaram 70 parcelas de 50 m x 400 m com de intensidade amostral de 14% para árvores de espécies comerciais com DAP ≥ 40 cm. Nesses dois estudos também foi observado que os valores estimados para a abundância e área basal foram bem próximos dos valores paramétricos encontrados no censo.

Os erros amostrais estimados para a abundância e área basal ficaram abaixo do limite de erro requerido, que é de 10%, até quando se considerou árvores com DAP ≥ 25 cm (Figura 2), o que significa que a amostragem utilizada na área do experimento foi suficiente para estimar com precisão as duas variáveis em estudo até esse nível de inclusão de DAP. Entretanto, nos níveis de inclusão de DAP ≥ 40 cm, DAP ≥ 45 cm e DAP ≥ 50 cm, as estimativas dos erros amostrais para a abundância ficaram acima de 10%. E para a área basal o erro foi superior a 10% nos níveis de inclusão de DAP ≥ 30 cm; DAP ≥ 35 cm; DAP ≥ 40

cm, $DAP \geq 45$ cm e $DAP \geq 50$ cm. É importante considerar que nos inventários amostrais ou diagnósticos aceitam-se erros em torno de 20% para árvores com $DAP \geq 50$ cm de espécies comerciais. Nesse caso, o erro amostral estimado para a abundância (13,8%) e área basal (15,3%) seria aceitável.

Essa tendência de aumento dos erros amostrais com o aumento do diâmetro mínimo de inclusão pode ser observada claramente na Figura 2. Comportamento similar foi observado para o erro real, conforme é mostrado na Figura 1.

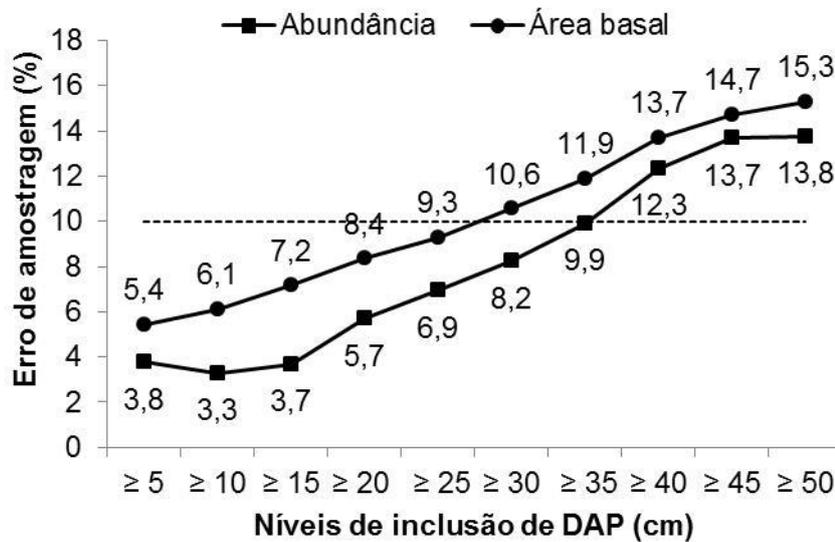


Figura 2. Estimativa do erro amostral por nível de inclusão de DAP, para a abundância e área basal, em uma área de 144 ha (amostra de 12 ha - 8,3% de intensidade amostral) na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará.

Esse resultado está diretamente relacionado com a distribuição diamétrica das árvores na floresta, que é na forma de “J” invertido, distribuição comum de florestas naturais tropicais (Gonçalves & Santos, 2008; Reis et al., 2010). Esse tipo de distribuição é caracterizado pela maior concentração de árvores nas menores classes de diâmetro, o que justifica o menor erro encontrado para os menores níveis de inclusão de DAP. Desta forma, parcelas menores poderiam ser usadas para representar essas classes inferiores.

Os erros amostrais foram maiores para a área basal, em todos os níveis de inclusão DAP, assim como se observou para o erro real. O diâmetro tem alta variabilidade em florestas naturais, sendo a área basal diretamente influenciada pelo diâmetro, conseqüentemente os maiores erros são encontrados para esta variável. Para a abundância, os erros amostrais estimados foram inferiores a 10% até $DAP \geq 35$ cm, enquanto que para a área basal foi até $DAP \geq 25$ cm.

Conforme se aumenta o diâmetro de inclusão do inventário, mais unidades amostrais precisam ser instaladas na área para atingir o limite de erro requerido no inventário (10%), o que pode ser confirmado quando se observa a Figura 3.

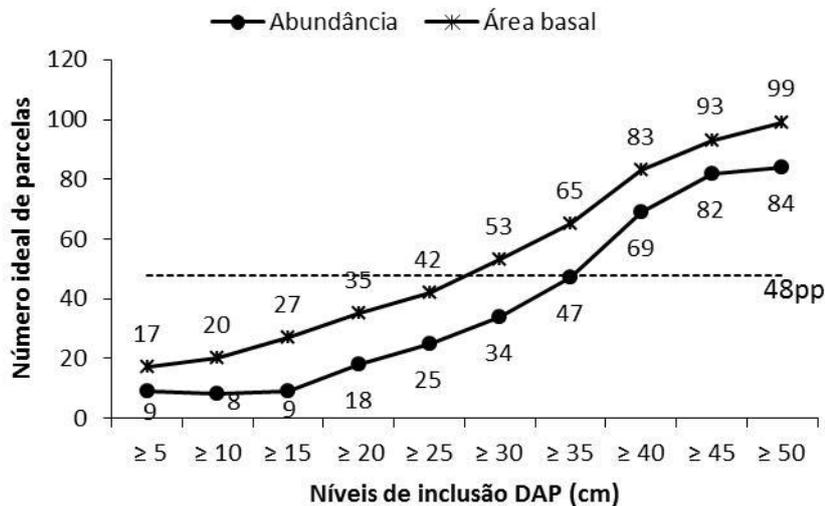


Figura 3. Número ideal de parcelas de 50 m x 50 m a serem instaladas por nível de inclusão de DAP, considerando o limite de erro amostral de 10%, para a abundância e área basal, em uma área de 144 ha (amostra de 12 ha - 8,3% de intensidade amostral) na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará.

Para o menor nível de inclusão de DAP ($DAP \geq 5$ cm), o resultado do redimensionamento da amostra mostrou que nove parcelas de 50 m x 50 m seriam suficientes para atingir o limite de erro requerido (10%) na estimativa da abundância e 17 parcelas seriam suficientes para estimar com precisão a área basal (Figura 3), ou seja, uma amostra 81% menor (abundância) e 65% menor (área basal) do que a utilizada na área considerando esse nível de inclusão de DAP. Entretanto, para o último nível de inclusão de DAP (≥ 50 cm) foram observados os maiores erros amostrais (Figura 2), uma amostra duas vezes maior (99 parcelas) seria necessária para estimar com precisão a área basal das árvores com $DAP \geq 50$ cm (Figura 3). Por outro lado, no inventário amostral o erro amostral requerido exigido para espécies comerciais com $DAP \geq 50$ (Diâmetro Mínimo de corte) é de 20%. Nessa situação, o número de unidades amostrais usadas na área poderia ser suficiente para estimar com precisão a abundância e a área basal.

Em diferentes tamanhos e formas de parcelas testados por Oliveira et al. (2014) para cinco categorias de DAP mínimo, na estação experimental de Silvicultura Tropical do INPA e no Parque Fenológico da estação experimental da SUFRAMA, observou-se que para a categoria de diâmetro mínimo de 45 cm, nove das 12 parcelas testadas tiveram incertezas

acima de 10%, assim os autores sugeriram aumentar o tamanho das parcelas para garantir uma melhor margem de erro.

4. CONCLUSÕES

A eficiência amostral variou conforme as mudanças nos níveis de inclusão de DAP das árvores. Os maiores erros, tanto o real quanto o de amostragem, foram observados para as árvores de maiores diâmetros.

O número de parcelas utilizadas na área não foi suficiente para estimar com precisão a abundância de árvores com $DAP \geq 40$ cm e a área basal das árvores com $DAP \geq 30$ cm, considerando 10% de erro. Entretanto, considerando que para árvores com $DAP \geq 50$ cm admite-se até 20% de erro no inventário diagnóstico, o número de unidades amostrais usadas na área é suficiente para estimar com precisão a abundância e a área basal.

Sugerem-se estudos para testar a eficiência de diferentes tamanhos de parcelas para cada nível de inclusão de DAP nos inventários, pois neste estudo foi observado que a precisão da amostra variou conforme as mudanças de DAP de inclusão das árvores no inventário.

5. REFERÊNCIAS

Augustynczyk ALD, Machado AS, Filho AF, Netto SP. Avaliação do tamanho de parcelas e de intensidade de amostragem em inventários florestais. *Scientia Forestalis*, 2013; 41 (99): 361-368.

Carvalho JOP. Subsídios para o manejo de florestas naturais na Amazônia brasileira: resultados de pesquisa da EMBRAPA/IBDF-PNPF. Belém, Embrapa-CPATU (Embrapa-CPATU. Documentos, 43); 1987.

Cavalcanti FJB, Machado AS, Hosokawa RT. Tamanho de unidade de amostra e intensidade amostral para espécies comerciais da Amazônia. *Floresta*, 2009; 39 (1): 207-214.

Cavalcanti FJB, Machado AS, Hosokawa, RT, Cunha US. Comparação dos valores estimados por amostragem na caracterização da estrutura de uma área de floresta na Amazônia com as informações registradas no censo florestal. *Revista Árvore*, 2011; 35 (5): 1061-1068.

Gonçalves FG, Santos JR. Composição florística e estrutura de uma unidade de Manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. *Acta Amazonica*, 2008; 38 (2): 229-244.

Higuchi N, Santos J, Jardim FCS. Tamanho de parcela amostral para inventários florestais. *Acta Amazonica*, 1982; 12 (1): 91-103.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: DEDIT/CDDI; 2012.

Krebs CJ. Ecological methodology. New York: Harper and Row; 1989.

Oliveira MM, Higuchi N, Celes CH, Higuchi FG. Tamanho e formas de parcelas para inventários florestais de espécies arbóreas na Amazônia Central. *Ciência Florestal*, 2014; 24 (3): 645-653.

Oliveira júnior RC, Corrêa JRV. Caracterização dos solos do município de Belterra, Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 88); 2001.

Reis LP, Ruschel AR, Coelho AA, Luz AS, Martins-da-silva RCV. Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós, após 28 anos da exploração florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 2010; 30 (64): 265-281.

Sanquetta CR, Corte APD, Rodrigues AL, Watzlawick LF. Inventários florestais: planejamento e execução. Curitiba, PR: Multi-graphic Gráfica e Editora; 2014.

Ubialli JA, Figueiredo filho A, Machado SA, Arce JE. Comparação de métodos e processos de amostragem para estudos fitossociológicos em uma floresta ecotonal na região norte Matogrossense. *Floresta*, 2009; 39 (3), 511-523.

7. Que espécies são mais ofertadas pelos vendedores da madeira?

8. Que espécies são mais procuradas pelos compradores?

9. Espécies que você considera promissoras comercialmente. (aquelas que ainda não tem um bom mercado, ou mercado nenhum, mas poderá ter em futuro breve)

10. Espécies que gostaria de trabalhar se estivesse disponível.

Observações:

APÊNDICE 3. Espécies encontradas no inventário a 100% de intensidade, realizado em 2014 em 144 ha de uma área manejada na Flona da Tapajós, distribuídas por grupo de uso. Grupo 1 (espécies cuja madeira é processada atualmente nas serrarias da região de Santarém, comercializada no mercado nacional e internacional; Grupo 2 (Espécies cuja madeira é considerada comercial, mas não é processada atualmente nas serrarias da região de Santarém); Grupo 3 (espécies sem reconhecido valor madeireiro na região de Santarém).

| GRUPO 1 | | |
|----------------|--|--|
| Família | Nome Comum | Nome científico |
| Anacardiaceae | Muiracatiara | <i>Astronium lecointei</i> Ducke |
| Bignoniaceae | Ipê-amarelo | <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose |
| | Ipê-roxo | <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos |
| Boraginaceae | Freijó-cinza | <i>Cordia goeldiana</i> Huber |
| Burseraceae | Breu-sucuruba | <i>Trattinnickia burseraefolia</i> Mart. |
| Caryocaraceae | Piquiá | <i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers. |
| Combretaceae | Cuiarana/cuiarana-de-carço | <i>Buchenavia</i> sp. |
| | Cuiarana-de-carço-fl-grande | <i>Buchenavia grandis</i> Ducke |
| | Cuiarana-de-carço-fl-pequena | <i>Buchenavia parvifolia</i> Ducke |
| | Cuiarana-de-fruto-alado | <i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell |
| Fabaceae | Amarelão | <i>Apuleia leiocarpa</i> var. <i>molaris</i> (Spruce ex Benth.) K. |
| | Angelim-da-mata | <i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke |
| | Angelim-pedra/Angelim-vermelho | <i>Dinizia excelsa</i> Ducke |
| | Coração-de-negro | <i>Swartzia corrugata</i> Benth. |
| | Cumarú | <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. |
| | Fava-amargosa | <i>Vatairea paraensis</i> Ducke |
| | Fava-bolacha | <i>Vatairea</i> sp. |
| | Fava-de-rosca/orelha-de-negro | <i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth. |
| | Fava-timborana | <i>Pseudopiptadenia suaveolens</i> (Miq.) J.W.Grimes |
| | Gombeira | <i>Swartzia</i> spp. |
| | Gombeira-vermelha | <i>Swartzia grandifolia</i> Bong. ex Benth |
| | Jatobá | <i>Hymenaea courbaril</i> L. |
| | Jutaí-mirim | <i>Hymenaea parvifolia</i> Huber |
| | Melancieira | <i>Alexa grandiflora</i> Ducke |
| | Mata-calado/Taxirana/muirapiranga | <i>Stryphnodendron polystachyum</i> (Miq.) Kleinhoonte |
| | Sucupira | <i>Bowdichia</i> sp. |
| | Sucupira-amarela | <i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth. |
| Sucupira-preta | <i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff | |
| Tento | <i>Ormosia</i> sp. | |
| Goupiaceae | Cupiúba | <i>Goupia glabra</i> Aubl. |
| Lauraceae | Itaúba/Itaúba-abacate | <i>Mezilaurus duckei</i> Van der Werff |
| | Itaúba-amarela | <i>Mezilaurus lindaviana</i> Schwacke & Mez |
| | Louro-faia | <i>Euplassa</i> sp. |
| | Louro-vermelho | <i>Sextonia rubra</i> (Mez) Van der Werff |
| Lecythidaceae | Tauari | <i>Couratari</i> spp. |

continua

Continuação

| Família | Nome Comum | Nome científico |
|----------------|---------------------------|--|
| Lecythidaceae | Tauarí-cachimbo | <i>Cariniana decandra</i> Ducke |
| | Tauarí-fl-peluda | <i>Couratari guianensis</i> Aubl. |
| | Tauarí-oblongifolia | <i>Couratari oblongifolia</i> Ducke & Kunth |
| | Tauarí-stellata | <i>Couratari stellata</i> A.C.Sm. |
| Meliaceae | Andiroba | <i>Carapa guianensis</i> Aubl. |
| | Cedro/cedro-vermelho | <i>Cedrela odorata</i> L. |
| Moraceae | Amapá-amargoso | <i>Brosimum potabile</i> Ducke |
| | Amapá-doce | <i>Brosimum parinarioides</i> Ducke |
| | Guariúba | <i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav. |
| | Tatajuba | <i>Bagassa guianensis</i> Aubl. |
| Proteaceae | Faieira | <i>Roupala</i> sp. |
| Sapotaceae | Abiu-mangabarana/Curupixá | <i>Micropholis melinoniana</i> Pierre |
| | Goiabão | <i>Chrysophyllum lucentifolium</i> Cronquist |
| | Maçaranduba | <i>Manilkara elata</i> (Allemão ex Miq.) Monach. |
| | Maparajuba | <i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) A.Chev. |
| Vochysiaceae | Quarubarana | <i>Erisma uncinatum</i> Warm. |
| | Quaruba-verdadeira | <i>Vochysia maxima</i> Ducke |

GRUPO 2

| Família | Nome Comum | Nome científico |
|----------------|-----------------------|--|
| Anacardiaceae | Aroeira | <i>Astronium graveolens</i> Jacq. |
| | Cajuaçu-açu | <i>Anacardium giganteum</i> W.Hancock ex Engl. <i>Anacardium spruceanum</i> Benth. ex Engl. |
| Apocynaceae | Araracanga | <i>Aspidosperma</i> spp. |
| Araliaceae | Morototó | <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al. |
| Bignoniaceae | Parapará | <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don |
| Boraginaceae | Freijó-branco | <i>Cordia</i> spp. |
| Burseraceae | Breu-barrote/manga | <i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart <i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd. |
| Calophyllaceae | Jacareúba | <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. |
| Caryocaraceae | Piquiarana | <i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers. |
| Clusiaceae | Anani | <i>Symphonia globulifera</i> L.f. |
| Euphorbiaceae | Mirindiba-doce/Glicia | <i>Glycydendron amazonicum</i> Ducke |
| | Seringueira | <i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg. |
| Fabaceae | Angelim-rajado | <i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes |
| | Copaíba | <i>Copaifera</i> spp. |
| | Cumarurana | <i>Taralea oppositifolia</i> Aubl. |
| | Fava-arara-tucupi | <i>Parkia multijuga</i> Benth |
| | Fava-bolota | <i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp. |
| | Roxinho/Coataquiçaua | <i>Peltogyne paradoxa</i> Ducke |
| | Timbaúba/Favatimbaúba | <i>Enterolobium maximum</i> Ducke |
| Humiriaceae | Uxi/uxi-liso | <i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec. |

continua

| Continuação | | |
|---------------|------------------------------|--|
| Humiriaceae | Uxirana/axuá | <i>Vantanea guianensis</i> Aubl. |
| Lauraceae | Louro-preto | <i>Ocotea nigrescens</i> Vicent. |
| | Pau-rosa | <i>Aniba duckei</i> Kosterm. |
| | Preciosa | <i>Aniba canelilla</i> (Kunth) Mez |
| Lecythidaceae | Castanha-do-pará | <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl. |
| | Castanha-sapucaia | <i>Lecythis pisonis</i> Cambess. |
| | Jarana | <i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori |
| Malvaceae | Açoita-cavalo | <i>Luehea speciosa</i> Willd. |
| | Axixá | <i>Sterculia pruriens</i> (Aubl.) K.Schum. |
| Moraceae | Amapaí | <i>Brosimum lactenses</i> (S. Moore) C.C. Berg |
| Myristicaceae | Ucuúba-da-terra-firme | <i>Virola michelii</i> Heckel |
| Olacaceae | Acariquara | <i>Minuartia guianensis</i> Aubl. |
| Salicaceae | Pau-jacaré | <i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler |
| Sapotaceae | Abiu-mangabinha | <i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre |
| | Abiu-vermelho | <i>Pouteria guianensis</i> Aubl. |
| | Guajará-bolacha | <i>Pouteria opposita</i> (Ducke) T.D.Penn. |
| Simaroubaceae | Marupá | <i>Simarouba amara</i> Aubl. |
| Urticaceae | Embaúba | <i>Cecropia</i> spp. |
| | Embaúba-branca | <i>Cecropia distachya</i> Huber |
| | Embaúbarana | <i>Pourouma guianensis</i> Aubl. |
| | Embaúba-torém | <i>Cecropia sciadophylla</i> Mart. |
| Vochysiaceae | Mandioqueira | <i>Qualea</i> spp. |
| GRUPO 3 | | |
| Família | Nome Comum | Nome científico |
| Achariaceae | Farinha seca/urucurana-linda | <i>Lindackeria paraensis</i> Kuhlm. |
| Anacardiaceae | Taperebá | <i>Spondias mombin</i> L. |
| | Tatapiririca | <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. |
| Annonaceae | Envira | Indeterminada |
| | Envira-ata/Araticum | <i>Annona montana</i> Macfad. |
| | Envira-amarela | <i>Xylopia benthamii</i> R.E.Fr. |
| | Envira-cana | <i>Xylopia nitida</i> Dunal |
| | Envira-preta | <i>Guatteria poeppigiana</i> Mart. |
| | Envira-preta-folha-pequena | <i>Guatteria schomburgkiana</i> Mart. |
| | Envira-preta-surucucu | <i>Onychopetalum amazonicum</i> R.E.Fr. |
| | Envira-surucucu | <i>Duguetia echinophora</i> R.E.Fr. |
| | Xylopia | <i>Xylopia</i> spp. |
| Apocynaceae | Carapanaúba | <i>Aspidosperma discolor</i> A.DC. |
| | Carapanaúba-amarela | <i>Aspidosperma carapanauba</i> Pichon |
| | Carapanaúba-preta | <i>Aspidosperma oblongum</i> A. DC. |
| | Muirajuçara | <i>Aspidosperma melagalocarpum</i> Müll. Arg. |
| | Pau-de-colher | <i>Lacmellea aculeata</i> (Ducke) Monach. |
| | Quinarana | <i>Geissospermum sericeum</i> Miers |
| | Sorva | <i>Malouetia duckei</i> Markgr. |

| | | |
|-------------------|----------------------------------|---|
| | Sucuúba | <i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson |
| Bixaceae | Urucu-da-mata | <i>Bixa arborea</i> Huber |
| Boraginaceae | Freijó-amarelo | <i>Cordia</i> sp. |
| | Uruá | <i>Cordia alliodora</i> |
| Burseraaceae | Breu/Breu-amarelo | <i>Protium apiculatum</i> Swart |
| | Breu-branco | <i>Protium pallidum</i> Cuatrec. |
| | Breu-vermelho | <i>Protium subserratum</i> (Engl.) Engl. |
| Calophyllaceae | Tamaquaré | <i>Caraipa punctulata</i> Ducke |
| Caricaceae | Mamuí | <i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A. DC. |
| Celastraceae | Barbatimão/xixuá | <i>Maytenus pruinosa</i> Reissek |
| Chrysobalanaceae | Caraipé/caripé/casca-seca | <i>Licania canescens</i> Benoist |
| | Macucú | <i>Licania heteromorpha</i> Benth. |
| | Macucú-vermelho | <i>Licania latifolia</i> Benth. ex Hook.f. |
| | Pajurá-da-mata | <i>Couepia</i> sp. |
| Clusiaceae | Bacuri-parí | <i>Garcinia macrophylla</i> Mart. |
| | Lacre-preto | <i>Vismia</i> sp. |
| | Lacre-vermelho | <i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy |
| | Manguerana | <i>Tovomita brevistaminea</i> Engl. |
| Connareacea | Cunário | <i>Connarus</i> spp. |
| Ebenaceae | Caqui | <i>Diospyros</i> spp. |
| | Caqui-fl-grande | <i>Lissocarpa benthamii</i> Gürke |
| | Caqui-fl-pequena/caqui preto | <i>Diospyros vestita</i> Benoist |
| Elaeocarpaceae | Urucurana | <i>Sloanea</i> spp. |
| | Urucurana-fl-grande | <i>Sloanea grandis</i> Ducke |
| | Urucurana-fl-pequena | <i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth. |
| Euphorbiaceae | Arataciú-amarelo/João-mole-falso | <i>Siparuna decipiens</i> (Tul.) A.DC. |
| | Burra-leiteira | <i>Sapium</i> spp. |
| | Conceveiba | <i>Conceveiba guianensis</i> Aubl. |
| | Muiravuvuia | <i>Croton matourensis</i> Aubl. |
| | Taquarí | <i>Mabea caudata</i> Pax & K. Hoffm. |
| Fabaceae | Cocão | <i>Crudia glaberrima</i> (Steud.) J.F.Macbr. |
| | Fava | <i>Parkia</i> spp. |
| | Fava-marí-marí | <i>Cassia fastuosa</i> Willd. ex Benth. |
| | Fava-barbatimão/Paricazinho | <i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr. |
| | Fava-barriguda | <i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke |
| | Fava-japu | <i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L.Rico |
| | Ingá | <i>Inga</i> spp. |
| | Ingá-amarelo | <i>Inga caynnensis</i> Sagot ex Benth. |
| | Ingá-branco | <i>Inga capitata</i> Desv. |
| | Ingá-cipó | <i>Inga edulis</i> Mart. |
| | Ingá-fl-peluda | <i>Inga rubiginosa</i> (Rich.) DC. |
| Ingá-gracilifolia | <i>Inga graciliflora</i> Benth. | |
| Ingá-vermelho | <i>Inga alba</i> (Sw.) Willd. | |

| | | |
|-----------------|------------------------------|---|
| | Ingá-xixica | <i>Inga heterophylla</i> Willd. |
| Fabaceae | Jaca-brava/Tento-fl-míuda | <i>Abarema cochleata</i> (Willd.) Barneby |
| | Jutaí-pororoca | <i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith |
| | Jutaírana | <i>Swartzia arborescens</i> (Aubl.) Pittier |
| | Macacaúba | <i>Platymiscium filipes</i> Benth. |
| | Mututi/Mututi-da-mata | <i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl |
| | Pau-santo | <i>Zollernia paraensis</i> Huber |
| | Pitaíca | <i>Swartzia polyphylla</i> DC. |
| | Saboeiro | <i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip |
| | Swartzia | <i>Swartzia</i> sp. |
| | Taxi-branco | <i>Tachigali guianensis</i> (Benth.) Zarucchi & Herend. |
| | Taxi-preto | <i>Tachigali</i> spp. |
| | Taxi-preto-fl-graúda | <i>Tachigali myrmecophila</i> (Ducke) Ducke |
| | Taxi-vermelho | <i>Tachigali chrysophylla</i> (Poepp.) Zarucchi & Herend. |
| | Tento-mulato/sucupira-babona | <i>Ormosia flava</i> (Ducke) Rudd |
| Tento-fl-graúda | <i>Ormosia nobilis</i> Tul. | |
| Humiriaceae | Uxi-curuba | <i>Endopleura</i> sp. |
| | Uxi-de-morcego | <i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC. |
| Lamiaceae | Tarumã | <i>Vitex triflora</i> Vahl |
| Lauraceae | Louro | Indeterminada |
| | Louro-abacate | <i>Ocotea longifolia</i> Kunth |
| | Louro-amarelo | <i>Licaria</i> sp. |
| | Louro-fl-peluda | <i>Aniba williamsii</i> O. C. Schmidt |
| | Louro-grande | <i>Nectandra micranthera</i> Rohwer |
| | Louro-raiz-aérea | <i>Endlicheria</i> sp. |
| | Louro-rosa | <i>Aniba</i> sp. |
| Lecythidaceae | Castanha-de-arara | <i>Joannesia heveoides</i> Ducke |
| | Castanha-de-porco | Indeterminada |
| | Matamatá | <i>Eschweilera</i> spp. |
| | Matamatá-jibóia | <i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers |
| | Matamatá-branco | <i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori |
| | Matamatá-cí | <i>Eschweilera amazonica</i> R. Knuth |
| | Matamatá-preto | <i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith |
| | Matamatá-vermelho | <i>Lecythis idatimon</i> Aubl. |
| Malpighiaceae | Muruci-da-mata | <i>Byrsonima aerugo</i> Sagot |
| Malvaceae | Cupuí | <i>Theobroma subincanum</i> Mart. |
| | Inajarana | <i>Quararibea guianensis</i> Aubl. |
| | Mamorana-da-terra firme | <i>Eriotheca longipedicellata</i> (Ducke) A. Robyns |
| | Pente-de-macaco | <i>Apeiba albiflora</i> Ducke <i>Apeiba echinata</i> Gaertn. |
| | Pluma-de-macaco | <i>Apeiba tibourbou</i> Aubl. |
| | Sumaúma | <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. |
| Melastomataceae | Muiráúba | <i>Mouriri brevipes</i> Hook. |
| | Muiráúba-amarela | <i>Mouriri plasschaerti</i> Pulle |

| | | |
|-----------------|--|---|
| Melastomataceae | Muíba/Goiaba-de-anta Papaterra | <i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana <i>Miconia</i> spp. |
| Meliaceae | Andirobarana Jataúba Muirarema | <i>Guarea</i> spp. <i>Trichilia</i> spp. <i>Trichilia micrantha</i> Benth. |
| Moraceae | Apuí Caúcho Caxinguba Janitá Janitá-fl-pequena Muirapinima Muiratinga Muiratinga- fl-peluda Muiratinga-fl-grande Muiratinga-fl-larga Muiratinga-fl-pequena Mururé Pama/Pama fl.pequena | <i>Ficus</i> spp. <i>Castilla ulei</i> Warb. <i>Ficus maxima</i> Mill. <i>Clarisia ilicifolia</i> (Spreng.) Lanj. & Rossberg <i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber <i>Naucleopsis caloneura</i> (Huber) Ducke <i>Helicostylis</i> sp. <i>Helicostylis pedunculata</i> Benoist <i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) Rusby <i>Maquira sclerophylla</i> (Ducke) C.C.Berg <i>Maquira guianensis</i> Aubl. <i>Brosimum acutifolium</i> Huber <i>Pseudolmedia laeves</i> (Ruiz & Pav.) J.F.Macbr. |
| Myristicaceae | Ucuúba Ucuúba-da-fl peluda Ucuúbarana Ucuúba-vermelha | <i>Virola</i> spp. <i>Virola multinervia</i> Ducke <i>Iryanthera sagotiana</i> (Benth.) Warb. <i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb. |
| Myrtaceae | Araçá-da-mata/Ginja-de-jabuti Goiabarana Goiabinha Murta Indeterminada | <i>Eugenia patrisii</i> Vahl <i>Myrcia</i> sp. <i>Eugenia</i> sp. <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC. Indeterminada |
| Nyctaginaceae | João mole João-mole-fl-grande João-mole-fl-miúda | <i>Neea</i> spp. <i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl. <i>Neea ovalifolia</i> Spruce ex J.A.Schmidt |
| Ochnaceae | Pau-de-cobra | <i>Ouratea spruceana</i> Engl |
| Olacaceae | Lacrão-da-mata | <i>Chaunochiton kappleri</i> (Sagot ex Engl.) Ducke |
| Opiliaceae | Pau-marfim | <i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook. f. |
| Papilionoideae | Aquiqui | <i>Phyllanthus nobilis</i> (L. f.) Müll. Arg. |
| Peraceae | Amarelinho | <i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers ex Benth. |
| Quinaceae | Papo-de-mutum Quina | <i>Lacunaria jenmanii</i> (Oliv.) Ducke <i>Quiina</i> sp. |
| Rosaceae | Cumaruí | <i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb. |
| Rubiaceae | Cabeça-de-urubu Escorrega-macaco Pau-de-remo Puruí | <i>Duroia macrophylla</i> Huber <i>Capirona decorticans</i> Spruce <i>Capirona huberiana</i> Ducke <i>Chimarrhis turbinata</i> DC. <i>Duroia sprucei</i> Rusby |
| Rutaceae | Tamanqueira/Mamica-de-cadela | <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. |

| | | |
|----------------|---------------------------------|--|
| Salicaceae | Canela-de-velho | <i>Casearia javitensis</i> Kunth |
| | Sardinheira | Indeterminada |
| Sapindaceae | Caneleira-branca | <i>Cupania scrobiculata</i> Rich. |
| | Pitomba | <i>Talisia macrophylla</i> Radlk. |
| | Pitomba-fl-peq./fl. miúda | <i>Talisia pedicellaris</i> Sagot ex Radlk. |
| | Saboeiro | <i>Abarema jupunba</i> (Willd.) Britton & Killip |
| | Abiu | Indeterminada |
| | Abiu-casca-fina | <i>Chrysophyllum</i> sp. |
| | Abiu-cutite | <i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma |
| Sapotaceae | Abiu-larga-casca/Abiu arrepiado | <i>Pouteria decorticans</i> T.D.Penn |
| | Abiu-nervura | <i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart. |
| | Abiu-pitomba-de-leite | <i>Pouteria engleri</i> Eyma |
| | Abiu-rosadinho | <i>Pouteria anomala</i> (Pires) T.D. Penn |
| | Abiu-seringarana | <i>Ecclinusa guianensis</i> Eyma |
| | Abiu-sessilis | <i>Chrysophyllum cuneifolium</i> (Rudge) A.DC |
| Siparunaceae | Capitiú | <i>Siparuna guianensis</i> Aubl. |
| Ulmaceae | Farinha-seca/Pele-de-sapo | <i>Ampelocera edentula</i> Kuhlmann |
| Urticaceae | Mapatirana | <i>Pourouma minor</i> Benoist |
| | Acariquarana | <i>Rinorea guianensis</i> Aubl. |
| Violaceae | Paiparola | <i>Paypayrola grandiflora</i> Tul. |
| | Quaruba-rosa | <i>Vochysia</i> sp. |
| Indeterminadas | Indeterminadas | Indeterminadas |

