



**PRODUTIVIDADE EM VOLUME DE MADEIRA EM PÉ DE UMA FLORESTA
ÓMBROFILA DENSA SUBMONTANA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

FABRÍCIO REIS GOMES

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**PRODUTIVIDADE EM VOLUME DE MADEIRA EM PÉ DE UMA FLORESTA
ÓMBROFILA Densa SUBMONTANA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

FABRÍCIO REIS GOMES

ORIENTADOR: PhD. LUCAS JOSÉ MAZZEI DE FREITAS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

Brasília – DF, 28 de outubro de 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**PRODUTIVIDADE EM VOLUME DE MADEIRA EM PÉ DE UMA FLORESTA
ÓMBROFILA DENSA SUBMONTANA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

FABRÍCIO REIS GOMES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

APROVADA POR:

Prof^a. PhD. LUCAS JOSÉ MAZZEI DE FREITAS
Departamento de Engenharia Florestal – Embrapa Amazônia Oriental
Orientador

Prof. Dr. RENATO VINÍCIUS OLIVEIRA CASTRO
Departamento de Engenharia Florestal – UFSJ
Examinador Interno à UnB

Prof. Dr. RODRIGO GERONI MENDES NASCIMENTO
Instituto de Ciências Agrárias – UFRA
Examinador Externo à UnB

Brasília – DF, 28 de outubro de 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Rp Reis Gomes, Fabrício

PRODUTIVIDADE EM VOLUME DE MADEIRA EM PÉ DE UMA FLORESTA
ÓMBROFILA DENSA SUBMONTANA NA AMAZÔNIA ORIENTAL / Fabrício
Reis Gomes; orientador Lucas José Mazzei de Freitas. --
Brasília, .
48 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) --
Universidade de Brasília, .

1. Produção de madeira. 2. Dinâmica de árvores. 3.
Recuperação de Estoque de Madeira. 4. Espécies de árvores
comerciais. I. Mazzei de Freitas, Lucas José, orient. II.
Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GOMES, F. R. **Produtividade em volume de madeira em pé em uma floresta Ômbrófila Densa Submontana na Amazônia Oriental**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF. 48 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Fabrício Reis Gomes

TÍTULO: PRODUTIVIDADE EM VOLUME DE MADEIRA EM PÉ DE UMA FLORESTA ÓMBROFILA Densa SUBMONTANA NA AMAZÔNIA ORIENTAL

GRAU: Mestre ANO: 2022

É concedido à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Fabrício Reis Gome

freisflorestal@gmail.com

Brasília – DF, 28 de outubro de 2022

*“A natureza é o único livro que oferece um conteúdo valioso em todas
as suas folhas...” (Johann Goethe)*

Aos meus pais Genilda e Jorge, dedico

AGRADECIMENTOS

A todo o corpo docente do Departamento de Engenharia Florestal por compartilhar seus conhecimentos que foram de grande importância para minha formação acadêmica profissional e pessoal.

A empresa Keilla Florestal Ltda. por sempre apoiar o desenvolvimento de pesquisas na Amazônia Oriental

Ao meu orientador PhD. Lucas José Mazzei de Freitas, pelos ensinamentos, as discussões acerca de floresta, pela paciência e encorajamento a ingressar na pós-graduação.

Aos meus colegas da pós-graduação.

O meu colega MSc. Guilherme Ivanov, pelas conversas acerca de manejo florestal dendrometria e inventário florestal.

A minhas irmãs que sempre me deram suporte durante os estudos em home office.

E a meus pais que sempre deram, como proporcionaram condições necessárias para que eu concluísse essa etapa em minha carreira.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	QUESTÕES DE PESQUISA E HIPÓTESE.....	4
3	OBJETIVOS.....	4
3.1	Objetivo Geral	4
3.2	Objetivos Específicos	4
4	MATERIAIS E MÉTODOS	5
4.1	Área de Estudo.....	5
4.2	Amostragem e Coleta dos Dados.....	5
4.3	Equação de Volume e definição da produtividade	7
4.4	Classes de Valor comercial.....	8
5	RESULTADOS	9
5.1	Estoque e produtividade de volume de madeira em pé da comunidade arbórea da área de estudo: UT 14.....	9
5.2	Estoque e produtividade de volume de madeira em pé para diferentes grupos de espécies de valor comercial.....	11
6	DISCUSSÃO.....	16
7	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS.....	25
	APÊNDICES.....	32

RESUMO

Este estudo teve como objetivo calcular a produtividade de madeira em pé, em uma floresta Ombrófila Densa Submontana de Terra de Terra Firme manejada para fins madeireiros no município de Paragominas, estado do Pará, ao longo de 16 anos de monitoramento. O estudo foi realizado na área de manejo florestal Rio Capim, pertencente a empresa Grupo Keilla Florestal, em uma unidade de trabalho (UT 14) explorada no ano de 2004 (unidade de produção anual 7). Antes da exploração foram instalados dois transectos de 900 m x 100 m com subdivididos cada um em 9 parcelas permanentes de 100 m x 100 m, (1 ha). Todas as árvores com DAP (diâmetro a 1,30 m do solo) ≥ 20 cm foram mensuradas e identificadas botanicamente. As medições ocorreram em 10 ocasiões, sendo a primeira em 2004, e posteriormente em 2005, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020. Neste estudo, as espécies foram classificadas em três grupos de valor comercial, G1 (alto valor), G2 (valor intermediário) e G3 (menor valor) de acordo com as listas do SFB e IDEFLOR-Bio. Foi determinada a participação de cada processo da dinâmica das árvores (incremento diamétrico, mortalidade e ingresso) na produtividade em madeira em pé da área manejada. Os resultados mostraram que a produtividade de madeira em pé, considerando todas as espécies com árvores acima do diâmetro mínimo de corte de 50 cm, foi superior a produtividade sugerida pela legislação brasileira no licenciamento de planos de manejo na região. Da mesma forma o grupo de espécies G3 apresentou produtividade acima da sugerida pela legislação e indicam recuperação do estoque de madeira pré-colheita considerando o ciclo de corte de 35 anos. Por outro lado, os grupos de espécies de valor alto e intermediário (G1 e G2) apresentaram produtividade abaixo do proposto pela legislação, sugerindo a não recuperação do volume durante o primeiro ciclo de corte. Dentre os processos de dinâmica, a mortalidade de árvores foi o processo determinante no resultado da produtividade da área manejada e consequente recuperação do estoque. A chegada de novos indivíduos garante produtividade limitada nas classes de árvores com tamanho comercial (DAP ≥ 50 cm). Os resultados indicam que a produtividade de madeira em pé sugerida pela legislação deve ser utilizada de forma criteriosa na decisão de manejo. O estoque remanescente e a estrutura populacional de árvores comercial devem ser meticulosamente prognosticados antes da decisão da seleção de corte do primeiro ciclo.

Palavras chave: Produção de madeira; Dinâmica de árvores; Recuperação do estoque de madeira; Espécies de árvores comerciais.

ABSTRACT

This study aimed to determine the timber yield of standing wood in a Dense Ombrophylous Forest of terra firme managed for timber purposes in the municipality of Paragominas, state of Pará, throughout 16 years of monitoring. The study was conducted in the Rio Capim forest management area belonging to the company Cikel Brasil Verde, in a work unit (WU 14) logged in 2004 (Annual Production Unit 7). Before logging, two 900 m x 100 m transects were installed, each one was subdivided into 9 permanent 100 m x 100 m plots, (1 ha). All trees with DBH (diameter at 1.30 m from the ground) ≥ 20 cm were measured and botanically identified. Measurements occurred on 10 occasions, the first in 2004, and subsequently in 2005, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020. In this study, species were classified into three commercial value groups, G1 (high value), G2 (intermediate value), G3 (lowest value) according to SFB and IDEFLOR-Bio lists. The participation of each process of tree dynamics (diametric increment, mortality and recruitment) on timber yield was determined. The results showed that the timber yield of standing timber was higher than that suggested by Brazilian legislation for trees greater or equal of the minimum diameter cutting limit of 50 cm dbh. Likewise, the G3 species group showed timber yield above that suggested by legislation that indicates recovery of the pre-harvest timber stock within the cutting cycle of 35 years. On the other hand, the species groups of high and intermediate value (G1 and G2) showed timber yield below that proposed by legislation. Tree mortality was the determining process to define species group timber yield and consequently them stock recovery. Ingrowth of new trees guarantees limited timber yield for commercial sized class (DBH ≥ 50 cm). The results indicate that the timber yield suggested by legislation should be used judiciously in forest management decisions. The remaining stock and the population structure of commercial trees should be meticulously analyzed before cutting selection decision of the first cycle.

Key-words: Timber yield; Trees dynamics; Timber stock recovery; merchantable tree species.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo na Fazenda Rio Capim.	6
Figura 3. Desenho esquemático da UT 14 com os 2 transectos com a distribuição das parcelas, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA..... Erro! Indicador não definido.	
Figura 4. Evolução do estoque volumétrico para todas as espécies de 16 anos de monitoramento (a) volume de madeira em pé nos diferentes processos de dinâmica: incremento diamétrico, recrutamento e mortalidade, além da representação da produtividade líquida e volume de madeira em pé (b). Diferença significativa (*) a 5% de probabilidade, entre a respectiva e a medição anterior.....	10
Figura 5. Estoque volumétrico ao longo do período de monitoramento do estudo para os diferentes grupos de valor e para as espécies exploradas (a), e dinâmica do volume de madeira em pé nos diferentes processos de dinâmica considerando o intervalo entre 2005 e 2020 (b). Diferença significativa (*) e não significativa (ns) a 5% de probabilidade entre o volume de 2005 e 2020	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Volume de madeira em pé ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) nos diferentes processos de dinâmica e da produtividade entre 2005 e 2020, para os grupos avaliados..... 14

Tabela 2. Produtividade em volume de madeira em diferentes trabalhos na Amazônia... **Erro!**
Indicador não definido.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo foi descoberto o potencial econômico dos produtos florestais, desde então, a pressão sobre as florestas cresce ano após ano. Na floresta amazônica por exemplo, intervenções iniciaram a partir do ano de 1970 com a inauguração da BR-230, mais conhecida popularmente como “Transamazônica” (FEARNSIDE, 2005). Juntamente com a rodovia vieram os incentivos de ocupação da região Amazônica como o Plano Nacional de Integração que tinha por objetivo a implementação de infraestrutura no norte e nordeste do País, mas que em parte foi caracterizado pelo desmatamento, exploração predatória e a ocupação de território (SOUZA, 2020).

Diante da necessidade em gerenciar o uso dos recursos florestais implementou-se o Manejo Florestal Sustentável - MFS que consiste na gestão da floresta para atingir um ou mais objetivos específicos visando a produção contínua de produtos e de serviços desejados sem reduzir seu valores intrínsecos e a produtividade, e sem gerar efeitos indesejados ao ambiente e a sociedade (ITTO, 1999). Segundo (HIGUCHI, 1994) o manejo, parte do princípio de produção contínua e sustentada dos produtos florestais, por meio do desenvolvimento cognitivo, dinâmico e interativo.

A implementação do manejo florestal sustentável em florestas nativas é uma tarefa árdua, devido à complexidade do ecossistema floresta, diversidade de espécies da flora e fauna e da extensão do ambiente Amazônico (CARVALHO, 1999; SILVA et al., 2012). A necessidade de medidas regulatórias, somada a constante demanda por recursos madeireiros provenientes da floresta amazônica, resultou em normas e diretrizes que pudessem nortear tecnicamente a utilização sustentável dos recursos. Dentre essas normas temos a Instrução Normativa nº 05, de 11 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006a) que regula a colheita de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de madeira em ciclos de corte de 35 anos em área exploradas mecanicamente, e a Resolução CONAMA nº 406, de 02 de fevereiro de 2006 (BRASIL, 2009) que estabelece o valor de produtividade de madeira em pé em $0,86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para toda a população de espécies comerciais das florestas manejadas. Tais normas trazem consigo os demais parâmetros técnicos a serem adotados durante o manejo florestal.

A produção de madeira ao longo da Amazônia Legal é realizada através de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), ou através de supressões florestais licenciadas. O PMFS consiste em um conjunto de diretrizes e de procedimentos reproduzidos através de

um documento técnico (BRASIL, 2006b). Segundo os dados do IBAMA (2021), somente no ano de 2020 foram registrados e autorizados cerca 250 PMFS para produção de madeira na Amazônia Legal, dos quais 60 % estão localizados em Florestas Ombrófilas Densa e 90% adotaram ciclos de corte de 30 e 35 anos. Ou seja, os parâmetros técnicos aplicados, são comuns em grande parte das operações de extração madeireira via manejo.

Juntamente com a implementação dos planos de manejo florestal ao longo da Amazônia, vieram os questionamentos entorno da sustentabilidade dessa prática, ou seja, avaliando as premissas atribuídas ao conceito de “Manejo Florestal Sustentável”, aqui vale mencionar os trabalhos de BRAZ et al. (2012a), AMARAL et al. (2019), ALDER e SILVA (2000), MILTON et al. (2022). Segundo CAPANEMA et al. (2022) a utilização ampla de parâmetros padronizados pela legislação pode resultar em utilização inadequada dos recursos conforme a fitofisionomia da comunidade florestal, que podem impactar a floresta por anos. Braz et al., (2014) questionaram a implementação dos ciclos de corte através de normas, diante da diversidade florestal que pode ser encontrada na região amazônica.

Dentre as práticas consideradas sustentáveis, na produção de madeira através dos PMFS, podemos destacar o sistema de Exploração de Impacto Reduzido (EIR), que tem por objetivo minimizar os impactos ambientais provocados pela exploração florestal, seguindo algumas condições, tais como: corte antecipado de cipós e lianas, a preservação de espécies raras e portadora de sementes, o direcionamento de queda das árvores, entre outros (ZARIN et al., 2007). As primeiras experiências foram documentados em meados de 1980 através de pesquisas, e foram oficialmente aplicados em meados de 1990, pois até então a exploração era realizada com pouca técnica e sem planejamento (SABOGAL et al., 2000). Evidentemente a exploração de impacto reduzido é rentável do ponto de vista financeiro, mas também ambientais, conforme observados em diversos trabalhos ao longo da Amazônia (BOLTZ et al., 2001; HOLMES et al., 2002 ;VALLE et al., 2007). Tendo em vista que EIR é empregada em todos os PMFS da região e ela seja considerada premissa de sustentabilidade, é importante avaliar a dinâmica de florestas submetidas a esta exploração e a produtividade de madeira em pé de espécies exploradas neste sistema.

O manejo florestal é uma ferramenta não somente para sustentabilidade, mas também uma fonte de renda para as populações. De acordo com Silva (2011) produtos oriundos da madeira tornaram-se uma das principais fontes de retorno econômico para as populações florestais. Somente no ano de 2017 foram comercializados 2.97 milhões de m³ em produtos provenientes de madeira explorada em PMFS (BRASIL, 2019). Quanto a mão

de obra, para o mesmo ano foram registrados 43 mil empregos formais, envolvendo extração, derrubada, transporte, descarregamento de madeiras, dendrometria, entre outras atividades (BRASIL, 2018). Vale ressaltar, que a madeira pode ser produzida tanto em florestas privadas, como em florestas públicas.

Diante da necessidade de fomentar a aplicação do manejo florestal, foi estabelecida a lei federal n.º 11.284/2006, que cria a política de concessão de florestas públicas brasileiras, orientando a exploração madeireira nestas unidades de conservação (BRASIL, 2006c). De acordo Rodrigues et al., (2020) além de garantir à oferta contínua dos produtos florestais madeireiros e não madeireiros a concessão tem por objetivo desacelerar a ocupação desordenada e a exploração ilegal. As concessões permitem que empresas possam explorar as florestas públicas através de contrato específico. A produção de madeira nas concessões é permitida mediante o uso de PMFS que consequente são guiados pelos parâmetros técnicas equivalentes aos manejos em florestas privadas.

O valor de comercialização da madeira deve ser superior ao custo do desenvolvimento da respectiva atividade madeireira (SANTANA et al., 2012). Dentre os obstáculos enfrentados na implementação das concessões florestais está à concorrência com a madeira “produzida” de forma ilegal (CHULES; SCARDUA; MARTINS, 2018) pois apresentam custos consideravelmente inferiores. Conforme Moreira et al. (2000) a disseminação dos PMFS torna-se difícil devido ao baixo preço de mercado para madeira em pé produzida de forma legal. Segundo esse mesmo autor, o valor da concessão florestal depende do volume comercial estimado, do preço da tora e das restrições legais impostas aos concessionários. Diante disso, a determinação do preço da madeira em pé é crucial para a produção sustentável via manejo florestal.

Outro fator importante é a sustentabilidade na produção de madeira em pé no longo prazo, pois os PMFS são pautados em sistemas policíclicos, isto significa que ao término de cada ciclo (35 anos ou menos) a florestas poderá ser novamente explorada. Obviamente, a cada nova exploração, é esperado que o estoque de madeira possa garantir a viabilidade das operações, bem como atender as premissas de sustentabilidade do PMFS. Os parâmetros de ciclo de corte e previsão de recuperação, propostos pela legislação são por vezes questionados. Para Zarin et al. (2007) a generalização do ciclo de corte pode ser tanto ecologicamente como financeiramente inviável. West, Vidal e Putz (2014) avaliando a recuperação de uma floresta após EIR região da Amazônia oriental constataram a não

recuperação do seu estoque em biomassa acima do solo, porém destacaram a necessidade de estudos que compreendam a capacidade de recuperação volumétrica.

Para Braz e Mattos (2015) por vezes as leis e normas devem ser revistas para que se possa alcançar a sustentabilidade dos ecossistemas. Assim a pesquisa tende a ser instrumento de apoio a formulação e de políticas públicas. Estudos para avaliar a capacidade de produção de madeira em pé após a exploração podem contribuir para o atingimento do manejo floresta sustentável.

2 QUESTÕES DE PESQUISA E HIPÓTESE

Hipótese: A produtividade de madeira em pé de espécies comerciais em uma floresta manejada, na região de Paragominas-PA, é diferente da produtividade proposta pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA através da Resolução nº 406 de 02 de fevereiro de 2006.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Estudar a produtividade de madeira em pé de uma floresta ombrófila densa submontana submetida a exploração de impacto reduzida via manejo florestal na região do alto rio Capim, município de Paragominas (PA)

3.2 Objetivos Específicos

- Comparar a produtividade de volume de madeira em pé da floresta manejada com a produtividade proposta pela Resolução do CONAMA nº 406, de 02 de fevereiro de 2006.
- Quantificar a participação de cada processo da dinâmica de árvores (incremento diamétrico, mortalidade e ingresso) na produtividade do volume de madeira em pé.

- Quantificar a produtividade de madeira em pé de espécies agrupadas em diferentes grupos de valor.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em Área de Manejo Florestal (AMF) denominada Fazenda Rio Capim com cerca de 148 mil ha pertencente ao Grupo Keilla e gerenciada pela empresa Keilla Florestal Ltda. A AMF está localizada no município de Paragominas, Pará, a cerca de 320 km da capital do estado, entre as coordenadas geográficas 03°30' e 03°45' S e 48°30' e 48°45' O.

O clima da região conforme a classificação de Köppen é do tipo “Aw”, clima tropical chuvoso com estação bem definida, com temperatura média anual de 26,3 ° C, precipitação média anual de 1.800 mm e umidade relativa do ar de 81% (ALVARES et al., 2013).

A topografia da área é plana ou levemente ondulada com altitude média entorno de 20 m (HIRAI; CARVALHO; PINHEIRO, 2007). As principais classes de solo encontrados na região de Paragominas são: Neossolos, Gleissolos, Plintossolos, Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos (RODRIGUES et al., 2003).

A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa Submontana, (IBGE, 2004). O dossel é medianamente uniforme, com indivíduos que podem chegar até 50 m de altura com manchas de grande quantidade de lianas herbáceas (IBGE, 2012).

A Fazenda Rio Capim possui Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), estando em conformidade com as normas e diretrizes propostas pelos órgãos ambientais, que licenciam as atividades de manejo no estado. Desde a certificação do manejo através do selo *Forest Stewardship Council* (FSC) em 2001, a empresa manteve os procedimentos e os padrões de conduta exigidos pela certificação. A empresa Keilla Floresta é a primeira no país a possuir certificação FSC para produção de carvão a partir dos resíduos do manejo de suas florestas.

4.2 Amostragem e Coleta dos Dados

Os dados são oriundos do projeto Ecosilva que é resultado da parceria entre o Grupo Keilla o departamento florestal do *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement* (CIRAD) e a Embrapa Amazônia Oriental (CPATU). O projeto tem por objetivo avaliar o impacto da exploração sobre a dinâmica de árvores, foi implementado em 2004 e vem sendo monitorado desde então.

A AMF é subdividida em Unidades de Produção Anual (UPA) e estas em áreas menores com cerca de 100 hectares de área, denominadas Unidade de Trabalho (UT). O projeto Ecosilva foi instalado na UPA n° 7 e na UT n° 14 da AMF Rio Capim (Figura 1).

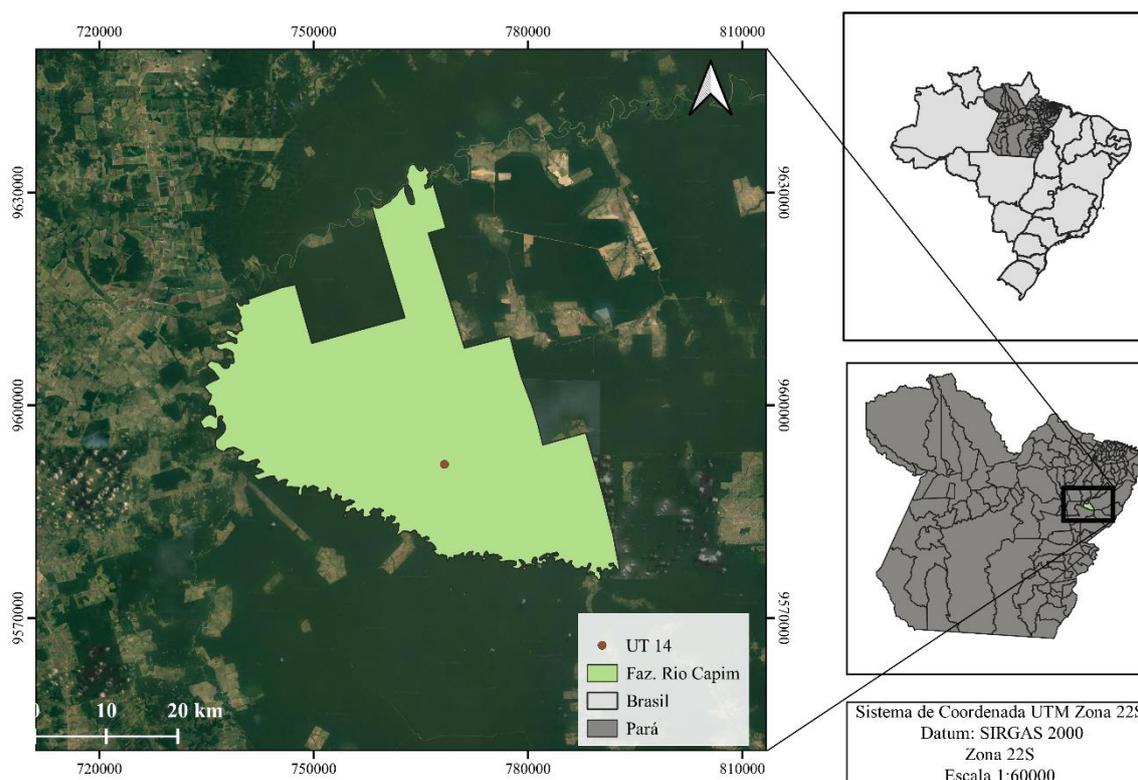


Figura 1. Localização da área de estudo na Fazenda Rio Capim.

O projeto Ecosilva estabeleceu 18 parcelas permanentes de 1 ha cada (100 m x 100 m) distribuídas de maneira equivalente ao longo de dois transectos, totalizando área amostral de 9 hectares para cada transecto (Figura 2). Os transectos foram instalados a 50 metros dos limites da UT para evitar influências da estrada principal. Nas parcelas foram mensurados todos os indivíduos arbóreos com o DAP (diâmetro à altura do peito) ≥ 20 cm. Os inventários foram realizados antes (2004) e imediatamente após a exploração (2005) e a cada dois anos a partir de 2006. Considerando que o diâmetro mínimo de corte das árvores é de 50 cm de DAP, os indivíduos foram distribuídos em duas classes de DAP: árvores com tamanho não comercial (20-49,9 cm) e árvores comerciais (≥ 50 cm). Vale ressaltar

que durante a exploração foi considerada intensidade de corte de até 30 m³ ha⁻¹ de madeira e ciclo de corte de 35 anos, em toda a UT.

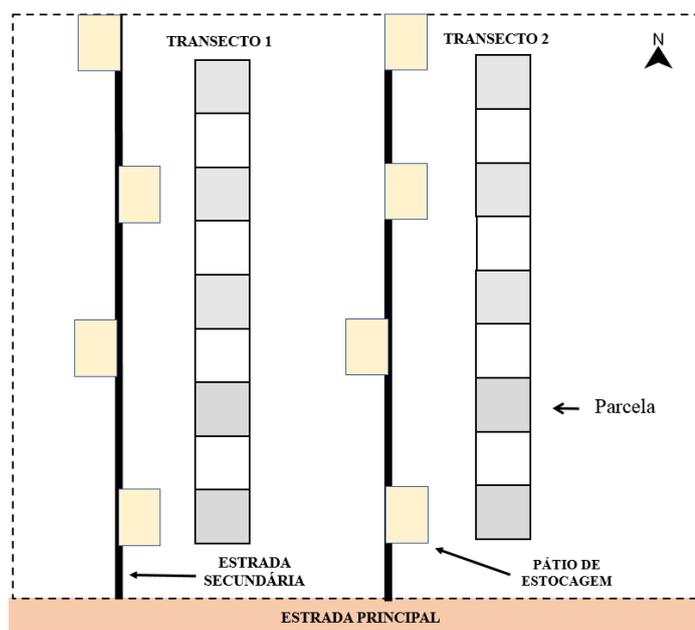


Figura 2. Desenho esquemático da UT 14 (pontilhado) com a sua infraestrutura de exploração (estradas e pátios) e dos dois transectos de 9 parcelas permanentes cada. Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.

As amostras vegetativas e reprodutivas coletadas durante os inventários foram identificadas por parobotânicos da Embrapa Amazônia Oriental e da empresa Keilla Florestal e confirmadas por comparação com amostras do Herbário IAN. A classificação das espécies em grupos ecológicos seguiu os estudos de Alder et al. (2002), Carvalho (1992), Swaine & Whitmore (1988), and Whitmore (1989a, 1989b)

4.3 Equação de Volume e definição da produtividade

O volume de madeira em pé das árvores foi obtido através da Equação 1 desenvolvida no Plano de Manejo Florestal Sustentável da Empresa (CIKEL, 2011) e registrada junto ao órgão licenciador estadual:

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

Em que:

V = Volume comercial (m³)

DAP = Diâmetro à altura do peito (m)

Nesse trabalho a produtividade líquida de madeira em pé é definida como a produção líquida de volume de madeira, entre dois períodos de tempo. Semelhante ao Incremento Periódico Anual (IPA), a Produtividade é calculada pelo somatório dos volumes acumulados pelo a) incremento diâmetro das árvores e pelo b) ingresso de novas árvores, menos o volume perdido devido a c) mortalidade de árvores, dividido pelo intervalo de tempo, através da seguinte fórmula:

$$\text{IPA} = (\text{Volume Incremento} + \text{Volume Ingresso} - \text{Volume mortalidade}) / \text{intervalo em anos}$$

4.4 Classes de Valor comercial

Primeiramente foi calculada a produtividade total de volume de madeira em pé de toda a comunidade florestal presente na área de estudo. Após isso, as espécies foram classificadas em grupos de valor comercial alto, médio e baixo, respectivamente G1, G2 e G3, a partir de estudos acerca dos preços realizados pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e pelo Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR – BIO), em seis regiões ao longo do estado do Pará, sendo elas: Baixo Amazonas, Marajó; Amana 1; Amana 2; Paru; Crepori e Mamuru-Arapiuns. A lista das espécies e a sua classificação quando ao grupo de valor estão no apêndice A (Tabela 1,2,3,).

Outro grupo avaliado quanto a sua produtividade foi aquele das espécies exploradas na UT objeto do estudo, UT 14. Entre as 161 espécies identificadas antes da colheita nas 18 parcelas permanentes, 63 foram selecionadas para a exploração pelo PMFS. Logo, essa classificação propicia a avaliação da produtividade das espécies selecionadas.

Para o cálculo da produtividade de madeira em pé utilizou-se a segunda (2005) e a última medição (2020). A fim de avaliar a recuperação do estoque foi realizado teste “t” ($\alpha = 0,05$) pareado comparando as medições duas a duas. Também foi utilizado teste “t” ($\alpha = 0,05$) para avaliar se há diferença entre a produtividade obtida nos grupos e a produtividade proposta pelo CONAMA. Os processos de dinâmica foram comparados através do teste Tukey ($\alpha = 0,05$). O processamento dos dados ocorreu através do software R (R Core Team, 2022), versão 4.2.2 de 2022.

5 RESULTADOS

5.1 Estoque e produtividade de volume de madeira em pé da comunidade arbórea da área de estudo: UT 14

Em 2004, o estoque volumétrico de madeira em pé para todas as árvores com DAP ≥ 20 cm foi de $251,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 27,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Imediatamente após a exploração, em 2005, esse volume reduziu para $199,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 18,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Figura 3a). A partir da sexta medição (2012) o volume total de madeira em pé alcançou $205,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 22,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), no qual foi estatisticamente diferente tanto do estoque remanescente de 2005 como da medição anterior (2010). O estoque seguiu aumentando de forma gradativa até a última medição, em 2020, com $221,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 25,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Figura 3a). Em 2020, houve recuperação de 48% do volume total perdido (volume colhido + volume perdido devido ao impacto da exploração).

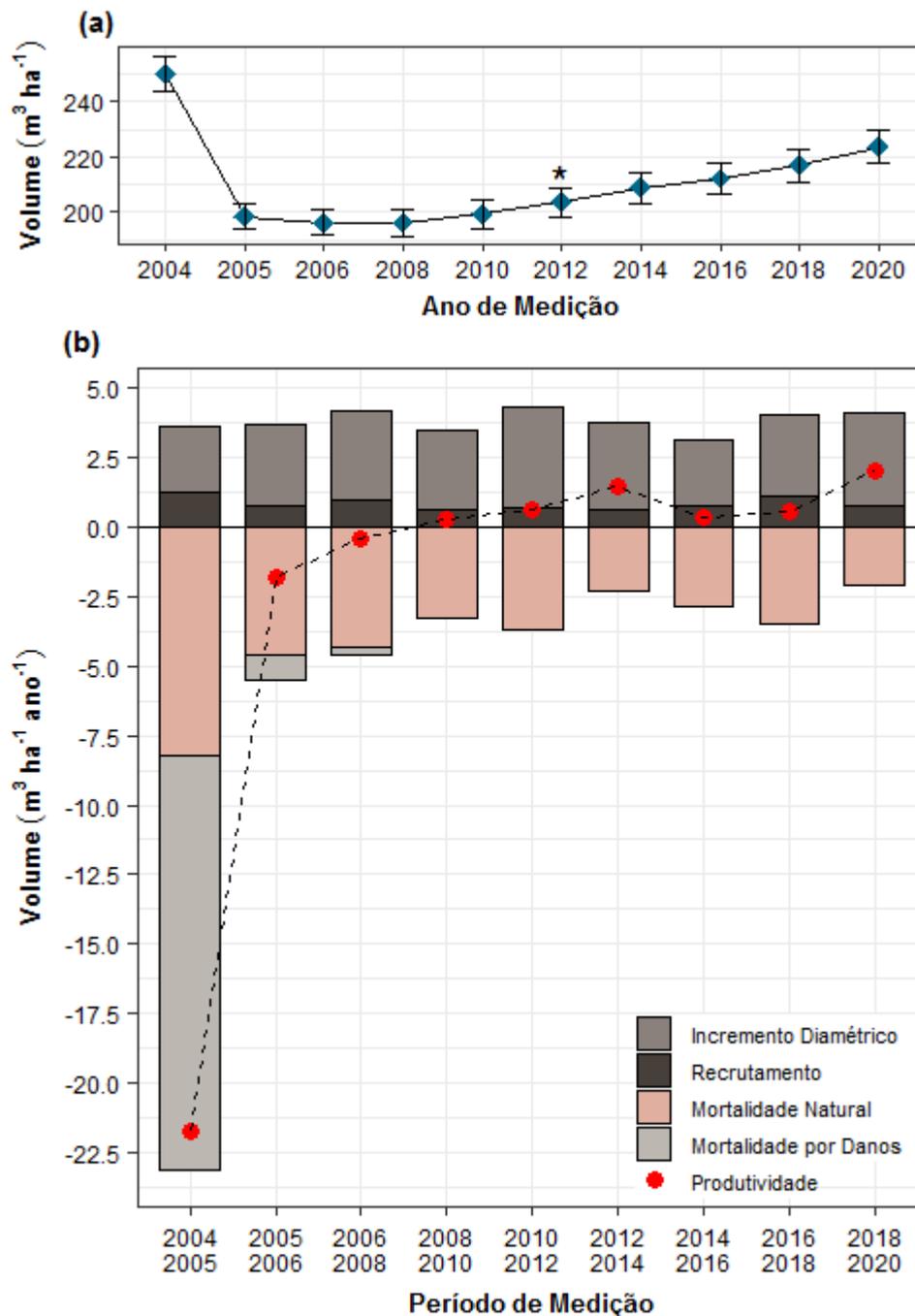


Figura 3. (a) Evolução do estoque volumétrico para todas as espécies em 16 anos de monitoramento. (b) Volume de madeira em pé nos diferentes processos de dinâmica: incremento diamétrico, recrutamento e mortalidade, além da representação da produtividade líquida. Diferença significativa (*) a 5% de probabilidade entre os anos 2010 e 2012.

Ao observar a dinâmica de árvores dessa comunidade florestal é possível verificar que o acúmulo de volume devido ao incremento em diâmetro das árvores foi em média de $2,9 m^3 ha^{-1} ano^{-1}$. O menor acúmulo de volume pelo crescimento foi observado no sétimo período (2014-2016) com $2,4 m^3 ha^{-1} ano^{-1}$, e o maior acúmulo pelo crescimento no quinto

período (2010-2012) com $3,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Uma segunda elevação do crescimento ocorre no nono intervalo (2018-2021), onde foi registrado $3,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ com o desvio padrão de $0,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, durante a avaliação.

O recrutamento por sua vez acumulou, em média, $0,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O valor mínimo ($0,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) para esse processo foi observado no sexto período (2012-2014). Os maiores valores para esse processo foram observados, no primeiro (2004-2005), terceiro (2006-2008) e oitavo (2016-2018), $1,2$, $1,0$ e $1,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente.

A mortalidade natural dos indivíduos arbóreos alcançou $8,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no primeiro período de medição (2004-2005). Após esse período, a média do volume perdido devido a mortalidade natural foi de $3,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O segundo maior registro de perda de volume pela mortalidade natural, $4,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, ocorreu no segundo período de monitoramento (2005-2006), sendo que o último período (2018-2020) registrou a menor perda em volume, $2,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. No quinto (2012-2014) e o no oitavo período de monitoramento a mortalidade apresentou valor de $3,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

A perda de volume devido a mortalidade de árvores diretamente impactadas pela exploração foi de $17 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no primeiro período (2004-2005), $0,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $0,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no segundo (2005-2006) e terceiro (2006-2008) período, respectivamente. Após o terceiro período, a mortalidade de árvores devido à exploração foi bastante reduzida.

A produtividade apresentou grandes variações nos diferentes períodos de monitoramento. O primeiro período (2004-2005) obteve produtividade negativa de $-21,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, seguindo com resultados negativos até o terceiro período. Apenas a partir do quarto período (2008-2010) o IPA em volume de madeira em pé apresentou valor positivo: $0,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Os maiores valores de produtividade foram observados no sexto (2012-2014) e no nono (2018-2020) período de monitoramento, $1,4$ e $2,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente.

5.2 Estoque e produtividade de volume de madeira em pé para diferentes grupos de espécies de valor comercial em 16 anos de monitoramento

Ao analisar o estoque em volume de madeira em pé para os diferentes grupos de espécies, verifica-se que o Grupo 1, espécies de alto valor, apresentou estoque inicial de $38,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 12,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Esse valor foi reduzido para $18,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 8,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) após a colheita, evoluindo para $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 9,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) na última medição (2020) (Figura 4a). Nesse grupo foram recuperados 11% do volume perdido. O Grupo 2, espécies de valor

comercial intermediário, por sua vez, apresentou redução menor em seu estoque, passando de $56 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 14,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) para $48 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 10,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) após a exploração. Porém, este grupo de espécies não apresentou acréscimo de volume significativo até o ano de 2020, mantendo seu estoque de madeira em pé em $48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Já o Grupo 3, espécies de menor valor comercial, apresentou estoque inicial de madeira em pé de $120,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sendo o grupo com maior estoque dentre os três analisados. Este estoque foi reduzido para $101,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 14,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) imediatamente após a exploração, e aumentou significativamente para $118,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 17,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) ao final do período de monitoramento, uma recuperação que corresponde a 85% do volume perdido (colheita + mortalidade pela exploração).

O grupo das espécies exploradas apresentou estoque inicial de $80,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 14,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Ao longo do período de monitoramento foram recuperados 22% do volume perdido, passando de $46,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 10,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) em 2005, para $53,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($\pm 14 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) em 2020, ou seja, elevação estatisticamente significativa (Figura 4) durante o período de 16 anos.

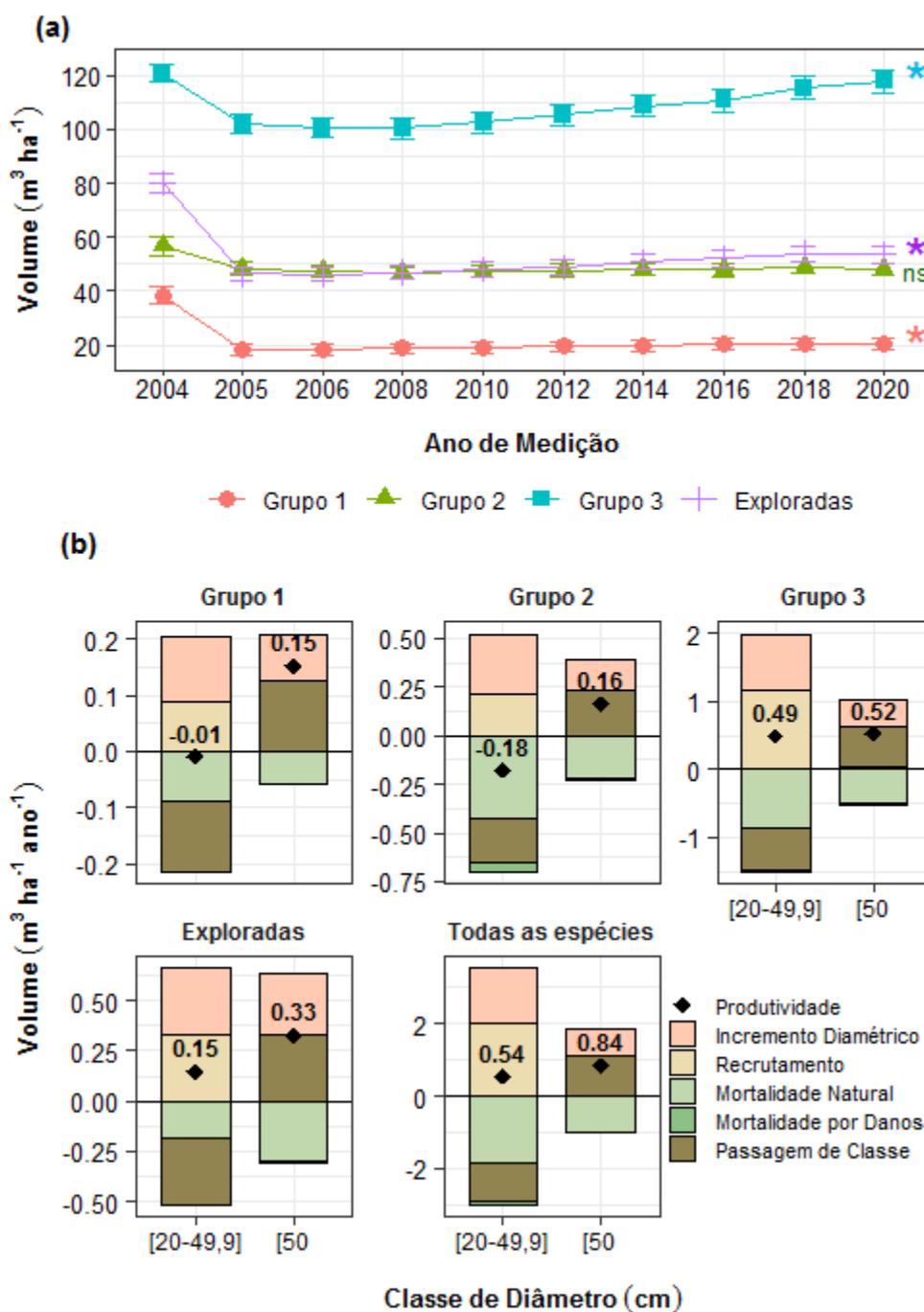


Figura 4. (a) Estoque volumétrico ao longo do período de monitoramento do estudo para os diferentes grupos de valor e para as espécies exploradas. (b) Dinâmica do volume de madeira em pé nos diferentes processos de dinâmica considerando o intervalo entre 2005 e 2020. Diferença significativa (*) e não significativa (ns) a 5% de probabilidade entre o volume de 2005 e 2020

No Grupo 1, espécies de maior valor comercial, as árvores abaixo do DMC (20-49,9 cm), apresentaram produtividade de $-0,01 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A dinâmica de mudança para a próxima classe de diâmetro ($0,13 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e o incremento diamétrico ($0,12 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) são os fatores de maior influência na produtividade nessa classe, na qual a passagem de classe se destaca (Figura 4b e Tabela 1). A mortalidade e o recrutamento foram

equivalentes, com $0,09 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ cada. Para as árvores acima do DMC ($\geq 50 \text{ cm}$), a produtividade foi de $0,15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, estatisticamente inferior daquela proposta pelo Conama (Tabela 1). Nessa classe, passagem de árvores ($0,13 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), obteve o maior valor de dinâmica diferindo significativamente do incremento diamétrico.

Tabela 1. Volume de madeira em pé ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) nos diferentes processos de dinâmica e da produtividade entre 2005 e 2020, para os grupos avaliados.

Grupo	Classe DAP	Produtividade	Incremento	Mortalidade	Recrutamento	Passagem de classe
G1	20-49	-0,01	0,12 b	0,09 b	0,09 B	0,13 a
	50+	0,15 **	0,08 b	0,06 ab		0,13 a
G2	20-49	-0,18	0,31 ab	0,42 a	0,21 B	0,23 ab
	50+	0,16 **	0,16 b	0,22 a		0,23 a
G3	20-49	0,49	0,84 bc	0,87 b	1,15 A	0,61 c
	50+	0,52 *	0,39 a	0,51 a		0,61 a
Exploradas	20-49	0,15	0,33 ab	0,18 b	0,33 ab	0,33 a
	50+	0,33 **	0,30 a	0,30 a		0,33 a
Todas	20-49	0,54	1,53 b	1,82 ab	2,02 A	1,09 b
	50+	0,84 ns	0,70 b	0,97 ab		1,09 a

* teste T com significância de $\alpha = 0,05$ e ** $\alpha = 0,01$, entre a produtividade dos grupos e a proposta pelo CONAMA. Letras diferentes indicam diferença entre os processos do mesmo grupo através do teste Tukey $\alpha = 0,05$.

Para o Grupo 2 - espécies de valor intermediário - a classe de tamanho abaixo do DMC (20-49,9 cm) também apresentou produtividade negativa de $-0,18 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ($\pm 0,01$), onde a mortalidade se destacou pelo maior valor absoluto com $0,42 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, seguida do incremento com $0,31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, mas que não diferem estatisticamente entre si. O volume de madeira em pé perdido devido a mortalidade de árvores por danos foi de $0,04 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Para a classe de tamanho de árvores acima do DMC ($\text{DAP} \geq 50 \text{ cm}$), a produtividade é de $0,16 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e estatisticamente inferior àquela sugerida pelo CONAMA, com destaque para a chegada de indivíduos da classe de tamanho inferior ($0,23 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$). No entanto, vale ressaltar que a mortalidade de árvores ($0,22 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) é estatisticamente igual à chegada de indivíduos e superior ao incremento diamétrico nesta classe ($0,16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

A produtividade líquida total para o Grupo 3, espécies de menor valor comercial, na classe de árvores menores (20-49,9 cm) foi de $0,49 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Em valores absolutos, o

recrutamento de árvores ($1,15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi o processo de dinâmica que mais contribuiu para o ganho de produtividade do volume de madeira em pé nesta classe, seguido pela mortalidade natural ($0,87 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), porém esses processos são estatisticamente diferentes entre si. A perda de volume devido a mortalidade por danos na classe de árvores menores é da ordem de $0,03 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em 16 anos de monitoramento. Na classe de árvores acima do DMC ($\text{DAP} \geq 50 \text{ cm}$), a produtividade foi de $0,52 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ sendo também estatisticamente inferior a produtividade sugerida pela resolução CONAMA. O destaque da dinâmica é para a chegada de árvores da classe inferior ($0,61 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) com valores absolutos maiores que os demais processos, porém não diferindo estatisticamente entre eles (mortalidade natural e incremento diamétrico, respectivamente, $0,51$ e $0,39 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$). A mortalidade por danos representou $0,01 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e o recrutamento de árvores diretamente nesta classe foi de $0,03 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Para o grupo das espécies exploradas, a produtividade para a classe de tamanho 20-49,9 cm foi de $0,15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Em termos absolutos, o incremento diamétrico, o recrutamento e a passagem de árvores para a classe superior são semelhantes em valores: $0,33 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A produtividade de árvores acima do DMC ($\text{DAP} \geq 50 \text{ cm}$) foi de $0,33 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, estatisticamente inferior àquela sugerida pelo CONAMA. A chegada de árvores da classe inferior ($0,33 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi o processo com o maior valor registrado. A mortalidade natural e o incremento diamétrico apresentaram valores semelhantes ($0,30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) e estatisticamente semelhantes a chegada de árvores. A mortalidade por danos ($0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) foi o processo de menor valor absoluto.

A produtividade, de toda a comunidade arbórea na classe de tamanho 20-49,9 cm, foi de $0,54 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ao longo do período de monitoramento. O recrutamento ($2,02 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi o processo de maior valor absoluto, seguida da mortalidade ($1,82 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), mas não diferindo estatisticamente entre si. A classe de árvores acima do DMC ($\text{DAP} \geq 50 \text{ cm}$) apresentou produtividade de $0,84 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e não apresentou diferença significativa da produtividade proposta pelo CONAMA ($0,86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Essa produtividade foi fortemente influenciada pela chegada de árvores na classe ($1,09 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) que é estatisticamente superior ao incremento diamétrico ($0,70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), porém estatisticamente igual à mortalidade natural ($0,97 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

6 DISCUSSÃO

A produtividade volumétrica de madeira em pé para as espécies florestais se aproximou dos valores previstos na resolução CONAMA (Resolução nº 406/2009) apenas quando consideradas todas as espécies da população estudada. As espécies comerciais apresentaram produtividade menor do que aquela sugerida na resolução.

A dinâmica do estoque de volume de madeira em pé de toda a comunidade florestal e do grupo de espécies de menor valor (G3) aponta recuperação alta e constante do volume perdido pela exploração, diferentemente dos outros grupos (G1, G2, e exploradas), que apresentaram lenta recuperação e algumas vezes, tendência à estabilização na curva de acumulação de volume de madeira em pé. Segundo Alder e Silva (2001) a regeneração das espécies comerciais, após exploração, tende a ser baixa devido em grande parte, ao fato da regeneração ser composta por espécies pioneira e de pouco valor comercial. Isso também foi observado por Reis et al. (2010). Segundo Hirai et al., (2012) e Carneiro et al. (2019) as espécies exploradas na região na Paragominas não foram resilientes, ou seja, recuperaram pouco o volume após a EIR, esses autores sugerem que as espécies não exploradas e mantidas no povoamento, possivelmente farão parte de um segundo ciclo de corte. Resultados semelhantes foram observados para a Amazônia central por DEARMOND et al. (2022).

O estoque de madeira em pé na floresta explorada somente apresenta sinais de recuperação a partir do momento que a produtividade líquida tende a ser positiva, ou seja, quando o volume perdido pela mortalidade das árvores é compensado, e ultrapassado pelo volume acumulado devido ao crescimento e ao ingresso de novas árvores. Nesse estudo, essa produtividade líquida para todas as espécies aconteceu apenas seis anos após a exploração, resultados semelhantes, em florestas do Amazonas, foram obtidos por Braz et al. (2012a). A produtividade da floresta que passou por exploração, está intimamente relacionada a quantidade e a qualidade do estoque remanescente, bem como a capacidade de crescimento de cada espécie (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; BRAZ et al., 2014). Na floresta em estudo a mortalidade das árvores remanescentes foi processo o determinante para a recuperação do volume.

Os estudos na região amazônica apontam resultados variados quanto à produtividade de madeira em pé. Em se tratando de todas as espécies comerciais alguns trabalhos apresentam produtividade em madeira em pé superior a esse trabalho, como observado por Silva et al. (1995) para árvores com $DAP \geq 20$ cm e Alder e Silva (2000)

(DAP \geq 45 cm), na Floresta Nacional de Tapajós: sítio no Km 67 (Tabela 2). Souza et al. (2017), em estudo no estado do Amazonas, obteve também produtividade superior para todas as espécies de árvores com DAP \geq 15 cm e intensidade de exploração semelhante ao praticado no sítio Ecosilva. Enquanto que Silva (2004) na região de Paragominas em uma floresta submetida à EIR (árvores com DAP \geq 50 cm), e Oliveira (2005), na Floresta Nacional de Tapajós no sítio km 114 (DAP \geq 20 cm) obtiveram produtividade inferior ao encontrado nesse trabalho (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade em volume de madeira em diferentes trabalhos na Amazônia.

Trabalho	Sítio/Região	Espécies	Produtividade (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	DAP \geq (cm)	Corte (m ³ ha ⁻¹)	Período (anos)
Silva et al. (1995)	Km 67, Flona Tapajós (PA)	T	5,2	20	75,0	11
		C	2,8	20	75,0	11
Alder; Silva (1999)	Km 67, Flona Tapajós (PA)	T	2,56	45	70,0	16
		C	0,75	45	70,0	16
Silva (2004)	Paragominas (PA)	T	0,46	50	30,0	7
Oliveira (2005)	Km 114, Flona Tapajós (PA)	T	1,1	20	43,5	20
Reis et al. (2010)	Km 67, Flona Tapajós (PA)	C	1,8	50	72,5	26
Braz et al. (2014)	Região de Sinop (MT)	C*	0,66	50	50,0	35
		C*	1,11	50	30,0	35
Vidal et al. (2016)	Paragominas (PA)	C	0,45	50	30,0	20
Souza et al. (2017)	Região de Itacoatiara (AM)	T	4,63	15	30,0	16 e 18
		C	1,69	15	30,0	16 e 18

T= todas as espécies, C = espécies comerciais, * = Simulação, Período = Tempo de monitoramento.

A produtividade das espécies comerciais apresenta ampla variação na região amazônica. Silva et al. (1995) e Souza et al. (2017), obtiveram valores absolutos superiores para árvores com DAP \geq 20 cm e DAP \geq 15 cm, respectivamente, 2,8 e 1,69 (m³ ha⁻¹ ano⁻¹) quando comparados com os grupos de valor (G1, G2 e G3) e o grupo das espécies exploradas desse estudo. Em se tratando da produtividade de árvores de valor comercial acima do DMC, Alder e Silva (2000) encontraram valores próximos (0,75 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) ao valor somado dos três grupos de valor do nosso estudo (G1 + G2 + G3 = 0,83 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Para Reis et al. (2010), no sítio Km 67 na Floresta de Tapajós, a produtividade foi de 1,8 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, ou seja, mais do que o dobro da produtividade somada dos três grupos de nossas espécies comerciais. Para Vidal, West e Putz (2016), na região de Paragominas, a produtividade de todas as espécies comerciais foi próxima (0,45 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) do valor obtido para o grupo G3.

Ao comparar as projeções de crescimento realizadas por BRAZ et al., (2014) no estado do Mato Grosso, para árvores com $DAP \geq 50$ cm, constatamos que se somadas as produtividade dos grupos (G1, G2 e G3) obtemos valor aproximado do seu cenário com exploração intensa ($50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Os estudos apontam diferença na produtividade entre as regiões ainda que aplicado a mesma intensidade de corte. Logo, isso sugere que a resposta de recuperação do volume, e consequentemente da produtividade líquida de uma floresta, não dependem da intensidade de corte, mas sim da composição florística e do arranjo de espécies remanescentes nos sítios explorados. Todavia, comparar a produtividade entre diferentes trabalhos é uma tarefa árdua tendo as particularidades de cada estudo. Valle et al. (2006) investigando a fontes de viés nas estimativas de produtividade, destacaram vários fatores, entre eles: o diâmetro mínimo de inclusão, o tempo do monitoramento e o número de remedições.

A produtividade de volume de madeira em pé foi maior nas árvores acima do DMC ($DAP \geq 50$ cm), seja para toda a comunidade florestal ou para qualquer grupo de valor comercial. Na Floresta Nacional Tapajós foi encontrada relação semelhante entre as classes de tamanho de árvores no que se refere a produtividade das espécies comerciais (REIS et al., 2010). Sist et al. (2014) avaliando a dinâmica de carbono acima do solo, na mesma região, constatou que a mortalidade de árvores grandes ($DAP \geq 60$ cm) tem grande efeito negativo sobre o estoque de carbono florestal, visto que nestas árvores estão compartmentadas grandes quantidade de biomassa. Os mesmos autores consideram que o crescimento e o recrutamento das classes inferiores não são capazes de recuperar o carbono perdido pela mortalidade das árvores grandes.

Neste estudo, foi possível constatar que a passagem de indivíduos entre as classes garantiu liquidez positiva na produtividade de árvores acima do DMC ($DAP \geq 50$ cm), uma vez que na maioria dos grupos avaliados, o crescimento é equivalente ou menor que a mortalidade de árvores. Após atingirem o tamanho comercial, $DAP \geq DMC$, o crescimento das árvores tende a contribuir com a produtividade líquida em madeira em pé. Poucos trabalhos avaliam o impacto da passagem de árvores entre classes na produtividade. O tempo de passagem para as espécies *secundárias tardias* é longo nas classes iniciais, curto nas classes intermediárias e novamente longo na classe superior (curva em U), por outro lado, as *secundárias iniciais* apresentam redução no tempo de passagem à medida que avançam para as classes superiores (MACIEL et al., 2003; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006^a; CANETTI et al., 2021).

Reis et al. (2018), aplicando método de projeção do crescimento conhecido como *cadeia de Markov* na Floresta Nacional Tapajós apontaram redução na probabilidade de transição de árvores após as classes com $DAP \geq 60$ cm, ou seja, redução no incremento diamétrico das árvores a partir desta classe. Embora este método apresente certas restrições em sua aplicação, como por exemplo, a sua dependência do tamanho do intervalo de classe (VASCONCELOS; HIGUCHI; OLIVEIRA, 2009; STEPKA et al., 2010), a ferramenta é útil na compreensão de tendências na estrutura da floresta em crescimento.

A elevação do recrutamento logo após a exploração ocorre pela remoção de grandes árvores e a mortalidade de árvores danificadas que criam clareiras na floresta aumentando a disponibilidade de luz nesse ambiente (AMARAL et al., 2019). Nessa perspectiva, a elevação do recrutamento a partir do oitavo período de medição (2016-2018), ao que tudo indica é uma consequência da elevação da mortalidade nos períodos anteriores, notadamente o quinto período (2010-2012), e a chegada de novas árvores, 12 anos após à exploração, ao diâmetro mínimo de inclusão do inventário ($DAP \geq 20$ cm). As espécies *pioneiras* são as principais beneficiadas pela exploração, pois apresentam crescimento acelerado e se adaptam bem aos distúrbios (JUNIOR; SALM; HERNÁNDEZ-RUZA, 2022). A exploração altera a composição florística do povoamento, reduzindo as espécies *tolerantes à sombra* e estimulando as *heliófilas* (SILVA; CARVALHO; LOPES, 1999). Isso é evidenciado no grupo G3, com maior ocorrência de espécies *heliófilas (demandantes de luz e pioneiras)* que equivalem 42 % das espécies desse grupo. (Apêndice 1), aonde aconteceu recrutamento diretamente na classe de tamanho comercial ($DAP \geq 50$ cm). Isso não significa que as espécies tolerantes, que representam parte importante das espécies comerciais (Apêndice 1), não sejam capazes de ingressar nessas classes, mas em se tratando de espécies comerciais, as intervenções silviculturais promovem o seu recrutamento e crescimento por tempo limitado (DE AVILA et al., 2017).

O acúmulo de volume de madeira em pé obtido a partir do ganho em incremento diamétrico, não apresentou grandes variações ao longo de 16 anos de monitoramento. Os dois maiores registros deste processo, verificados no início do monitoramento, estão relacionados à exploração florestal. É esperado que espécies comerciais *não-heliófilas* tenham resposta de curto prazo no crescimento após a exploração, devido principalmente ao aumento na competição de espécies de rápido crescimento (VAN GARDINGEN; VALLE; THOMPSON, 2006). Segundo Alder e Silva, (2001), a abertura de clareiras geralmente não provoca crescimento instantâneo nas árvores, sobretudo nas árvores de

tamanho comercial ($DAP \geq 50$ cm). Outro ponto importante, é que o crescimento tende a diminuir com o passar do tempo (SILVA et al., 1995). A redução do crescimento a longo do tempo afeta a produtividade. De acordo com Valle et al. (2006) a produtividade tende a reduzir por volta de 10 anos após a exploração. A redução do crescimento no sétimo período (2014-2016) é reflexo dessa redução do crescimento bem como do aumento da mortalidade.

A mortalidade é o processo mais determinante na produtividade e conseqüentemente no estoque da floresta após a exploração (SIST et al., 2014). Neste estudo foi possível observar que a contribuição do incremento diamétrico, mesmo que elevado em diversos períodos, é aniquilado pela alta mortalidade das árvores, quando avaliamos a mortalidade ao longo dos diferentes períodos. Segundo Brien e Zuidema (2006) o tempo necessário para que população florestal possa recuperar o volume colhido varia em decorrência das taxas de mortalidade. Segundo Junior; Salm e Hernández-Ruza (2022), as árvores de pequeno porte possuem dinâmica de mortalidade e recrutamento mais elevada, e são as árvores comumente mais afetadas durante a exploração. Neste trabalho, a mortalidade das árvores da classe de diâmetro 20-49,9 cm foi maior.

Após a exploração o balanço entre a entrada de volume e perda tende a ser negativa, em decorrência da morte de árvores danificadas e o aumento da mortalidade natural (SILVA et al., 1996; D'OLIVEIRA; BRAZ, 2006). Sist e Nguyen-Thé (2002) obtiveram resultados parecidos para florestas na Indonésia, e ressaltam, que redução dos danos, obviamente reduziria esse alta mortalidade. Todavia, não podemos descartar a possibilidade de que os efeitos da exploração foram supostamente intensificados pela ocorrência de secas intensas, como a registrada no ano de 2005, provocada pelo fenômeno *El Niño* (ARAGÃO et al., 2007). Estudos na região da Amazônia Oriental também indicaram redução no acúmulo de biomassa acima do solo devido a mortalidade de árvores entre os anos de 2005 e 2006 (NEPSTAD et al., 2008).

Os períodos de estiagem, tempestades e chuvas intensas, aumentam a probabilidade de mortalidade de árvores. Os efeitos podem prolongar-se por volta de dois anos após a ocorrência destes eventos nas florestas da Amazônia. Isso ocorre devido a *fragilização* das árvores durante os períodos de seca que posteriormente são derrubadas por chuvas intensas e tempestades (ALEIXO et al., 2019). A elevação da mortalidade observada no quinto (2010-2012) e no oitavo períodos (2016-2018) pode ter sido consequência do fenômeno *El Niño* observado nos anos de 2010 e 2015 (JIMÉNEZ-MUÑOZ et al., 2016; ARAGÃO et al., 2018). É esperado que as mudanças climáticas futuras tenham impacto na mortalidade e no crescimento de árvores na floresta Amazônica, principalmente nas árvores de grande

porte (BENNETT et al., 2015). Barros de Oliveira et al., (2021), em estudo também realizado na região de Paragominas, obtiveram maiores taxas de mortalidade para classes de árvores próximas e acima do diâmetro médio da floresta, se comparadas à árvores pequenas (abaixo do diâmetro médio)

A partir do agrupamento de espécies utilizado neste estudo, com base nos valores propostos pelo mercado madeireiro da região, é possível constatar que a produtividade é menor nos grupos de espécies mais valiosas. Dentre as espécies de maior valor comercial que compõe o grupo G1 destaca-se *Manilkara elata* (Allemão ex Miq.) Monach (maçaranduba), a espécie mais comercializada em planos de manejo de florestas naturais da Amazônia (BRASIL, 2019). Segundo Castro e Carvalho (2014) na região de Belterra no Pará, ao longo de 28 anos de avaliações após exploração, *M. elata* apresentou pouco recrutamento de novas árvores a ponto de não recuperar a densidade original de sua população. Reis et al. (2014), constataram redução no número de indivíduos desta espécie em diversas classes de tamanho em área explorada na Floresta Nacional do Tapajós. Essa espécie é considerada ecologicamente como sendo *tolerante à sombra* e apresenta menor dinâmica de recrutamento mediante a abertura do dossel (OLIVEIRA, 1999). O mesmo pode ser descrito sobre a espécie *Chrysophyllum lucentifolium* Cronquist (goiabão), segunda espécie mais importante no grupo de valor G1 que apresenta comportamento semelhante quanto à disponibilidade de luz (TAFFAREL et al., 2014).

A espécie *Astronium lecointei* Ducke (muiracatiara), terceira espécie mais importante neste grupo, representa 15% do volume total do G1. A espécie apresenta características semelhantes às citadas anteriormente, *tolerância à sombra*, baixo incremento, e pouco recrutamento de indivíduos após a exploração, ainda que seja considerada espécie dominante antes da exploração (REIS et al., 2010). Por fim, em quarta posição de importância no grupo das espécies mais valiosas, encontra-se o gênero *Ocotea* sp. As espécies deste gênero são conhecidas popularmente com o nome de “*louros*” que segundo Lima et al. (2002), possuem geralmente baixo crescimento e certa plasticidade a exposição à sombra. Ao que tudo indica as principais espécies de maior valor comercial na floresta em estudo são aquelas com menor potencial para se reproduzir e se estabelecer diante de intervenções na floresta. (HIRAI et al., 2012).

As espécies no grupo de valor intermediário, G2, apresentaram a menor produtividade de madeira em pé. Ao longo de 16 anos de monitoramento, a produtividade líquida conseguiu modificar apenas em alguns décimos de metro cúbico o estoque

remanescente de madeira em pé. As espécies *Lecythis idatimon* Aubl. (játereu) e *Protium apiculatum* Swart. (breu-barrote) representam mais de 50% do volume de madeira em pé deste grupo de espécies. *L. idatimon* possui crescimento lento em todas as classes de tamanho. Árvores desta espécie podem se beneficiar da abertura no dossel em um período curto de tempo, logo o crescimento tende a se reduzir (ALDER; SILVA, 2000; MARTINS et al., 2018). *P. apiculatum* (breu-barrote) é considerada espécie *secundária tardia* (KUNERT et al., 2015). A espécie possui alta densidade em populações naturais sendo de suma importância para o equilíbrio ecológico da floresta (OLIVEIRA; AMARAL, 2004; AMARAL; MATOS; LIMA, 2000; ANDRADE et al., 2020). Entretanto, nesse estudo, a espécie não apresentou aumento volumétrico durante os 16 anos de monitoramento. Por fim, importante mencionar as espécies do gênero *Pouteria*, que somada as duas espécies anteriores corresponde a 70% do volume do grupo. Esse gênero pertence a família das sapotáceas com tendência a apresentar decréscimos em suas populações após a exploração (REIS et al., 2014).

As espécies de menor valor comercial foram capazes de recuperar grande parte do volume explorado ou perdido devido à exploração. Dentre os fatores que contribuíram para isso, destaco o elevado estoque remanescente desse grupo quando comparado a outras as espécies de maior valor. De Oliveira et al., (2005) ao avaliar o comportamento das espécies após a exploração na Floresta Nacional Tapajós constatou predominância de espécies pioneiras e de baixo valor comercial na população remanescente, assim como o *recrutamento* de novas espécies nas parcelas permanentes também de baixo valor comercial. No mesmo sítio de pesquisa, porém cinco anos após o estudo de De Oliveira et al., (2005), Reis et al., (2010b) observaram que a abertura do dossel e a maior disponibilidade de luz após a exploração tornou as espécies pioneiras as principais beneficiadas pelos distúrbios causados pela exploração da floresta.

Dentre as espécies que compõem o terceiro grupo de valor comercial, temos a *Eschweilera coriacea* (A. DC.) Mori (matamatá-branco), *Pouteria guianensis* Aubl. (abiu-vermelho), *Eschweilera grandiflora* (Aubl.) (matamatá-preto), *Pseudopiptadenia psilostachya* (DC.) G.P.Lewis & M.P.Lima (timborana), que juntas compõem 45 % do volume de madeira em pé. Em florestas na região de Moju (a 200 km da área de estudo) e no estado do Amazonas, a espécie *E coriacea* ainda que tenha apresentado crescimento lento após a exploração manteve sua abundância devido principalmente à alta sobrevivência e recrutamento de árvores em aberturas de clareiras (CRUZ et al., 2021;

LIMA et al., 2002). *E. grandiflora*, apresentou comportamento semelhante (OLIVEIRA et al., 2016). *P. guianensis* apresentou aumento no recrutamento de indivíduos nas pequenas classes de diâmetro após exploração, o que resultou em balanço positivo da espécie na região da Amazônia Oriental (REIS et al., 2014). Por fim, é importante mencionar que plântulas de *P. psilostachya* apresentam bom desenvolvimento quando expostas à luminosidade (FONSECA; LEÃO; DOS SANTOS, 2006); Esses comportamentos explicariam o fato do recrutamento ser o processo com maior importância na produtividade líquida em madeira em pé na classe de tamanho de árvores pequenas deste grupo comercial, G3.

Este trabalho apresenta classificação das espécies em três grupos de valor comercial. Esta classificação é pouco utilizada na literatura científica embora seja ela utilizada de forma corrente entre os órgãos de desenvolvimento florestal, notadamente SFB e IDEFLOR-Bio. A maioria dos trabalhos científicos agrupam todas as espécies comerciais, ou a diferem entre potenciais e em uso para o comércio, tais como Alder e Silva (2001), Reis et al. (2010), Vidal, West e Putz (2016). Ao compartimentar todas as espécies comerciais em apenas um grupo podemos obter estimativas mais elevadas da produção (AVILA et al., 2017) e próximas da produtividade recomendada em Lei. A análise por grupos de valor permite se aprofundar no estudo da sustentabilidade do manejo florestal. E auxiliar em decisões de manejo em planos aonde a exploração contempla apenas espécies de alto valor comercial, pois a mortalidade das árvores remanescentes é fator determinante na produtividade para essas espécies entre ciclos de corte. É importante destacar, que esse trabalho não diminui a importância dos estudos sobre a dinâmica individual das espécies, mas ao contrário traz robustez as informações a serem utilizadas no manejo por espécie na região. As informações da produtividade por grupos de valor permitem ao manejador tomar decisões de estoque remanescente, da capacidade produtiva das espécies, e do retorno econômico entre ciclos de corte, durante a fase de planejamento da exploração. É sugerido a utilização de técnicas de otimização florestal para aprofundar a pesquisa sobre a produtividade das espécies e a fim de buscar intensidades de corte adequadas à floresta.

A avaliação da produtividade do volume em madeira em pé também pode ser refinada através da consideração das árvores ocas. Essas árvores são identificadas somente no momento da derruba e são mantidas na floresta como parte do “estoque” remanescente. Segundo Valle et al. (2006), a grande maioria dessas árvores “descartadas” não apresentam crescimento, e assim geram tendenciosidade nas estimativas de produtividade. Assim, seria

de grande contribuição para a otimização do planejamento a identificação dessas árvores durante o censo e nas parcelas permanentes de monitoramento da dinâmica. Além da produção de estudos sobre alternativas de uso destas árvores.

O aumento das espécies pioneiras após a exploração tende a tornar mais desafiador a manutenção do estoque de espécies comerciais nas florestas amazônicas (DEARMOND et al., 2022). Segundo (VINHOTE et al., 2020) não devemos considerar essas alterações, como um fracasso, tende em vista que novas espécies poderão ser extraídas em um segundo ciclo. Considerando que as espécies mais valorizadas apresentam menor produtividade, supostamente haverá uma valorização das madeiras de menor valor (G3), visto que o mercado terá de se adaptar ao estoque disponível, e os custos de extração de madeira será o mesmo.

Uma estratégia que pode contribuir com a recuperação do estoque de espécies comerciais de maior valor é a aplicação de tratamento silviculturas (CASTRO; CARVALHO, 2014). Porém, ainda restam alguns desafios a serem vencidos na sua efetiva implementação uma vez que a resposta do crescimento das árvores ao tratamento varia conforme a espécie e o tamanho do indivíduo (DAVID et al., 2019). Como, por exemplo, para *C. lucentifolium* que não apresentou resposta positiva de crescimento quando beneficiada pela remoção de cipós e de árvores competidoras (TAFFAREL et al., 2014), ao contrário de árvores de *E. grandiflora* que elevaram o crescimento (SOUZA et al., 2015). Além disso, algumas técnicas, como o enriquecimento de clareiras, são onerosas para as empresas e comunidades, e necessitam de políticas públicas de incentivo para que sejam implementadas (SCHULZE, 2008).

7 CONCLUSÃO

Os grupos de espécies comerciais apresentaram, ao longo de 16 anos de monitoramento, valores de produtividade em volume de madeira em pé diferente do sugerido pela legislação para Planos de Manejo Florestal Sustentável na região Amazônica.

Somente considerando a produtividade de todas as espécies comerciais (alto, intermediário e baixo valor) a produtividade em madeira em pé de árvores acima do DMC ($DAP \geq 50$ cm) no nosso sítio de estudo se igualou àquela sugerida pelo CONAMA. Ou seja, a produtividade sugerida pela resolução CONAMA, e aplicada para todos os PMFS na região Amazônica, deve ser utilizada com extrema cautela na definição do ciclo e intensidade de corte de florestas.

A produtividade de árvores acima do DMC depende fortemente da chegada de novos indivíduos que saíram das classes inferiores. Esse processo da dinâmica florestal é mais importante do que o incremento diamétrico das árvores remanescentes acima do DMC.

A mortalidade das árvores remanescentes impacta enormemente na produtividade líquida de madeira em pé, independentemente do grupo de valor comercial. Árvores remanescentes acima do DMC, que poderiam participar das próximas colheitas, são perdidas durante o ciclo de corte e influenciam na baixa produtividade dos grupos de valor individualmente.

A sustentabilidade da produção só será alcançada com o monitoramento constante das áreas manejadas e com a efetiva aplicação de tratamentos silviculturais e o aproveitamento de árvores mortas durante o ciclo.

A definição da estrutura florestal remanescente deve ser fortemente considerada quando da seleção de árvores para o corte e no planejamento da exploração.

REFERÊNCIAS

ALDER, D.; SILVA, J. N. . An empirical cohort model for management of Terra Firme forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 130, n. 1–3, p. 141–157, maio 2000.

ALDER, D.; SILVA, J. N. M. **Sustentabilidade da produção volumétrica: um estudo de caso na Floresta nacional de Tapajós com auxílio do modelo de crescimento CAFOGROM**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental: [s.n.].

ALEIXO, I. et al. Amazonian rainforest tree mortality driven by climate and functional traits. **Nature Climate Change**, v. 9, n. 5, p. 384–388, 2019.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.

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

AMARAL, M. R. M. et al. Dynamics of tropical forest twenty-five years after experimental logging in central amazon mature forest. **Forests**, v. 10, n. 2, p. 1–17, 2019.

ANDRADE, D. F. C. DE et al. Composição e estrutura de uma floresta primária atingida por incêndio florestal na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 145, 6 abr. 2020.

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. **Geophysical Research Letters**, v. 34, n. 7, p. 1–5, 2007.

- ARAGÃO, L. E. O. C. et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 536, 13 dez. 2018.
- AVILA, A. L. DE et al. 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, fev. 2017.
- BARROS DE OLIVEIRA, E. K. et al. Competition indices after reduced impact logging in the Brazilian Amazon. **Journal of Environmental Management**, v. 281, p. 111898, mar. 2021.
- BENNETT, A. C. et al. Larger trees suffer most during drought in forests worldwide. **Nature Plants**, v. 1, n. 10, p. 15139, 28 out. 2015.
- BOLTZ, F. et al. Financial returns under uncertainty for conventional and reduced-impact logging in permanent production forests of the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 39, n. 3, p. 387–398, 1 dez. 2001.
- BRASIL. Instrução Normativa 5, de 11 de dezembro de 2006. . 2006 a.
- BRASIL. Decreto Nº 5.975 de 30 De Novembro De 2006. . 2006 b.
- BRASIL. Lei n. 11.284, de 02 de março de 2006. CONCESSÕES FLORESTAIS. 2006 c.
- BRASIL. Resolução 406, de 02 de fevereiro de 2009. . 2009.
- BRASIL. **Florestas do Brasil em Resumo**. Brasília: [s.n.].
- BRASIL, S. DO T. R. 2018. (ME. **Programa de Disseminação de Estatísticas do Trabalho (PDET): Acesso online às bases de dados: RAIS – Relação Anual de Informações Sociais**.
- BRAZ, E. M. et al. Taxa de corte sustentável para manejo das florestas tropicais. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 137–145, 30 mar. 2012a.
- BRAZ, E. M. et al. Manejo da estrutura diamétrica remanescente de florestas tropicais. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 787–794, 26 dez. 2012b.
- BRAZ, E. M. et al. Strategies for Achieving Sustainable Logging Rate in the Brazilian Amazon Forest. **Open Journal of Forestry**, v. 04, n. 02, p. 100–105, 2014.
- BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. Manejo De Produção Em Florestas Naturais Da Amazônia: Mitos E Verdades. **Nativa**, v. 3, n. 4, p. 292–295, 2015.
- BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, v. 94, n. 2, p. 481–493, 2006a.
- 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, n. 1–3, p. 256–267, maio 2006b.
- CANETTI, A. et al. A new approach to maximize the wood production in the sustainable management of Amazon forest. **Annals of Forest Science**, v. 78, n. 3, 2021.
- CAPANEMA, P. et al. Forest Ecology and Management Assessing logging legislation parameters and forest growth dissimilarities in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and**

Management, v. 513, n. March, p. 120170, 2022.

CARNEIRO, F. DA S. et al. Resiliência do volume de madeira de espécies comerciais em diferentes áreas experimentais na Amazônia Oriental. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 15–31, 5 nov. 2019.

CARVALHO, J. O. P. DE. Silvicultura na Amazônia Oriental: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID. n. 123, p. 304, 1999.

CASTRO, T. DA C.; CARVALHO, J. O. P. DE. Dinâmica da população de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. durante 26 anos após a exploração florestal em uma área de terra firme na Amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 161–169, 30 mar. 2014.

CHULES, E. L.; SCARDUA, F. P.; MARTINS, R. D. C. DE C. Desafios da implementação da política de concessões florestais federais no Brasil. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, v. 9, n. 1, p. 295, 18 jul. 2018.

CIKEL. **Plano de Manejo Florestal Empresarial**. Paragominas - PA: [s.n.].

COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. DE. Crescimento de árvores em uma área de terra firme na floresta nacional do tapajós após a colheita de madeira. **Dados**, p. 63–76, 2008.

CRUZ, L. L. et al. Distribuição diamétrica de três espécies de Lecythidaceae após exploração de impacto reduzido na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 171–190, 15 mar. 2021.

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

DAVID, H. C. et al. A 20-year tree liberation experiment in the Amazon: Highlights for diameter growth rates and species-specific management. **Forest Ecology and Management**, v. 453, p. 117584, 1 dez. 2019.

DE AVILA, A. L. et al. 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.

DE OLIVEIRA, L. C. et al. Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136ha na Floresta Nacional do Tapaiós, Belterra, Pará. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 69, p. 63–76, 2005.

DEARMOND, D. et al. Logging intensity affects growth and lifespan trajectories for pioneer species in Central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 522, n. April, p. 120450, out. 2022.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680–688, jun. 2005.

FONSECA, M. G.; LEÃO, N. V. M.; DOS SANTOS, F. A. M. Seed germination and initial growth of *Pseudopiptadenia psilostachya* (DC.) G.P.Lewis & M.P.Lima (Leguminosae) seedlings under different shade levels. **Revista Arvore**, v. 30, n. 6, p. 885–891, 2006.

HIGUCHI, N. UTILIZAÇÃO E MANEJO DOS RECURSOS MADEIREIROS DAS FLORESTAS TROPICAIS ÚMIDAS. **Acta Amazonica**, v. 24, n. 3–4, p. 275–288, 1994.

HIRAI, E. H. et al. Effects of the reduced impact logging on natural regeneration in a terra firme dense forest in the municipality of Paragominas in Brazilian Amazonia. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 40, n. 95, p. 306–315, 2012.

HIRAI, E. H.; CARVALHO, J. O. P.; PINHEIRO, K. A. O. Comportamento populacional de Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) em floresta de Terra Firme na fazenda Rio Capim, Paragominas (PA). **Ciencias Agrarias**, n. 47, p. 89–101, 2007.

HOLMES, T. P. et al. **ustos e benefícios financeiros da exploração de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental**. 2. ed. Belém, PA: [s.n.].

IBAMA. **Dados abertos: Sinaflor - PMFS Amazônia Legal**. Disponível em: <<http://dadosabertos.ibama.gov.br/>>.

IBGE. Mapa de Vegetação do Brasil 1:50. 2004.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira : sistema fitogeográfico : inventário das formações florestais e campestres : técnicas e manejo de coleções botânicas : procedimentos para mapeamentos**. 2. ed. RIO DE JANEIRO: [s.n.].

ITTO. **Manual for the application of criteria and indicators for sustainable management of natural tropical forests: Part A/ National Indicators**. Yokohama: [s.n.].

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. et al. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 33130, 8 dez. 2016.

JUNIOR, A. P. DE O.; SALM, R. A.; HERNÁNDEZ-RUZA, E. J. Dynamics of a Forest Submitted to Logging in the Eastern Amazon, Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 00, n. 00, p. 1–19, 3 mar. 2022.

KUNERT, N. et al. Higher tree transpiration due to road-associated edge effects in a tropical moist lowland forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 213, p. 183–192, nov. 2015.

LIMA, A. P. et al. Regeneration of five commercially-valuable tree species after experimental logging in an Amazonian forest. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 567–571, out. 2002.

MACIEL, M. D. N. M. et al. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 1, n. 2, p. 69, 15 abr. 2003.

MARTINS, W. B. R. et al. Dynamics of the *Lecythis idatimon* Aubl. population in a 30-year period in a terra firme managed forest in the Brazilian Amazon. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 46, n. 120, p. 540–550, 2018.

MILTON, T. et al. Forest Ecology and Management Biomass and demographic dynamics of the Brazil nut family (*Lecythidaceae*) in a mature Central Amazon rain forest. v. 509, n. October 2021, 2022.

MOREIRA, A. R. B. et al. A valoração das concessões nas florestas nacionais da

Amazônia : uma abordagem com opções reais. **Pesq. Plan. Econ.**, v. 30, n. 3, p. 327–354, 2000.

NEPSTAD, D. C. et al. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1498, p. 1737–1746, 27 maio 2008.

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

OLIVEIRA, L. C. DE. Silvicultura na Amazônia Oriental: Contribuições do projeto Embrapa/DFID. **Simpósio Silvicultura na Amazônia Oriental**, p. 304, 1999.

OLIVEIRA, L. C. DE. **Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136ha na floresta nacional do Tapajós**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 29 abr. 2005.

OLIVEIRA, J. C. et al. Floristic and structural status of forests in permanent preservation areas of Moju river basin, Amazon region. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 4, p. 912–927, 17 maio 2016.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing, , 2022.

REIS, L. P. et al. Avaliação do potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós após 28 anos da exploração florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 265–281, 27 dez. 2010.

REIS, L. P. et al. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 3, p. 234–243, 2014.

REIS, L. P. et al. Prognose da distribuição diamétrica por Matriz de transição em floresta após colheita no Leste da Amazônia. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 715–724, 29 jun. 2018.

RODRIGUES, M. I. et al. Maisa Isabela Rodrigues Álvaro Nogueira de Souza Maísa Santos Joaquim Ilvan Medeiros Lustosa Júnior Reginaldo Sérgio PereiraI. p. 1299–1308, 2020.

RODRIGUES, T. E. et al. **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amzônia Oriental, 2003.

SABOGAL, C. et al. **Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de Terra Firme na Amazônia Brasileira**. Belém, PA: [s.n.].

SANTANA, A. C. DE et al. O valor econômico da extração manejada de madeira no baixo Amazonas, estado do Pará. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 527–536, jun. 2012.

SCHULZE, M. Technical and financial analysis of enrichment planting in logging gaps as a potential component of forest management in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 3–4, p. 866–879, 20 mar. 2008.

SILVA, E. J. V. DA. **Dinâmica de florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia Oriental**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 12 fev. 2004.

- SILVA, K. E. DA et al. Concessões de florestas públicas na Amazônia: desafios para o uso sustentável dos recursos florestais. **Bioikos - Título não-corrente**, v. 23, n. 2 SE-Artigos, 1 ago. 2012.
- SILVA, J. N. M. et al. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, v. 71, n. 3, p. 267–274, fev. 1995.
- SILVA, J. N. M. et al. Growth and yield studies in the Tapajós region, Central Brazilian Amazon. **The Commonwealth Forestry Review**, v. 75, n. 4, p. 325–329, 26 abr. 1996.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. DE; LOPES, J. D. C. A. Um sistema silvicultural policíclico para produção sustentada de madeira na Amazônia brasileira. In: **n: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: contribuições do Projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, PA. Resumos expandidos. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU: DFID, 1999.** Belém, PA: [s.n.]. p. 180–185.
- SILVA, M. J. **Madeira de ponta a ponta.** [s.l: s.n.]. v. 67
- SIST, P. et al. Large trees as key elements of carbon storage and dynamics after selective logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 318, p. 103–109, 2014.
- SIST, P.; NGUYEN-THÉ, N. Logging damage and the subsequent dynamics of a dipterocarp forest in East Kalimantan (1990–1996). **Forest Ecology and Management**, v. 165, n. 1–3, p. 85–103, jul. 2002.
- SOUZA, D. V. et al. 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, 30 dez. 2015.
- SOUZA, M. DE. TRANSAMAZÔNICA: INTEGRAR PARA NÃO ENTREGAR. **Nova Revista Amazônica**, v. 8, n. 1, p. 133, 27 abr. 2020.
- SOUZA, M. S. DE et al. DINÂMICA E PRODUÇÃO DE UMA FLORESTA SOB REGIME DE MANEJO SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA CENTRAL. **FLORESTA**, v. 47, n. 1, p. 55, 31 mar. 2017.
- STEPKA, T. F. et al. Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os métodos razão de movimentos e matriz de transição. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 327–335, 27 dez. 2010.
- TAFFAREL, M. et al. Efeito da silvicultura pós-colheita na população de *Chrysophyllum lucentifolium* Cronquist (Goiabão) em uma floresta de terra firme na amazônia brasileira. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1045–1054, dez. 2014.
- VALLE, D. et al. Identifying bias in stand-level growth and yield estimations: A case study in eastern Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 236, n. 2–3, p. 127–135, dez. 2006.
- VALLE, D. et al. 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, n. 2–3, p. 187–198, 31 maio 2007.

- VAN GARDINGEN, P. R.; VALLE, D.; THOMPSON, I. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajós National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 231, n. 1–3, p. 184–195, ago. 2006.
- VASCONCELOS, S. S.; HIGUCHI, N.; OLIVEIRA, M. V. N. Projection of the diameter distribution in a selective logging forest in the western Amazon TT - Projecao da distribuicao diametrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazonia Ocidental. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 1, p. 71–80, 2009.
- VIDAL, E.; WEST, T. A. P.; PUTZ, F. E. Recovery of biomass and merchantable timber volumes twenty years after conventional and reduced-impact logging in Amazonian Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 376, p. 1–8, 2016.
- VINHOTE, E. G. et al. Diversidade e similaridade de espécies da regeneração natural pós-exploração em floresta sob manejo comercial na Amazônia Central. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1116–1129, 1 dez. 2020.
- WEST, T. A. P.; VIDAL, E.; PUTZ, F. E. Forest biomass recovery after conventional and reduced-impact logging in Amazonian Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 314, p. 59–63, 15 fev. 2014.
- ZARIN, D. J. et al. Beyond Reaping the First Harvest: Management Objectives for Timber Production in the Brazilian Amazon. **Conservation Biology**, v. 21, n. 4, p. 916–925, ago. 2007.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Volume das espécies do sítio Ecosilva nos diferentes grupos de valor.

Tabela 1 – Volume das espécies do grupo de maior valor comercial, G1.

Nome Científico	2005 (m ³ ·ha ⁻¹)	2020 (m ³ ·ha ⁻¹)	2005 (%)	2020 (%)	GE	Exp
<i>Manilkara elata</i>	3,872	4,080	21,4	20,1	TS	X
<i>Chrysophyllum lucentifolium</i>	3,854	4,401	21,3	21,7	TS	X
<i>Astronium lecointei</i>	2,781	3,292	15,4	16,2	DL	X
<i>Ocotea sp</i>	2,334	2,951	12,9	14,6	IND	X
<i>Nectandra cuspidata</i>	1,414	1,586	7,8	7,8	TS	X
<i>Dinizia excelsa</i>	0,959	1,072	5,3	5,3	IND	X
<i>Handroanthus serratifolius</i>	0,756	0,869	4,2	4,3	DL	
<i>Cordia goeldiana</i>	0,574	0,498	3,2	2,5	DL	X
<i>Vatairea paraensis</i>	0,455	0,706	2,5	3,5	DL	X
<i>Hymenaea parvifolia</i>	0,334	0,157	1,8	0,8	IND	X
<i>Hymenaea courbaril</i>	0,288	0,164	1,6	0,8	DL	X
<i>Zygia racemosa</i>	0,194	0,218	1,1	1,1	IND	
<i>Micropholis melinoniana</i>	0,087	0,083	0,5	0,4	TS	
<i>Clarisia racemosa</i>	0,075	0,146	0,4	0,7	DL	X
<i>Diploptropis purpurea</i>	0,051	0,000	0,3	0,0	DL	X
<i>Bowdichia nitida</i>	0,033	0,000	0,2	0,0	DL	
<i>Virola multinervia</i>	0,029	0,050	0,2	0,2	TS	

GE = classificação ecológica, PI = pioneira, DL = demandante de luz, TS = Tolerante a sombra. Exp = espécies exploradas.

Tabela 2 – Volume das espécies do grupo de valor comercial intermediário, G2.

Nome Científico	2005 (m ³ ha ⁻¹)	2020 (m ³ ha ⁻¹)	2005 (%)	2020 (%)	Exp
<i>Lecythis idatimon</i>	14,941	12,959	31,0	27,0	
<i>Protium apiculatum</i>	11,741	11,683	24,3	24,3	
<i>Pouteria sp</i>	8,187	8,864	17,0	18,5	
<i>Protium altsonii</i>	4,111	3,711	8,5	7,7	
<i>Lecythis lurida</i>	1,998	2,011	4,1	4,2	
<i>Zollernia paraensis</i>	1,317	1,359	2,7	2,8	
<i>Virola michelii</i>	1,271	1,920	2,6	4,0	X
<i>Manilkara bidentata</i>	1,216	1,453	2,5	3,0	
<i>Protium sp</i>	0,843	0,436	1,7	0,9	
<i>Bagassa guianensis</i>	0,682	0,987	1,4	2,1	X
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	0,615	0,973	1,3	2,0	X
<i>Vochysia maxima</i>	0,538	0,862	1,1	1,8	X
<i>Terminalia sp</i>	0,241	0,268	0,5	0,6	
<i>Symphonia globulifera</i>	0,216	0,279	0,4	0,6	
<i>Aniba sp</i>	0,164	0,000	0,3	0,0	X
<i>Aniba burchellii</i>	0,136	0,251	0,3	0,5	
<i>Euxylophora paraensis</i>	0,027	0,000	0,1	0,0	
<i>Minquartia guianensis</i>	0,000	0,024	0,0	0,0	

GE = classificação ecológica, PI = pioneira, DL = demandante de luz, TS = Tolerante a sombra. Exp = espécies exploradas.

Tabela 3 – Volume das espécies do grupo de valor comercial baixo, G3.

Nome Científico	2005 (m ³ ·ha ⁻¹)	2020 (m ³ ·ha ⁻¹)	2005 (%)	2020 (%)	GE	Exp
<i>Eschweilera coriacea</i>	13,389	16,705	13,1	14,2	TS	
<i>Pouteria guianensis</i>	12,135	11,504	11,9	9,8	TS	
<i>Eschweilera grandiflora</i>	10,664	11,770	10,5	10,0	TS	
<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i>	6,477	7,893	6,4	6,7	DL	X
<i>Rinorea guianensis</i>	5,245	5,874	5,1	5,0	TS	
<i>Inga alba</i>	3,453	5,981	3,4	5,1	DL	
<i>Sterculia pruriens</i>	3,201	3,790	3,1	3,2	DL	X
<i>Licania canescens</i>	3,129	2,164	3,1	1,8	TS	
<i>Sloanea guianensis</i>	2,849	2,842	2,8	2,4	DL	
<i>Eschweilera parviflora</i>	2,772	3,101	2,7	2,6	TS	
<i>Caryocar glabrum</i>	2,722	3,279	2,7	2,8	DL	
<i>Tachigali myrmecophila</i>	2,581	3,101	2,5	2,6	DL	
<i>Laetia procera</i>	2,456	3,062	2,4	2,6	PI	
<i>Pouteria opposita</i>	2,445	2,464	2,4	2,1	TS	X
<i>Vantanea guianensis</i>	2,070	2,193	2,0	1,9	NP/ST	
<i>Caryocar villosum</i>	2,002	2,307	2,0	2,0	DL	X
<i>Pourouma guianensis</i>	1,746	2,553	1,7	2,2	PI	
<i>Brosimum acutifolium</i>	1,429	1,478	1,4	1,3	TS	
<i>Guarea sp</i>	1,295	1,440	1,3	1,2	TS	
<i>Xylopia nitida</i>	1,148	0,676	1,1	0,6	TS	
<i>Pouteria oppositifolia</i>	1,088	1,313	1,1	1,1	TS	
<i>Apeiba echinata</i>	1,054	0,748	1,0	0,6	PI	
<i>Brosimum guianense</i>	1,022	1,054	1,0	0,9	TS	
<i>Ruizterania albiflora</i>	0,990	1,355	1,0	1,1	DL	
<i>Guatteria poeppigiana</i>	0,966	0,511	0,9	0,4	TS	
<i>Enterolobium maximum</i>	0,828	1,235	0,8	1,0	DL	X
<i>Lecythis pisonis</i>	0,794	0,921	0,8	0,8	DL	X
<i>Brosimum lactescens</i>	0,778	0,938	0,8	0,8	IND	X
<i>Protium decandrum</i>	0,736	0,820	0,7	0,7	TS	
<i>Goupia glabra</i>	0,618	0,183	0,6	0,2	PI	X
<i>Albizia pedicellaris</i>	0,527	0,289	0,5	0,2	DL	X
<i>Parkia gigantocarpa</i>	0,507	1,275	0,5	1,1	DL	X
<i>Couratari guianensis</i>	0,506	0,594	0,5	0,5	NP/ST	X
<i>Ceiba pentandra</i>	0,440	0,082	0,4	0,1	DL	X
<i>Parkia multijuga</i>	0,439	0,761	0,4	0,6	DL	
<i>Cecropia sciadophylla</i>	0,436	2,053	0,4	1,7	PI	
<i>Neea oppositifolia</i>	0,436	0,622	0,4	0,5	IND	
<i>Eschweilera ovata</i>	0,428	0,291	0,4	0,2	IND	
<i>Inga sp</i>	0,426	0,675	0,4	0,6	DL	
<i>Copaifera reticulata</i>	0,392	0,292	0,4	0,2	DL	
<i>Abarema cochleata</i>	0,381	0,589	0,4	0,5	DL	

Tabela 3 – Continuação.

Nome Científico	2005 (m ³ ·ha ⁻¹)	2020 (m ³ ·ha ⁻¹)	2005 (%)	2020 (%)	GE	Exp
<i>Endopleura uchi</i>	0,349	0,411	0,3	0,3	DL	X
<i>Luehea speciosa</i>	0,347	0,333	0,3	0,3	DL	
<i>Licania latifolia</i>	0,340	0,541	0,3	0,5	TS	
<i>Eriotheca longipedicellata</i>	0,333	0,405	0,3	0,3	DL	
<i>Terminalia amazonia</i>	0,323	0,574	0,3	0,5	DL	X
<i>Chimarrhis turbinata</i>	0,306	0,433	0,3	0,4	DL	
<i>Guatteria punctata</i>	0,303	0,692	0,3	0,6	TS	
<i>Ormosia nobilis</i>	0,275	0,258	0,3	0,2	IND	X
<i>Terminalia argentea</i>	0,262	0,270	0,3	0,2	IND	
<i>Pterocarpus rohrii</i>	0,221	0,333	0,2	0,3	DL	
<i>Trattinnickia burseraefolia</i>	0,202	0,356	0,2	0,3	PI	X
<i>Ormosia sp</i>	0,181	0,205	0,2	0,2	IND	X
<i>Calophyllum brasiliense</i>	0,180	0,230	0,2	0,2	IND	
<i>Abarema jupunba</i>	0,155	0,152	0,2	0,1	DL	X
<i>Brosimum parinarioides</i>	0,152	0,121	0,1	0,1	IND	
<i>Platymiscium filipes</i>	0,139	0,265	0,1	0,2	TS	
<i>Tapirira guianensis</i>	0,131	0,357	0,1	0,3	DL	
<i>Jacaranda copaia</i>	0,128	0,260	0,1	0,2	PI	X
<i>Simarouba amara</i>	0,114	0,000	0,1	0,0	DL	X
<i>Schefflera morototoni</i>	0,099	0,196	0,1	0,2	PI	X
<i>Tetragastris panamensis</i>	0,060	0,021	0,1	0,0	IND	
<i>Enterolobium sp</i>	0,057	0,104	0,1	0,1	DL	
<i>Himatanthus sucuuba</i>	0,056	0,086	0,1	0,1	DL	
<i>Swartzia sp</i>	0,045	0,055	0,0	0,0	DL	
<i>Dialium guianense</i>	0,037	0,049	0,0	0,0	DL	
<i>Diospyros vestita</i>	0,027	0,039	0,0	0,0	TS	
<i>Iryanthera juruensis</i>	0,026	0,030	0,0	0,0	DL	
<i>Parahancornia fasciculata</i>	0,024	0,000	0,0	0,0	IND	
<i>Casearia javitensis</i>	0,023	0,000	0,0	0,0	IND	
<i>Clarisia ilicifolia</i>	0,021	0,032	0,0	0,0	TS	
<i>Anacardium giganteum</i>	0,000	0,024	0,0	0,0	IND	X
<i>Licania heteromorpha</i>	0,000	0,021	0,0	0,0	TS	
<i>Maytenus pruinosa</i>	0,000	0,027	0,0	0,0	IND	
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>	0,000	0,286	0,0	0,2	DL	
<i>Talisia longifolia</i>	0,000	0,024	0,0	0,0	TS	

GE = classificação ecológica, PI = pioneira, DL = demandante de luz, TS = Tolerante a sombra. X = espécies que foram exploradas.

Apêndice 3 – Processos de dinâmica considerando o período de 16 anos de medições (2004-2020).

	Processos de dinâmica (m³ ha⁻¹ ano⁻¹)									x	±
	2004 2005	2005 2006	2006 2008	2008 2010	2010 2012	2012 2014	2014 2016	2016 2018	2018 2020		
Incremento	2,41	2,93	3,20	2,85	3,61	3,13	2,39	2,84	3,31	2,97	0,40
Mortalidade natural	8,19	4,59	4,33	3,24	3,67	2,30	2,86	3,49	2,08	3,86	1,83
Recrutamento	1,24	0,77	1,01	0,65	0,71	0,65	0,78	1,14	0,78	0,86	0,21
Mortalidade pela exploração	-17,2	-0,90	-0,29							6,12	9,59

x = média, ± = desvio padrão