



**EXPLORAÇÃO FLORESTAL E SEUS IMPACTOS EM
ÁREAS DE PRIMEIRO E SEGUNDO CICLO DE CORTE
DO MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL,
BRASIL**

HUGO MACEDO BUCHMANN

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

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

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

**EXPLORAÇÃO FLORESTAL E SEUS IMPACTOS EM
ÁREAS DE PRIMEIRO E SEGUNDO CICLO DE CORTE
DO MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL,
BRASIL**

HUGO MACEDO BUCHMANN

**ORIENTADOR: Dra. ALBA VALÉRIA REZENDE
COORIENTADOR: Dr. LUCAS JOSÉ MAZZEI DE FREITAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM-277/2016
BRASÍLIA/ DF ABRIL DE 2016**

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

EXPLORAÇÃO FLORESTAL E SEUS IMPACTOS EM ÁREAS
DE PRIMEIRO E SEGUNDO CICLO DE CORTE DO MANEJO
FLORESTAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL, BRASIL

HUGO MACEDO BUCHMANN

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS
À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

APROVADO POR:

Prof. Dra. ALBA VALERIA REZENDE
Departamento de Engenharia Florestal – UnB
ORIENTADOR

Prof. Dr. REGINALDO SÉRGIO PEREIRA
Departamento de Engenharia Florestal – UnB
EXAMINADOR INTERNO

Dr. PAULO JOSÉ PRUDENTE DE FONTES
Diretor de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestal – IBAMA
EXAMINADOR EXTERNO

Prof. Dr. ERALDO APARECIDO TRONDOLI MATRICARDI
Departamento de Engenharia Florestal – UnB
SUPLENTE

BRASÍLIA/DF, 27 DE ABRIL DE 2016.

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília.

Bppgef	Buchmann, Hugo Macedo
l.dm	Exploração florestal e seus impactos em áreas de primeiro e segundo ciclo de corte do manejo florestal na Amazônia Oriental, Brasil / Hugo Macedo
277	Buchmann; orientador Alba Valéria Rezende; co orientador Lucas José de Freitas Mazzei. -- Brasília, 2016.
2016e	105 p.
	Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Florestais) -- Universidade de Brasília, 2016.
	1. Manejo Florestal Sustentável. 2. Segundo Ciclo. 3. Floresta Nacional do Tapajós. 4. Desempenho Operacional. 5. Custos de Exploração. I. Rezende, Alba Valéria, orient. II. Mazzei, Lucas José de Freitas, co-orient. III. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BUCHMANN, H. M. (2016). Exploração florestal e seus impactos em áreas de primeiro e segundo ciclo de corte do manejo florestal na Amazônia Oriental, Brasil. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-277/2016, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 115 f.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Hugo Macedo Buchmann

TÍTULO: Exploração florestal e seus impactos em áreas de primeiro e segundo ciclo de corte do manejo florestal na Amazônia Oriental, Brasil.

GRAU: Mestre

ANO: 2016

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.

Hugo Macedo Buchmann
Hugo.efl@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à toda minha família pela minha vida, por todos os carinhos, afagos e puxões de orelha que fizeram a pessoa que sou, em especial aos meus pais Marcos e Sônia, e minha irmã Beatriz, que sempre me apoiaram e garantiram condições de desenvolver meus estudos com tranquilidade. À minha namorada, amiga e amor, Isadora, que me suportou, apoiou e me transmitiu calma quando eu precisava. Aos meus amigos, sem os quais muitas das coisas nem sequer fazem sentido.

Aos meus orientadores, agradeço imensamente pelo apoio, incentivo e orientações. À Alba Valéria Rezende, meu muito obrigado por mais uma oportunidade, me abrindo portas que tornaram possível meu desejo de trabalhar com o manejo florestal na Amazônia. Ao Lucas Mazzei, que por meio da Embrapa Amazônia Oriental – CPATU, me possibilitou estudar um dos principais e mais importantes experimentos em manejo de florestas tropicais da Amazônia, onde ganhei importantes experiências profissionais e pessoais.

Agradeço à CAPES pela cessão de bolsa de estudos; ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestais (PPG/EFL/UnB), os professores, funcionários e amigos de curso pelo apoio e troca de experiências; à Embrapa CPATU e seus pesquisadores pela oportunidade, apoio financeiro e logístico, destacando os esforços que os coordenadores do projeto, Lucas Mazzei e Ademir Ruschel, empenharam para realização plena das atividades. Ao Centro Regional da Amazônia – INPE/CRA pelo treinamento em processamento digital de imagens, em especial ao Igor Narvaes e Tássio Cordeiro. À COOMFLONA pela parceria e realização das atividades de exploração florestal. Aos amigos de Belém pelo companheirismo, carinho e disponibilidade em receber e entreter um então desconhecido e fazê-lo se sentir tão confortável. À Dona Eliete, Seu Ivanildo e sua família, uma gratidão que não cabe dentro de mim. À Jamile, arquiteta e minha guia turística particular, obrigado por me apresentar a cidade e o que ela tem a oferecer.

Por mais de 35 anos, os trabalhos de campo contaram com apoio importantíssimo de inúmeras pessoas, sem as quais não haveria a produção científica e divulgação dos resultados dessas experiências. Entre 2014 e 2015, contribuíram com as campanhas de coleta de dados realizadas para este trabalho: Lucas Mazzei, Ademir Ruschel, Fabricio Ferreira, Seu Lúcio, Seu Nilson, Miguel, João, Ednaldo, Maísa, Leonardo e Pamela Reis, Seu Mirinha, Capixaba, Seu Adalto, Alex e Cabeça.

RESUMO

A grande pressão experimentada pelas florestas tropicais tem provocado muitas implicações para o desenvolvimento sustentável. Na Amazônia, o desmatamento e a exploração ilegal de madeira podem ser apontados como responsáveis pelo desequilíbrio dos serviços ambientais que a floresta oferece, em especial no contexto de mudanças climáticas e seu papel na regulação dos ciclos hídricos e biogeoquímicos. Em contrapartida, o Manejo Florestal Sustentável atua como a principal atividade econômica capaz de promover o acesso e utilização dos recursos florestais, combinando benefícios sociais, ambientais e econômicos. No Brasil, a Flona do Tapajós tem importante papel em estudos em manejo florestal na Amazônia por ser uma das primeiras áreas exploradas visando regular a produção florestal e a primeira área a entrar em segundo ciclo de corte. O experimento conduzido pela Embrapa Amazônia Oriental – CPATU no sítio do km 67, após 35 anos da primeira exploração, avaliou comparativamente os rendimentos, impactos e custos das operações de exploração florestal em área de segundo e primeiro ciclo de corte, ou seja, tratamentos T1 (39 ha) e T3 (31,5 ha), respectivamente. A composição florística e a estrutura florestal resultante da dinâmica florestal após a primeira exploração proporcionou um estoque comercial de $69,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, viabilizando a exploração do segundo ciclo de corte com intensidade de exploração média planejada em $25,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. No entanto, o volume explorado foi igual a $16,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ na área do tratamento T1 e $14,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ na área do tratamento T3, correspondentes a 159 e 106 árvores, respectivamente. Estas diferenças estão relacionadas principalmente, com a identificação da presença de ocos, podridão e defeitos na qualidade dos fustes. O estudo de tempos das operações mostrou semelhanças entre as áreas, embora algumas particularidades e registro de interrupções tenham contribuído para heterogeneidade dos tempos. A eficiência das operações em ambos os tratamentos foi de, aproximadamente 70%, com maiores produtividades observadas para T3, devido ao maior volume médio das árvores exploradas. O custo de operação da exploração florestal foi calculado em $609,38 \text{ US\$ ha}^{-1}$, com importante contribuição dos custos fixos, e o custo de produção calculado em $0,34 \text{ US\$ m}^{-3}$, sendo o arraste e romaneio as operações mais onerosas. A frequência de ocos e desperdício volumétrico foram maiores para T1 em relação a T3, com diferenças quanto às espécies e frequências registradas nestas análises. A área impactada pelo dimensionamento da infraestrutura foi 35,9% e 7,2% maior que o planejado em T3 e T1, respectivamente. Os danos na vegetação em termos de número de árvores, área basal e volume foram maiores em T1 em razão da maior área e número de ramais de arraste abertos, impactando $1,4 \text{ m}^3$ e 5,4 árvores para cada m^3 e árvore explorada, e em T3 essa proporção foi de 1 m^3 e 5,5 árvores. A abertura do dossel nas áreas exploradas foi maior e estatisticamente diferente em relação à área testemunha e, ao longo da direção de queda das árvores exploradas, as medições realizadas na região da copa as confirmaram como a mais impactante ao dossel, promovendo abertura estatisticamente superior em relação à porção central do fuste e toco remanescente.

Palavras-chave: Manejo Florestal Sustentável; Segundo Ciclo; Floresta Nacional do Tapajós; Desempenho Operacional; Custos de Exploração.

ABSTRACT

The great pressure experienced by tropical forests has important implications for sustainable development and brings several consequences. In the Amazon, deforestation and illegal logging are commonly known as responsible for the imbalance of environmental services that the forest provides, especially in the context of climate change and its role in the regulation of water and biogeochemical cycles. In this scenario, the Sustainable Forest Management is the main economic activity to promote access and use of forest resources by combining social, environmental and economic benefits. In this sense, management The National Forest of Tapajós has an importante meaning for studies on forest management in the Amazon rainforest as one of the first areas harvested aiming to regulate forest production and the first area on second harvest cycle. The experiment conducted by Embrapa Amazônia Oriental - CPATU in site km 67 evaluated comparatively yields, impacts and costs of logging operations in second and first cutting cycle areas, treatments T1 (39 ha) and T3 (31.5 ha), respectively. The floristic composition and forest structure resulting from forest dynamics after 35 years of the first harvest released the commercial stock of $69.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, enabling the operation of the second cutting cycle with average operating intensity planned by $25.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. The explored volume, however, was $16.5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ in the treatment area T1 and $14.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ at T3, with a total of 159 and 106 trees, respectively. These differences are primarily related to the detection of the presence of hollows, rot and defects in the quality of bole. The study of operational cycles timing showed similarities between the areas, although some features and interruptions records have contributed to the heterogeneity of the records. The efficiency of operations in both treatments is close to 70%, with higher yields observed for T3 due to the higher average volume of harvested trees. The operating cost of forestry was estimated at 609.38 US \$ ha^{-1} , with a significant contribution of fixed costs, and the cost of production estimated at 0.34 US \$ m^3 , being skidding operation the most costly. The frequency of hollows and volumetric waste were higher for T1 compared to T3, with differences in the species and frequencies registered in these analyzes. The area affected by the infrastructure dimensioning was 35.9% and 7.2% higher than planned in T3 and T1, respectively. The damage to vegetation in terms of number of trees, basal area and volume were higher in T1 due to the larger area and number of skid trails builds, affecting 1.4 m^3 and 5.4 trees for each m^3 and tree exploited, and in T3 the proportion was 1 m^3 and 5.5 trees. The canopy opening in the areas explored was higher and statistically different in relation to the control area and, along the fall direction of explored trees, the measurements in the crown region have confirmed them as the most impactful to the canopy, providing statistically greater openness towards the central portion of the trunk and remaining stump.

Keywords: Sustainable Forest Management; Second Cycle; Tapajós National Forest; Operational Performance; Exploration costs;

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE EQUAÇÕES	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. HIPÓTESE	3
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1. Geral	4
1.2.2. Específicos	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL	4
2.1.1. Breve Histórico e Legislação	4
2.1.2. Exploração Florestal	9
2.1.3. Danos da Exploração Florestal	13
2.2. PRODUÇÃO MADEIREIRA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA	16
2.3. FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. ÁREA DE ESTUDO	23
3.1.1. Histórico	24
3.1.2. Planejamento da Exploração Florestal de 2014	26
3.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS	32
3.2.1. Tempos e Movimentos	32
3.2.2. Desempenho Operacional	34
3.2.3. Custos de Exploração Florestal	34
3.2.4. Qualidade da Exploração Florestal	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1. EXPLORAÇÃO FLORESTAL DOS TRATAMENTOS T1 E T3	40
4.2. TEMPOS E MOVIMENTOS	48
4.2.1. Erro Amostral	48
4.2.2. Tempos	49
4.2.3. Interrupções	55
4.3. DESEMPENHO OPERACIONAL	60
4.3.1. Eficiência Operacional	60

4.3.2. Produtividade.....	61
4.4. CUSTOS DE EXPLORAÇÃO.....	64
4.5. QUALIDADE DA EXPLORAÇÃO	71
4.5.1. Árvores Ocas	71
4.5.2. Desperdício Volumétrico.....	75
4.5.3. Dimensionamento da Infraestrutura	79
4.5.4. Mudanças na Cobertura Florestal	80
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1. Estoques totais referente ao número de árvores (N), volume comercial absoluto (m^3) e volume comercial por hectare ($m^3 ha^{-1}$) registrados no censo florestal (IF 100%), passíveis de exploração e pré-selecionados para exploração nos tratamentos T1 (UT21) e T3 (UT22), no sítio Km 67 da Flona do Tapajós, Pará. (Fonte: adaptado de Plano Operacional Anual 09/2014, Anexo Experimento Embrapa-Coomflona-ICMBio).	28
Tabela 4.1. Resumo das intensidades de corte aplicadas nos tratamentos do experimento em manejo florestal do km 67 da Flona do Tapajós, Pará, para os anos 1979 e 2014... 41	41
Tabela 4.2. Número de árvores (N), volume estimado por inventário censo (V_{IF}), volume romaneado (V_R) e intensidade de exploração ($m^3 ha^{-1}$) selecionados para corte e como estoque remanescente (Reman.) em 2014 nas etapas de pré-seleção da colheita, planejamento e da exploração (colheita efetiva) nos tratamentos T1 e T3 no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.....	41
Tabela 4.3. Espécies exploradas em 1979 e número de árvores (N), área basal (G) em m^2 , volume (V) em m^3 e volume médio ($m^3 ha^{-1}$) explorados por espécie nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) e para a área total de exploração do sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará	46
Tabela 4.4. Estatística amostral do estudo de tempos das operações florestais de corte e arraste nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	48
Tabela 4.5. Tempo dos ciclos e elementos operacionais registrados nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará. (Loc = localização; OP = operações preliminares; Derr = derruba; Dest = destopamento; VV = viagem vazio; Carr = carregamento; VC = viagem carregado).	50
Tabela 4.6. Custos fixos, variáveis, de produção e de exploração das operações de implantação da infraestrutura, corte e arraste/romaneio na área experimental da Embrapa no sítio do km 67, Flona do Tapajós, Pará.	65
Tabela 4.7. Número de árvores (N), área basal (G) e volume (V) por espécie relativo ao registro de oco nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) e para a área total de exploração florestal no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	72
Tabela 4.8. Desperdício volumétrico proveniente da altura de corte dos tocos e da galhada nas árvores exploradas dos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	75
Tabela 4.9. Forma, frequência, dimensões e volume de tocos amostrados nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	77
Tabela 4.10. Comparativo entre as áreas de infraestrutura (pátios de estocagem e estradas secundárias) e de efetivo manejo planejadas (Plan.) e construídas (Infra) nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	80

Tabela 4.11. Comparativo entre as dimensões das infraestruturas (pátios de estocagem e estradas secundárias) planejadas (Plan.) e construídas (Infra) nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	80
Tabela 4.12. Resultado do teste de Kruskal-Wallis para a significância (5%) do efeito dos tratamentos em função do grau de abertura do dossel na exploração do sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	81
Tabela 4.13. Resultado do teste de Kruskal-Wallis para a significância (5%) do efeito da direção de queda em função do grau de abertura do dossel na exploração do sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	81
Tabela 4.14. Valores mínimos, máximos e médios da abertura percentual do dossel nas posições do toco remanescente, meio do fuste e copa de árvores exploradas nas UT 21 e UT 22, além de área testemunha, do sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	82
Tabela 4.15. Estimativa de área impactada pela abertura de ramais de arraste, estradas secundárias, pátios de estocagem e total nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) do sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	85
Tabela 4.16. Número de árvores, área basal e volume em termos absolutos e por hectare danificados com o impacto causado pela implantação de infraestruturas de exploração (abertura de pátios de estocagem, estradas secundárias e ramais de arraste) nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Localização da área de manejo florestal experimental do sítio do km 67 na Flona do Tapajós, Pará.	25
Figura 3.2. Croqui da infraestrutura planejada para a exploração dos tratamentos T1 (UT21) e T3 (UT22) no km 67 da Flona do Tapajós, Pará. (Fonte: Plano Operacional Anual 09/2014, Anexo Experimento Embrapa-Coomflona-ICMBio).	27
Figura 3.3. Exemplo de mapa de exploração (elaborado para a Quadra 1 do tratamento T1-UT21) utilizado pelas equipes de exploração florestal na UPA 09 da Flona do Tapajós, Pará, indicando a direção de queda das árvores exploradas, ramais de arraste primários (linha contínua) e secundários (linha dupla tracejada) planejados e controle de árvores arrastadas para o pátio.	30
Figura 4.1. Mapa de exploração florestal do segundo ciclo de corte do sítio de pesquisa do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	43
Figura 4.2. Distribuição diamétrica dos estoques explorados e remanescentes na área dos tratam (G) em C e D; e volume comercial (V) em E e D no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	45
Figura 4.3. Proporção do tempo padrão de implantação de infraestrutura ocupada pelos elementos pátios de estocagem e estradas secundárias em T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	51
Figura 4.4. Proporção do tempo padrão da operação de corte ocupada pelos elementos localização, operações preliminares, derruba e destopamento em T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	53
Figura 4.5. Proporção do tempo padrão da operação de arraste ocupada pelos elementos viagem vazia, carregamento e viagem carregada nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará, representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente.	54
Figura 4.6. Proporção do tempo de interrupções representado pelos elementos pátios de estocagem e estradas secundárias do ciclo de implantação de infraestrutura nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	56
Figura 4.7. Proporção do tempo de interrupções representado pelos elementos operações preliminares, derruba e destopamento do ciclo de corte nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	57
Figura 4.8. Proporção do tempo de interrupções representado pelos elementos viagem vazia, carregamento e viagem carregado do ciclo de arraste nos tratamentos T1 (UT 21)	

e T3 (UT 22) (representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.....	59
Figura 4.9. Eficiência operacional do ciclo e eficiência operacional total das operações dos tratamentos T1 (A) e T3 (B), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará, para as operações de construção de infraestrutura, corte e arraste.	60
Figura 4.10. Produtividade ($m^2 h^{-1}$) da operação de implantação da infraestrutura da exploração florestal referente às áreas de pátios de estocagem, estradas secundárias e total dos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	62
Figura 4.11. Produtividade ($arv\ ou\ toras\ h^{-1}$ e $m^3 h^{-1}$) das operações de corte e arraste da exploração florestal realizada nos tratamentos T1 (UT 21) (A) e T3 (UT 22) (B), no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	62
Figura 4.12. Proporção dos custos operacionais ocupada pelas operações de exploração florestal na área experimental da Embrapa no sítio km 67, Flona do Tapajós, Pará.....	66
Figura 4.13. Proporção ocupada pelos itens que compõem os custos operacionais (fixos e variáveis) da exploração florestal na área experimental da Embrapa no sítio km 67, Flona do Tapajós, Pará.	66
Figura 4.14. Custos operacionais e de produção das operações de implantação da infraestrutura, corte e arraste/romaneio na área experimental da Embrapa no sítio do km 67, Flona do Tapajós, Pará.	66
Figura 4.15. Dispersão dos resíduos percentuais da estimativa em relação ao volume comercial do romaneio (A) e relação entre volume comercial estimado e volume comercial romanceado (B) das árvores exploradas nos tratamentos T1 e T3, do sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	76
Figura 4.16. Gráfico <i>Boxplot</i> apresenta o primeiro, segundo e terceiro quartil, limites inferiores e superiores, e observações atípicas da distribuição dos dados referentes a abertura do dossel (%) em relação aos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (A) e ao longo da direção de queda das árvores exploradas (B).	82
Figura 4.17. Mapa do impacto da exploração florestal associado a abertura de pátios de estocagem, estradas secundárias e ramais de arraste nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.	86
Figura 4.18. Distribuição diamétrica das estimativas dos estoques em número de árvores (A), área basal (B) e volume (C) impactados pela construção da infraestrutura de exploração e ramais de arraste nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), do sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.....	89

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 3.1. Cálculo da intensidade amostral do número de ciclos e respectivos elementos, conforme Emmert (2014).	33
Equação 3.2. Cálculo do erro amostral médio em termos percentuais para os ciclos e elementos operacionais, conforme Emmert (2014).	33
Equação 3.3. Cálculo da frequência de interrupções do elemento ou ciclo no transcorrer da operação, conforme Emmert (2014).	33
Equação 3.4. Estimativa do tempo normal do elemento em um ciclo sem interrupções (minutos), conforme Emmert (2014).	34
Equação 3.5. Estimativa do tempo padrão do elemento em um ciclo com interrupções (minutos), conforme Emmert (2014).	34
Equação 3.6. Estimativa do tempo de interrupções do elemento (minutos), conforme Emmert (2014).	34
Equação 3.7. Estimativa do tempo padrão do ciclo operacional (minutos), conforme Emmert (2014).	34
Equação 3.8. Estimativa da eficiência operacional das operações de exploração florestal (%), conforme Moreira (2000).	34
Equação 3.9. Estimativa da produtividade operacional das operações de exploração florestal ($\text{m}^3 \text{he}^{-1}$), conforme Moreira (2000).	34
Equação 3.10. Estimativa do valor de depreciação do maquinário utilizado na exploração florestal ($\text{US\$ he}^{-1}$), conforme Moreira (2000).	35
Equação 3.11. Estimativa do valor de juros e seguros do maquinário utilizado na exploração florestal ($\text{US\$ he}^{-1}$), conforme Moreira (2000).	35
Equação 3.12. Estimativa do custo com combustível para o maquinário utilizado na exploração florestal ($\text{US\$ he}^{-1}$), conforme Moreira (2000).	36
Equação 3.13. Estimativa do custo com lubrificantes e graxas para o maquinário utilizado na exploração florestal ($\text{US\$ he}^{-1}$), conforme Moreira (2000).	36
Equação 3.14. Estimativa do custo com óleo hidráulico para o maquinário utilizado na exploração florestal ($\text{US\$ he}^{-1}$), conforme Moreira (2000).	36
Equação 3.15. Estimativa do custo com pneus e/ou esteira para o maquinário utilizado na exploração florestal ($\text{US\$ he}^{-1}$), conforme Moreira (2000).	36
Equação 3.16. Estimativa do custo total das operações de exploração florestal ($\text{US\$ he}^{-1}$), conforme Moreira (2000).	36
Equação 3.17. Estimativa do custo total da exploração florestal ($\text{US\$ he}^{-1}$), conforme Moreira (2000).	36

Equação 3.18. Estimativa do custo de produção das operações florestais (US\$ m ⁻³), conforme Moreira (2000).	37
Equação 3.19. Estimativa do custo da exploração florestal (R\$ m ⁻³), conforme Moreira (2000).	37
Equação 3.20. Frequência de árvores com presença de oco (%), conforme Emmert (2014).	37
Equação 3.21. Estimativa do volume do toco remanescente (m ³), conforme Emmert (2014).	38
Equação 3.22. Equação para estimativa do volume do resíduo florestal proveniente de galhada ajustado por Ribeiro (2013) na AMF Samambaia da Flona do Tapajós, Pará..	38

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido por possuir a segunda maior área florestal do mundo, ou seja, 54,4% do território nacional (463 milhões de hectares), sendo que destes, 98% estão cobertos por florestas naturais (SFB, 2013). Em termos médios, considerando 234 países e territórios, um recente levantamento da FAO acerca das mudanças na cobertura florestal nos últimos 25 anos (1990-2015) apontou que a área florestal mundial é de aproximadamente 31% (KEENAN et al., 2015), valor este bastante inferior ao observado no Brasil.

Entre os biomas brasileiros, a Floresta Amazônica se destaca por sua grande extensão (representa um terço das florestas tropicais do mundo) e pelo potencial de produção de madeira tropical no mundo, além de ser considerada a última reserva de madeira tropical e o maior reservatório natural da diversidade vegetal do planeta, com potencial madeireiro estimado em 60 bilhões de metros cúbicos em tora ou quatro trilhões de reais em madeira serrada (GEEA, 2010; OIMT, 2006; OLIVEIRA; AMARAL, 2004; BARROS; VERÍSSIMO, 2002).

Apesar do reconhecido potencial produtivo da Floresta Amazônica, as constantes pressões sobre suas áreas naturais vêm promovendo intenso processo de conversão da paisagem e mudanças de uso do solo, onde extensas áreas de desmatamentos ilegais geralmente estão associadas a atividades agropecuárias, embora a exploração seletiva ilegal de árvores também contribua para esse cenário. No contexto das mudanças climáticas, tanto em escala global como regional, a Amazônia é apontada como o principal *hotspot* de desmatamento no que se refere ao desequilíbrio dos serviços ambientais que a floresta oferece (FEARNSIDE, 2008), suscitando o papel desempenhado por este ecossistema na regulação dos ciclos biogeoquímicos, hídricos e climáticos, e de que forma as atividades humanas (aspectos culturais, sociais e econômicos) afetam o equilíbrio desses ciclos e explicam a conservação das florestas e a ocupação humana.

Apesar das disposições legais que visam a proteção da floresta Amazônica, as atividades ilegais de desmatamento ainda são continuas, especialmente em áreas privadas ou sob diferentes estágios de posse (MARTINS et al., 2012). Nesse sentido, o Manejo Florestal Sustentável é um importante instrumento de regulação da floresta, capaz de

conciliar a conservação e a produção florestal a partir de um conjunto de princípios, normas e técnicas que visam organizar, ordenar e controlar a produtividade e eficiência da floresta (FILHO et al., 2004), sendo uma forma sustentável de uso da terra em ecossistemas florestais da Amazônia.

A partir da criação da Lei de Gestão de Florestas Públicas – LGPF (Lei nº 11.284/2006), considerando os objetivos dispostos no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei nº 9.985/2000) e as experiências anteriores em manejo florestal, passou a ser adotado um modelo de concessão de florestas públicas com o objetivo de promover o acesso e a utilização sustentável destas para produção de produtos florestais madeireiros, não madeireiros e serviços florestais, gerando benefícios sociais e econômicos (MMA; SFB, 2015). As Florestas Públicas Federais, Estaduais, Municipais e do Distrito Federal, cadastradas no Cadastro Nacional de Florestas Públicas – CNFP, correspondem a 314,37 milhões de hectares, igual a 68% da área florestal e 36,9% do território nacional, sendo a maior parte (92%) localizada no Bioma Amazônia (MMA; SFB, 2015).

A vocação florestal da região e sua importância na produção de serviços e produtos florestais deve se apoiar no princípio de rendimento sustentável, em que a utilização racional dos recursos florestais considera a produção em um sistema policíclico, ou seja, deve-se considerar o equilíbrio de vários fatores e funções que atuam no funcionamento de seu conjunto de ecossistemas e serviços ambientais prestados, bem como requer a manutenção de condições ecológicas ótimas da floresta, intimamente relacionados ao retorno e sustentabilidade econômica (SCHNEIDER; FINGER, 2000; HIGUCHI, 1994).

O conhecimento do crescimento é fundamental para projetar a produção florestal, demandando estudos de crescimento das espécies ou da capacidade de recuperação da floresta após a exploração (AZEVEDO, 2006), subsidiando o manejador da floresta com informações sobre mudanças florísticas na vegetação, taxas de incremento e dinâmica de mortalidade e recrutamento que permitam regular os ciclos de corte e/ou intensidade de exploração, conforme características produtivas da floresta e demandas por madeira. Mesmo com esforços para melhorar a qualidade da exploração florestal a partir de diretrizes técnicas e instrumentos normativos, o entendimento do comportamento da dinâmica florestal ao longo do tempo em áreas exploradas ainda é carente de informações

no que se refere a viabilidade e planejamento do segundo ciclo de corte em florestas na Amazônia.

As experiências em manejo florestal madeireiro de produção sustentável na Amazônia brasileira ainda são bastante recentes. Segundo Mazzei e Ruschel (2014), as pesquisas mais antigas sobre a sustentabilidade do manejo florestal madeireiro estão na Floresta Nacional do Tapajós, realizada pela Embrapa Amazônia Oriental – CPATU nos sítios do km 67 e do km 114 da BR 163, explorados em 1979 e em 1982, respectivamente, e na Estação de Silvicultura do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA/ZF2, cuja primeira exploração ocorreu entre 1987 e 1988.

O estoque comercial em áreas de segundo ciclo de corte é dependente da resiliência da floresta e está relacionado tanto à intensidade de exploração do primeiro ciclo quanto ao crescimento da floresta remanescente, além da heterogeneidade e complexidade das interações entre variáveis ambientais. Uma segunda exploração representa uma nova intervenção na floresta que irá alterar seu equilíbrio dinâmico, permitindo deduzir importantes informações sobre o comportamento das espécies florestais e sua relação com a comunidade remanescente e o ambiente, bem como propicia a obtenção de informações sobre os custos e rentabilidade das operações florestais (MAZZEI; RUSCHEL, 2014).

Diante da ausência de informações tratando da exploração florestal em áreas de segundo ciclo de corte em áreas sob Manejo Florestal e considerando a relevante importância do tema para o desenvolvimento sustentável na Amazônia Brasileira, o presente estudo avaliou as diferenças entre tratamentos em primeiro e segundo ciclo de corte em termos de rendimentos, custos e impactos das operações florestais em área de manejo florestal experimental na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, no sítio de pesquisa do km 67 da BR 163.

1.1. HIPÓTESE

Visando identificar aspectos que corroborem a viabilidade da exploração florestal em áreas de segundo ciclo de corte, foi testada a hipótese de que áreas de primeiro e segundo ciclo de produção apresentam rendimentos e custos das operações florestais similares, bem como danos à floresta remanescente referentes à exploração florestal.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Geral

Como ainda existe grande carência de informações acerca da viabilidade da exploração das florestas tropicais brasileiras e, considerando que a floresta objeto deste estudo é a primeira área a entrar no segundo ciclo de produção, segundo a legislação florestal brasileira, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar comparativamente os rendimentos, custos e impactos da exploração florestal em áreas de primeiro e segundo ciclo de corte no sítio km 67 da Floresta Nacional do Tapajós, Pará, como subsídio às ações de manejo florestal sustentável na Amazônia brasileira, e

1.2.2. Específicos

- Avaliar, a partir do estudo de tempos e movimentos dos ciclos de operação florestal, a eficiência operacional e a produtividade das operações de exploração florestal;
- Avaliar os custos operacionais e de produção da exploração florestal;
- Avaliar a qualidade e os impactos da exploração florestal quanto à frequência de árvores ocas, desperdício volumétrico, dimensionamento da infraestrutura de exploração e mudanças na cobertura florestal (abertura do dossel e área de floresta suprimida);

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL

2.1.1. Breve Histórico e Legislação

A expansão das fronteiras econômicas e agrícolas na Amazônia visou atender os projetos de desenvolvimento econômico da região norte, marcada pelo estabelecimento dos limites geopolíticos da Amazônia Legal e criação da Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia – SPVEA (Decreto Lei nº 1.806/53), dando início aos primeiros estudos amazônicos no sentido de subsidiar um programa governamental de uma indústria madeireira regional (IORIS, 2008).

A exploração florestal não existia enquanto atividade econômica, consistindo num anexo da economia rural em que a produção madeireira se concentrava em poucas espécies e apresentava baixa rentabilidade devido à distância e qualidade do transporte, além de serrarias mal equipadas e falta de mão de obra qualificada (GACHOT, 1952).

Apesar das condições de extração de madeira na Amazônia serem precárias, foi constatado o potencial para produção madeireira a longo prazo, seguido por estudos fitossociológicos, silviculturais, introdução de serrarias mecânicas, cursos de capacitação e criação de um centro de tecnologia da madeira (HEINSDIJK; BASTOS, 1963; HEINSDIJK, 1966; SUDAM, 1974a; IORIS, 2008; SILVA, 2000)

No Código Florestal de 1965 (Lei 4.771/65), ainda que não houvessem normas e diretrizes técnicas, foi a primeira vez que o termo manejo florestal foi utilizado como exigência para exploração madeireira (PEREIRA JUNIOR, 2006). Diante da necessidade do estabelecimento de reservas florestais e da reestruturação das instituições responsáveis pela gestão florestal no país (HEINSDIJK, 1966), o código florestal criou diversas categorias de unidades de conservação, dentre as quais instituiu as Florestas Nacionais com finalidades técnicas, econômicas e sociais, dando ainda outras providências. A lei n. 5.173/66 dispôs sobre o plano de valorização da Amazônia e extinguiu a SPVEA, criando a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM (BRASIL, 1966).

O novo Código Florestal (Lei nº 12.651/12) define o manejo sustentável como “a administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços” (BRASIL, 2012). Ou seja, a regulação da produção florestal permite estabelecer um equilíbrio entre a intensidade de corte e o tempo necessário para o reestabelecimento do volume extraído da floresta, de modo a garantir a produção florestal contínua.

A exploração florestal está condicionada à aprovação do Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS, um documento de caráter técnico, no qual são estabelecidas as diretrizes e procedimentos para a administração de uma floresta com o objetivo de gerar benefícios socioeconômicos e ambientais, conforme estabelecido pelo Decreto 5.975/2006 (BRASIL, 2006a) e Lei n. 11.284/2006 (BRASIL, 2006b).

Do ponto de vista do planejamento da colheita, o trabalho do engenheiro florestal muitas vezes se restringe ao *checklist* da legislação ao invés de, conforme as particularidades da floresta objeto de exploração, planejar e executar o manejo embasado

em sistemas silviculturais. Frente às dimensões da floresta Amazônica, é mais fácil para fins de comando e controle exigir a presença ou ausência de determinados itens nos planos de manejo do que avaliar individualmente cada um destes. Considerando a breve experiência em manejo de florestas tropicais na Amazônia (MAZZEI; RUSCHEL, 2014; GEEA, 2010), o nível atual de conhecimento, apesar dos consideráveis avanços, ainda é baixo para explicar plenamente o funcionamento de uma floresta tão antiga, biodiversa e dinâmica.

Ressalta-se então a necessidade de se discutir e desenvolver sistemas silviculturais voltados especificamente para as diferentes condições encontradas na floresta amazônica, ou seja, que viabilizem ao manejador promover novas práticas e técnicas com vistas a regular a produção florestal, relacionando-a com sua capacidade produtiva e de recuperação, intensidade de corte e ciclos de colheita. Para tanto, aspectos edafoclimáticos devem ser correlacionados com o tipo de vegetação e taxas de crescimento das espécies comerciais, potencialmente comerciais e por grupos ecológicos, além de estudos acerca das características tecnológicas da madeira que propiciem a introdução de novas espécies no mercado.

Em geral, a elaboração, apresentação, execução e avaliação dos PMFS devem atender a Resolução CONAMA 406/2009 e as Instruções Normativas do Ministério do Meio Ambiente – MMA 04 e 05/2006, contemplando a: caracterização do meio físico e biológico, determinação do estoque existente, intensidade de exploração compatível com a capacidade da floresta, ciclo de corte adequado ao tempo de reestabelecimento do volume de produto retirado da floresta, promoção da regeneração natural da floresta; adoção de sistema silvicultural adequado, monitoramento do desenvolvimento da floresta remanescente e adoção de medidas mitigadoras dos impactos ambientais e sociais (BRASIL, 2006a). Contudo, é importante destacar que desde 2006, quando do processo de descentralização da gestão florestal, os órgãos ambientais estaduais passaram a analisar e licenciar os PMFS, devendo serem consultadas portarias e instruções normativas das secretarias estaduais de meio ambiente para fins de (IFT, 2012a). Ainda, devem ser consideradas as espécies classificadas como ameaçadas pela Portaria MMA 443/2014.

No PMFS deve ser definida a Área de Manejo Florestal (AMF) que diz respeito a área total a ser explorada ao longo dos anos. Em cada ano, uma fração da floresta ou

Unidade de Produção Anual (UPA) é explorada e definida conforme a demanda por matéria prima do executor do manejo e do volume comercial por hectare disponível para exploração naquele ano, de modo que, ao fim do ciclo de rotação, aquela primeira área explorada tenha recuperado seu estoque comercial colhido, dando início a um novo ciclo de corte. As UPA, por sua vez, são subdivididas em Unidades de Trabalho (UT), representam unidades de planejamento, execução e controle das operações florestais, com tamanho padrão em forma quadrada ou retangular em acordo com a distância máxima de arraste estabelecida (BRASIL, 2006b; SABOGAL et al., 2009).

Conforme IN 05/2006, a Autorização para Exploração (AUTEX), que é o documento que autoriza o início da exploração da UPA e determina o volume máximo a ser explorado por espécie, é condicionada à apresentação e aprovação do Plano Operacional Anual (POA) pelo órgão ambiental competente, e deve conter as diretrizes técnicas e a especificação das atividades a serem desenvolvidas no período de validade da autorização, que é de 12 meses.

Para fins de cadastramento e diretrizes técnicas decorrentes da IN 05/2006 (BRASIL, 2006c), os PMFS se classificam em categorias: i) quanto ao domínio da floresta, pública ou privada; ii) quanto ao detentor, individual, empresarial, comunitário, concessão ou o órgão ambiental competente em Florestas Nacionais, Estaduais ou Municipais; iii) quanto os produtos do manejo, madeireiros, não madeireiros (PFNM) ou múltiplos produtos; iv) quanto a intensidade de exploração, de Baixa Intensidade ou Pleno; v) quanto ao ambiente predominante, floresta de terra-firme ou várzea; vi) quanto ao estado natural da floresta manejada, primária ou secundária.

O PMFS de Baixa Intensidade (manejo comunitário) admite exploração de até $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, não permite uso de maquinário para o arraste e considera ciclo de rotação mínimo de 10 anos. No PMFS Pleno, a utilização de máquinas para arraste é permitida, em consonância com requisitos especificados, a intensidade máxima de corte é de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e a rotação deve ser entre 25 e 35 anos. O Diâmetro Mínimo de Corte – DMC estabelecido é de 50 cm, devendo ser mantido ao menos 10% das árvores por espécie com características comerciais e, no mínimo, 3 árvores por espécie a cada 100 hectares.

O marco legal da Lei de Gestão de Florestas Públicas - LGFP (Lei Federal 11.284/2006, regulamentada pelo Decreto nº 6.063/2007) (BRASIL, 2006b; 2007), viabilizou a concessão de florestas públicas à empresas e comunidades locais, com o

objetivo de conservação das florestas por meio do uso sustentável dos recursos florestais, melhoria da qualidade de vida da população local e estímulo à economia formal com produtos e serviços oriundos de florestas manejadas. A concessão de florestas públicas é definida como a delegação onerosa, mediante licitação realizada pelo órgão concedente, do direito de praticar manejo florestal sustentável para exploração de produtos e serviços numa unidade de manejo. Além da concessão florestal, existem outros modelos de gestão: na gestão direta, o poder público é o gestor das florestas públicas para manejo de produtos e serviços florestais, a exemplo da Floresta Estadual do Antimary no Acre, enquanto no modelo de Concessão de Direito Real de Uso a destinação das florestas públicas é cedida (em caráter não oneroso e prevalecente sobre a concessão florestal) às comunidades tradicionais (IFT, 2012b).

A Lei de Gestão de Florestas Públicas criou também o Serviço Florestal Brasileiro, visando conciliar o uso e conservação das florestas, valorizando-as através da produção de conhecimento, do desenvolvimento de capacidades e da oferta de serviços especializados, sendo responsável pelo Cadastro Nacional de Florestas Públicas e gerenciamento do Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FNDF, para fomento à inovação tecnológica e desenvolvimento de atividades sustentáveis (IFT, 2012b).

O Cadastro Nacional de Florestas Públicas soma, entre florestas nativas e plantadas, cerca de 314,37 milhões de hectares de florestas públicas cadastradas, dos quais 92% estão localizados no bioma Amazônia. As Florestas Públicas Federais (FPF) totalizam 222,86 milhões de hectares, com destaque para os Estados do Amazonas (36,8%) e do Pará (28,8%), sendo 85% das áreas de FPF destinadas e 15% sem destinação. Destaca-se, ainda, que a área de Florestas Públicas Destinadas cresceu em 19 milhões de hectares no período de 7 anos, desde a implementação do cadastro (MMA; SFB, 2015).

O SFB já disponibilizou através das concessões florestais cerca de 842 mil hectares de floresta distribuídos em cinco Florestas Nacionais a serem exploradas de forma sustentável ao longo de 40 anos por oito empresas vencedoras do processo licitatório (SFB, 2016). As Flonas com contratos de concessão com o SFB são: Jamari e Jacundá, em Rondônia, e Sacará-Taquera, Crepori e Altamira, no Pará.

No Estado do Pará, o Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará – IDEFLOR já registrou cerca de 1 milhão de hectares de florestas

públicas destinadas a comunidades locais em forma de Projetos Estaduais de Assentamento Sustentáveis – PEAS, Projetos Estaduais de Assentamento Agroextrativista – PEAEX, Reserva de Desenvolvimento Sustentável – RDS e áreas reservadas (IDEFLOR, 2015).

2.1.2. Exploração Florestal

Até meados da década de 80, a exploração florestal estava associada a conversão de florestas para atividades agropecuárias e restrita a um pequeno grupo de espécies de grande valor comercial devido à grande oferta de madeira oriunda de projetos de colonização e abertura de estradas, e, portanto, a oferta de madeira era grande. O modelo de exploração predatório, na época, pode ser atribuído, dentre outros fatores, a não adoção de práticas de manejo sustentável, baixa capacidade de monitoramento e fiscalização, e a falta de políticas florestais que gerem incentivos às atividades de manejo florestal (AMARAL; PINTO, 2012).

Um dos princípios do manejo florestal sustentável é que a exploração se baseia num sistema policíclico (HIGUCHI, 1994), devendo a floresta ser capaz de gerar produtos para ciclos ininterruptos. Ou seja, florestas exploradas a partir de PMFS devidamente aprovados e monitorados pelos órgãos ambientais competentes nunca deixaram de ser florestas. Segundo Barreto et al. (1993), caso áreas exploradas convencionalmente fossem abandonadas, o ciclo de corte para uma exploração de mesma intensidade poderia variar entre 75 e 100 anos, mas, se houvesse planejamento das operações de exploração florestal, o ciclo seria reduzido para 30 a 40 anos. Para a Fundação Floresta Tropical et al. (2006), em função do grau de perturbações ao meio biótico, os ciclos de corte na exploração convencional podem variar de um mínimo de 60 anos até um estado irreversível. As condições edafoclimáticas e o grau de impacto da exploração são definidoras da resiliência florestal.

Para fins de predição da produção florestal a longo prazo, são necessários estudos sobre a capacidade de recuperação da floresta após a intervenção que forneçam informações sobre as taxas de crescimento das espécies (AZEVEDO, 2006). A produção madeireira em florestas tropicais embasado no princípio de sustentabilidade é dependente da verificação das taxas de incremento e crescimento individual das espécies comerciais em áreas exploradas, uma vez que esse conhecimento é primordial para determinação da intensidade de exploração e do ciclo de corte, além de estimativa de custos e receitas.

As operações de exploração florestal passaram a ser melhor planejadas nos anos 90, quando foram desenvolvidas e adotadas diretrizes técnicas para minimizar os seus impactos da exploração florestal (BOLTZ et al., 2003; HOLMES et al., 2002; FFT, 2002; SABOGAL et al., 2000; BARRETO et al., 1993; 1998; JOHNS et al., 1998; DYKSTRA; HEINRICH, 1996). Sabogal et al. (2000), a execução da exploração florestal com planejamento não é necessariamente mais onerosa que a exploração convencional, mas, de acordo com Putz et al. (2000), o planejamento para redução dos impactos torna a exploração mais cara, entretanto, destaca que o manejo florestal depende do incentivo ao fortalecimento do setor e do combate aos desmatamentos e exploração ilegal de madeira.

Apesar das etapas de planejamento da exploração onerarem os custos da exploração na ordem de 2% a 18% em relação à exploração convencional (BOLTZ et al., 2003), a exploração com rendimento sustentado apresenta superioridade técnica e melhor rentabilidade das práticas de manejo, compensando pela maior eficiência das operações e conseqüente redução dos custos de exploração, dos desperdícios volumétricos e dos danos ambientais (BARRETO et al., 1993; 1998; JOHNS et al., 1998; HOLMES et al., 2002; PEREIRA JUNIOR, 2006; SABOGAL et al., 2000; 2009).

Barreto et al. (1998), por exemplo, verificaram que a lucratividade da exploração com impacto reduzido foi 35% superior a observada na exploração convencional na região de Paragominas, PA, considerando a maior produtividade e a redução dos desperdícios de madeira. Holmes et al. (2002) observaram que a rentabilidade foi em média 19% superior à convencional e os custos de exploração foram 12% menores. Para esses autores, o planejamento proporcionou maior produtividade das operações de arraste e de pátio, redução dos custos em 39%, redução em 37% da área afetada por máquinas pesadas por árvore derrubada, redução em 78% no desperdício de madeira e redução em 50% nos danos às árvores remanescentes potencialmente valiosas.

O planejamento e seleção das árvores que participam da colheita se dá com base no estoque madeireiro registrado no inventário 100% das árvores comerciais, com pré-seleção de árvores com potencial comercial e manutenção de árvores remanescentes, devidamente georreferenciadas e com marcação identificando o número da árvore, UPA e UT. Num estudo realizado por Holmes et al. (2002), foi verificado que, aproximadamente, metade das árvores inventariadas para uma exploração convencional não foram encontradas pelas equipes de derrubada, e algumas árvores exploradas não

atendiam critérios de espécie ou tamanho. Portanto, é importante a elaboração de mapas de colheita, com a localização e identificação das árvores selecionadas para exploração, bem como apresentar áreas de preservação permanente, hidrografia, tipos de vegetação e áreas impróprias para exploração identificadas no microzoneamento da área de exploração (SABOGAL et al., 2009).

É importante destacar, no entanto, que a heterogeneidade da floresta Amazônica dificulta a modelagem do ecossistema e pode limitar a alocação de infraestruturas da exploração planejada (BRAZ, 2005; SESSIONS, 2007a; 2007b). Portanto, para fins de planejamento, as características ambientais devem ser consideradas simultaneamente. O adequado planejamento e implementação de pátios de estocagem, estradas primárias e secundárias, por exemplo, proporcionam vantagens logísticas como o aumento da eficiência das operações e da segurança, a redução de danos causados à floresta remanescente e redução dos custos operacionais e de produção, já que o tamanho e a distribuição dos pátios de estocagem ao longo das estradas secundárias devem considerar o volume da colheita e o sistema de transporte utilizado (SABOGAL et al., 2009).

A falta de políticas de incentivo ao manejo florestal é refletida na burocracia e nos custos envolvidos para a aprovação e execução dos PMFS, o que em certa medida é um estímulo à exploração ilegal e ao desmatamento na Amazônia. Em todo o processo que envolve a cadeia produtiva da exploração na Floresta Amazônica existem importantes gargalos que merecem destaque, dentre os quais citam-se: a falta de estrutura e tecnologia das serrarias na transformação da madeira em produtos, que em sua grande maioria são obsoletas; falta de mercado para a maioria das espécies amazônicas; desconhecimento do potencial de aproveitamento dos resíduos florestais decorrentes da exploração e no processamento da madeira na indústria madeireira, que apresentam rendimento de serraria igual a 36% (BRAZ et al., 2014; CLEMENT; HIGUCHI, 2006). Em 2009, Pereira et al. (2010) registram nos pólos madeireiros da Amazônia Legal rendimento em serraria igual a 41%, gerando 8,4 milhões de m³ de resíduos do processamento. Segundo Souza (2009), os resíduos florestais gerados pela exploração são da ordem de 59 m³ ha⁻¹.

A eficiência do processamento da madeira em serraria pode influenciar o tamanho da área florestal manejada necessária para atender a demanda por madeira (GERWING et al., 2000), considerando que os resíduos florestais gerados ao longo da cadeia produtiva poderiam ser empregados em diversos setores, reduzindo a pressão de exploração sobre

novas áreas e contribuindo para proteção e conservação das florestas. Conforme Veríssimo et al. (2011), o desenvolvimento do manejo florestal na Amazônia requer instrumentos econômicos, recursos humanos e fomento florestal.

Nesse sentido, as diretrizes técnicas de manejo florestal, que objetivam principalmente a redução dos impactos sobre a vegetação remanescente e a otimização e redução dos custos das operações florestais, descrevem um conjunto mínimo de práticas a serem aplicadas nas operações de exploração florestal, divididas nas fases de pré-exploração, exploração e pós-exploração (FFT, 2002; SABOGAL et al., 2000; DYKSTRA; HEINRICH, 1996), possibilitando também uma avaliação objetiva da qualidade destas. Os sistemas produtivos adotados na Amazônia são frequentemente adaptações do CELOS *Harvesting System* – CHS, desenvolvido em florestas tropicais do Suriname (EMMERT, 2014; GRAAF; ELDIK 2011). Sabogal et al. (2009) definiram 39 diretrizes estruturadas conforme suas características operacionais em seis categorias: i) elaboração dos planos; ii) ações para garantir a segurança e eficiência em operações florestais; iii) atividades pré-exploratórias; iv) atividades exploratórias; v) atividades pós-exploratórias; e vi) monitoramento e controle.

A definição e uso de critérios e indicadores na avaliação da sustentabilidade dos planos de manejo representam um marco referencial para planejar, monitorar e avaliar o manejo florestal sustentável (POKORNY; ADAMS, 2003). No entanto, a eficiência das ações de controle e monitoramento das atividades dependem da capacidade institucional de gerenciar as informações e estabelecimento de procedimentos e métodos padronizados para a vistoria de PMFS (EMBRAPA; IBAMA, 2006). Ainda, o Monitoramento e Controle é uma importante ferramenta de gestão florestal que gera informações para avaliação da qualidade e desempenho das atividades florestais desenvolvidas durante a exploração, indicando objetivos alcançados e a necessidade de adequar e melhorar a execução e/ou o planejamento. A análise sistemática da composição dos custos das operações florestais e da produção permite identificar gargalos no processo de produção, ajudando a apoiar tomadas de decisão sobre a necessidade de investimentos em máquinas, novas tecnologias, definição de preços e salários pagos, dado que a atividade de manejo florestal deve ser rentável (SABOGAL et al., 2009).

2.1.3. Danos da Exploração Florestal

A exploração madeireira na Amazônia é seletiva e realizada, preferencialmente, em floresta primária. Quase sempre, as espécies de maior valor econômico são as mais exploradas e os ciclos e intensidades de corte não são obedecidos para que a floresta se recupere, o que caracteriza uma exploração predatória sem respeito às práticas de produção sustentável (GEEA, 2010; AMARAL; PINTO, 2012). Segundo Putz et al. (2008), considerando todos os países membros da Organização Internacioanl de Madeiras Tropicais, apenas 3,5% das florestas são manejadas de forma sustentável.

Além da ocupação desordenada da região Amazônica, as práticas não sustentáveis adotadas na exploração madeireira também causam vários danos ao meio ambiente, como a abertura de clareiras, árvores danificadas, aumento na frequência e intensidade de incêndios florestais, aumento do número de espécies pioneiras e sem valor comercial, e, conseqüentemente, impactos na capacidade regenerativa da floresta (AMARAL et al., 1998).

Os danos das operações florestais na exploração convencional estão comumente associados à intensidade de exploração realizada (VERISSIMO et al., 1992; YARED; SOUZA, 1993; MARTINS, 1995), embora resultados apontem que não necessariamente o maior volume comercial explorado por hectare represente maior volume de madeira danificada por hectare (MARTINS et al., 1997). Oliveira et al (2006) afirmaram que ainda é baixo o conhecimento do impacto a longo prazo das operações de exploração em florestas tropicais e, segundo Martins et al. (2003), os efeitos da exploração madeireira tanto na vegetação remanescente quanto no solo e na regeneração natural devem ser considerados no manejo de florestas na Amazônia, uma vez que têm implicações diretas na autoecologia das espécies envolvidas na exploração madeireira.

Os objetivos do manejo sustentado são mais facilmente alcançados a medida que boas práticas de manejo e conservação do solo contribuem na redução das alterações dos atributos do solo (MACHADO, 2005). Embora os efeitos da exploração sobre os solos florestais ainda sejam incertos no que se refere ao crescimento e a produtividade florestal, sabe-se que o comportamento das propriedades do solo ao longo do tempo é resultante de complexa interação entre fatores ambientais (REICHERT et al., 2007). Os aspectos físicos do solo influenciam o manejo do solo em sistemas florestais, representando a capacidade de suporte do solo em promover condições favoráveis ao crescimento e

desenvolvimento das plantas (BRADY; WEIL, 2008). As raízes de determinadas espécies e a mesofauna são importantes na recuperação da estrutura de solos florestais na Amazônia (CHAUVEL et al., 1990), e quando a raiz encontra resistência para o seu crescimento o desenvolvimento das plantas é afetado.

Hirai (2008) avaliou os pátios de estocagem e trilhas de arraste numa área de exploração em Paragominas-PA e, além de registrar maiores impactos do solo nestas áreas, observou que a alteração da estrutura física persistiu ao longo do tempo. Mello-Ivo e Ross (2006), estudando uma área explorada no Estado do Amazonas, verificaram que nas trilhas de arraste ocorreram os maiores impactos nas propriedades físicas do solo, sendo registro aumento na densidade do solo e na resistência a penetração, diminuição da microporosidade e da disponibilidade de água do solo.

Bomfim (2013) também verificou a ocorrência de alterações nas propriedades físicas e químicas do solo em área submetida a exploração florestal no Estado do Amazonas, contudo, concluiu que, de uma forma geral, o sistema de exploração não comprometeu a qualidade do solo local. Em seu estudo foram observados elevados valores de densidade do solo, com maior grau de compactação nas trilhas de arraste e nos pátios de estocagem, sendo estas estatisticamente diferentes em relação a área sem exploração. Além disso, o estoque de serapilheira e seus teores de cálcio, potássio e carbono orgânico nas unidades de produção também foram estaticamente diferentes em comparação com áreas protegidas, assim como os teores nutricionais do solo (enxofre, cálcio, magnésio, alumínio trocável, saturação por base e saturação por alumínio).

Entre os danos da exploração, destaca-se também a formação de clareiras. Tanto clareiras naturais quanto antrópicas exercem forte influência na composição florística, estrutura e funcionalidade da floresta, bem como na manutenção da biodiversidade, considerando que o processo dinâmico de sucessão florestal exerce influência sobre a heterogeneidade da floresta (NEMER, 2014). As clareiras naturais na Amazônia Oriental apresentam abertura variável entre 150 a 300 m² (VERÍSSIMO et al., 1992), ao passo que a abertura média do dossel em florestas submetidas à exploração convencional representa 40% da área de manejo, mas pode cair para 17% quando a exploração é bem planejada (WHITMORE, 1984).

Nemer (2014) estimou clareiras oriundas da exploração florestal entre 231 e 748 m² em estação experimental no município de Moju-PA. Na UPA I da concessão

florestal das glebas Mamuru-Arapiuns, nos municípios de Juruti e Santarém, Pará, as clareiras apresentaram média de 325,85 m² (MORAES, 2014). Martins et al. (1997) verificaram que a área média de clareiras abertas por derruba das árvores em uma exploração convencional foi de 414,5 m², valor este superior a 182 m² indicado por Vidal et al. (1997) numa exploração com planejamento, cuja a principal diferença é o tratamento do corte de cipós, anterior ao período da exploração, que evita a quebra de árvores entrelaçadas entre os cipós.

Na exploração florestal, as clareiras surgem a partir das operações de derrubada de árvores, abertura de áreas para implantação de pátios de estocagem, estradas e ramais de arraste, com importante redução da biomassa florestal nessas áreas: para cada metro cúbico aproveitado em uma exploração convencional aproximadamente 3 m³ são danificados, reduzindo em até 40% a 60% da biomassa e da cobertura florestal, respectivamente (LEITE, 2008). Para Sabogal et al. (2009), a derrubada de árvores e o arraste das toras são as operações que representam maiores impactos nas atividades exploratórias.

De acordo com Holmes et al. (2002), a quantificação da degradação florestal e os impactos da exploração podem ser estimados a partir da avaliação dos danos nas árvores remanescentes, da proporção da área afetada por máquinas pesadas e dos desperdícios de madeira. Comparando os desperdícios entre sistema de exploração convencional e de impacto reduzido, Barreto et al. (1998) observaram perdas iguais a 8,83 m³ ha⁻¹ e 0,4 m³ ha⁻¹, respectivamente, e Holmes et al. (2002) encontraram 6,05 m³ ha⁻¹ de desperdício na exploração convencional e 1,92 m³ ha⁻¹ na exploração planejada.

Para Barros et al. (2007; 2009), as principais fontes geradoras de resíduos florestais na exploração são as copas das árvores exploradas, árvores que caem ou são danificadas durante a derruba, árvores suprimidas pela abertura de estradas, pátios de estocagem e ramais, aparas de toras nos pátios de estocagem e volume associado ao toco (sapopemas).

A legislação brasileira prevê que o aproveitamento dos resíduos da exploração florestal é restrito aos resíduos provenientes das árvores exploradas e daquelas derrubadas em função da exploração florestal (IN 05/2006; Resolução CONAMA nº 406/2009), e permite a relação de um metro cúbico de resíduo a cada metro cúbico autorizado para exploração, mas, estes não são contemplados na intensidade de corte apresenta no POA.

Contudo, a partir do segundo ano de aproveitamento dos resíduos, deve ser ajustada equação para a área de manejo que estime o volume de madeira proveniente de resíduos ou, então, deve ser realizado inventário dos resíduos, procedimentos muito onerosos.

Portanto, além dos esforços no planejamento das operações de exploração florestal com vista à minimização dos danos a floresta remanescente, é importante o desenvolvimento de alternativas sustentáveis e novas tecnologias que melhor viabilizem o aproveitamento dos resíduos florestais (BRAZ et al., 2014). Para tanto, é importante caracterizar o rendimento industrial, avaliando as fontes geradoras de resíduos ao longo da cadeia produtiva, estoque e características de material lenhoso conforme classes de aproveitamento e sazonalidade da oferta (BRAND et al., 2002). Em contrapartida, os custos dessa etapa são altos e suas atividades contribuem para o aumento dos impactos sobre a vegetação remanescente, especialmente em relação ao balanço da ciclagem de nutrientes no solo referente ao volume de galhada retirado da floresta.

2.2.PRODUÇÃO MADEIREIRA NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

A Amazônia brasileira, atrás de Malásia e Indonésia, se destaca como um dos principais produtores de madeira tropical no mundo (OIMT, 2006), além de ser considerada a última reserva de madeira tropical do mundo e o maior reservatório natural da diversidade vegetal do planeta (GEEA, 2010; OLIVEIRA; AMARAL, 2004).

O potencial produtivo da Amazônia foi estimado em 60 bilhões de metros cúbicos em tora ou quatro trilhões de reais em madeira serrada (BARROS; VERÍSSIMO, 2002), enquanto a demanda média de madeira em tora de florestas nativas foi estimada em 21 milhões de metros cúbicos ao ano, sendo necessário, para isto, explorar cerca de 36 milhões de hectares de floresta, considerando uma rotação de 30 anos (SFB; IPAM, 2011). Ainda assim, levando-se em conta a extensão territorial e o potencial produtivo, de um total de 146,5 milhões de m³ de madeira em tora explorados em 2014, apenas 9,4% são provenientes de florestas nativas (IBGE, 2014a).

De uma forma geral, a demanda por madeira em toras na Amazônia brasileira sempre foi muito alta, mas, nas últimas décadas, o consumo anual de madeira em tora da Amazônia Legal pelas indústrias tem diminuído. De 1998 para 2009, por exemplo, este consumo passou de 28 milhões de m³ para 14,2 milhões, o que pode ser justificado não só pela escassez de fontes legais de madeira com planos de manejo florestal devidamente autorizados por órgãos competentes (LENTINI et al., 2005; IFT, 2012b), mas, também,

pela maior atuação de órgãos de controle e fiscalização ambiental, que, de alguma forma acabam influenciando o aumento dos preços da madeira, e pela própria retração da demanda industrial (SFB, 2014). Esses dados apontam a necessidade da adoção de novas políticas públicas que estimulem e tornem a atividade florestal mais atrativa aos empreendedores e combatam a exploração ilegal, em especial no que se refere ao custos associados à elaboração e execução dos planos de manejo.

A redução na produção de madeira em tora na Amazônia brasileira também foi registrada na série histórica sobre a Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura publicada por IBGE/SIDRA (IBGE, 2014b), que mostra que a produção acumulada de madeira em tora na região, no período de 1990 a 2014, foi de 756 milhões de m³ e, desse total, 66,5% foram registrados na década de 90, com média de 50 milhões de m³.ano⁻¹. Entre 2000 e 2014, essa média reduziu abruptamente para, aproximadamente, 16,8 milhões de m³.ano⁻¹, sendo os menores valores registrados em 2010 (12,6 milhões de m³) e em 2014 (13,8 milhões de m³). Em 2014, os estados do Pará e Rondônia foram os principais produtores, contribuindo com 33,3% e 27,2%, respectivamente, da produção brasileira de madeira em tora.

O Brasil é responsável por 20% da produção de madeiras tropicais no mundo, mas a escassez de reservas florestais nos maiores produtores Malásia e Indonésia, que deixarão de fornecer matéria prima ao mercado internacional em 2020, deve aumentar a demanda por madeira amazônica (GEEA, 2010; HIGUCHI et al., 2006). Nesse cenário, a grande questão é se a Amazônia conseguirá reunir condições de assumir essa posição no mercado mundial, transformando a crise de abastecimento de madeiras tropicais em oportunidade de negócios (CLEMENT; HIGUCHI, 2006). Para níveis atuais da produção brasileira, a projeção é de que a demanda do mercado internacional somente será suprida em 2097, suscitando que a pressão sobre os recursos florestais ameaça a sustentabilidade do manejo florestal e compromete a biodiversidade, dentre outros importantes aspectos (GEEA, 2010).

O aproveitamento em serraria da produção de madeira em tora explorada na Amazônia é baixo, em que a maior parte é considerada resíduo do beneficiamento. Um estudo realizado por Pereira et al. (2010) mostrou que para a produção de 14,2 milhões de m³ de madeira em tora registrada para a Amazônia Legal em 2009 foram necessários extrair 3,5 milhões de árvores, que geraram uma receita bruta de R\$ 4,9 bilhões, sendo o

rendimento médio do processamento de apenas 41% (5,8 milhões de m³). Desse rendimento, 72% foi processada em madeira serrada, 15% beneficiadas em forma de portas, janelas, forros, pisos e afins, e 13% em laminados e compensados, apontando a falta de tecnologia, reforçando que o baixo grau de tecnologia das serrarias limita o beneficiamento da produção, sendo desperdiçadas oportunidades de agregar valor ao produto e aumentar receitas. O restante (8,3 milhões de m³) foi considerado resíduo do processamento, sendo destinado à produção de carvão vegetal (19%), fabricação de tijolos e telhas de barro em olarias (18%), cogeração de energia no processamento de madeira ou uso em estufas de secagem (14%) e usos diversos (24%). Uma menor parcela corresponde a resíduos não aproveitados e queimados (9%) e o restante (16%) representa o volume de entulho gerado pelo processamento.

Para a produção registrada em 2009, os Estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia responderam por 81,2% da produção madeireira, abrangendo 64 dos 71 polos madeireiros da Amazônia Legal, em que o Pará se destaca por apresentar o maior número de pólos madeireiros (30) e indústrias de beneficiamento (1.067) distribuídas em cinco zonas madeireiras, responsáveis pela extração de 6,6 milhões de m³ e 2,6 milhões de m³ de madeira processada, gerando receita de R\$ 2,2 bilhões e 92 mil empregos (PEREIRA et al., 2010).

Historicamente, além desses três estados serem os maiores produtores de madeira do país, também se destacam como líderes em desmatamentos, registrando 87,8% dos municípios que compõem a Lista de Municípios Prioritários da Amazônia (atualizada em outubro de 2013), também chamada de “lista negra” do desmatamento (Decreto nº 6.321/07). Juntos respondem por 336.104 km² (81,3%) da área de florestas convertidas em outros usos do solo entre 1988 e 2015 (INPE, 2015). Nesse período, a Amazônia Legal registrou nítida tendência de redução das taxas de desmatamento com média de 15.315 km² ano⁻¹ de florestas convertidas em outros usos (INPE, 2015), em que, para o ano base de 2012, cerca de 58,9% da área desmatada foi classificada como pastagens (pasto limpo, pasto sujo, pasto com solo exposto e regeneração com pasto) seguido por vegetação secundária (22,9%), agricultura anual (5,6%), áreas não observadas por presença de nuvens ou sombra (9,2%) e áreas urbanas, mineração, mosaico de ocupações, reflorestamento e outros (3,4%) (EMBRAPA; INPE, 2014).

Segundo Higuchi (2006), a produção de madeira na Amazônia apresenta correlação positiva e significativa com o desmatamento. Na exploração convencional, aproximadamente 80% do corte da madeira é praticado de forma ilegal, seja pela inexistência de plano de manejo aprovado por órgão competente, seja pela prática em áreas não autorizadas (LEITE, 2008). De acordo com Lentini et al. (2003), cerca de 47% da madeira processada em 2001 era de origem ilegal. Para Braz et al. (2007), o estímulo ao manejo e ao interesse pela floresta são fatores preponderantes na redução das taxas de desmatamento e queimadas, sendo a principal atividade econômica que viabiliza a manutenção das florestas nativas.

De modo geral, em toda Amazônia Legal, a situação fundiária da região pode ser entendida como uma “herança” do processo de expansão das fronteiras agrícolas e econômicas, e atualmente é um dos principais entraves no desenvolvimento do manejo florestal na Amazônia e de outras atividades econômicas na região. Segundo Pereira et al. (2010), 44% da área da Amazônia Legal corresponde a áreas protegidas (Terras Indígenas e Unidades de Conservação), 27% são terras devolutas e privadas em disputa, 23% são áreas privadas e 6% áreas especiais. Para o ano de 2008, Barreto et al. (2008) observaram que cerca da metade das terras na Amazônia eram públicas sem titularidade definida, enquanto menos de 4% das terras privadas eram regularizadas.

Um monitoramento realizado por Monteiro et al. (2012) a partir de imagens de satélite para o Estado do Pará, entre agosto de 2011 e julho de 2012, corroborou essas informações, apontando que 78% das áreas exploradas não foram autorizadas pelo órgão ambiental do estado, e a maior parte dessas áreas (67%) encontrava-se em áreas privadas, devolutas ou sob disputa, enquanto assentamentos de reforma agrária e áreas protegidas somaram 25% e 8%, respectivamente.

Segundo dados do Sistema Integrado de Licenciamento e Monitoramento Ambiental – SISLAM, em 2011 foram gerados no Pará créditos de 3,5 milhões de m³ de madeira em tora e 1,6 milhão de m³ de resíduos florestais referentes a 153 Autorizações para Exploração Florestal – Autefs, 148 planos de manejo florestal e mais de 120 mil hectares de floresta, enquanto em 2012 a emissão de 160 Autefs referentes a 160 planos de manejo florestal e cerca de 122 mil hectares de floresta geraram créditos de 3,2 milhões de m³ em tora e 822 mil m³ de resíduos florestais (MONTEIRO et al., 2012). Contudo, o Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais – SISFLORA do Estado

cadastro 3,3 milhões de m³ de madeira em tora e 1,6 milhões de m³ de resíduos florestais em 2011, e em 2012 estes valores foram iguais a 2,4 milhões m³ e 296 mil m³, respectivamente. Os créditos gerados pelos sistemas permitiram observar uma diferença de, respectivamente, 6,5% e 3,4% nos volumes de toras e resíduos em 2011, e 24,4% e 64,0%, respectivamente, nos volumes de toras e resíduos em 2012, em que os autores explicam que a liberação dos créditos para transporte se dá apenas após aprovação no SISLAM e CEPROF (cadastro eletrônico do proprietário, propriedade, empreendimento, licenças, responsáveis técnicos e legal).

2.3.FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS

Os primeiros levantamentos florestais na Amazônia brasileira foram conduzidos nas bacias dos rios Tapajós e Xingu, entre 1954 e 1956, e indicaram o potencial florestal da região, que mais tarde foi confirmado a partir de projetos de mapeamento dos recursos naturais da Amazônia, a exemplo do RADAMBRASIL e do PRODEPEF, que eram relacionados ao Projeto de Integração Nacional – PIN, responsável pela construção de obras de infraestrutura e instalação de projetos de colonização na Amazônia (SUDAM, 1974a;1974b; MMA; IBAMA, 2004).

Além destes inventários florestais, realizados até 1961 em dez microrregiões do estado do Pará, duas do estado do Amazonas e uma do Amapá, a colaboração da FAO na Amazônia criou e desenvolveu projetos de silvicultura tropical em cinco estações experimentais de pesquisa, sendo uma em Curuá-una e duas em Santarém-PA, cujo objetivo era domesticar, cultivar e explorar economicamente a floresta (IORIS, 2008). Em 1957, buscando melhorias no curto prazo do sistema de produção madeireira existente naquela época, foi criado no município de Santarém o Centro de Tecnologia da Madeira, sob jurisdição do SPVEA, e, mais tarde da SUDAM.

Diante da necessidade de destinação de novas áreas para implementação de reservas florestais e, também, para a geração de uma base de dados sobre os recursos florestais que desse suporte a projetos de modernização da indústria florestal e da produção de madeira (FAO; IBDF, 1979), o Decreto 73.684/74 criou a Floresta Nacional do Tapajós (Flona do tapajós), no oeste do Estado do Pará, com o objetivo de promover a utilização múltipla dos recursos naturais sob regime de rendimento sustentado.

Ocupando 544.927 hectares, a Flona do Tapajós está localizada próxima ao município de Santarém e abrange os municípios de Aveiro, Belterra, Placas e Rurópolis.

Esta Unidade de Conservação limita-se ao norte com o paralelo que cruza o km 50 da Rodovia Cuiabá-Santarém (BR 163); ao sul com a Rodovia Transamazônica (BR 230) e os Rios Cupari e Cuparaitinga (ou Santa Cruz); a leste com a Rodovia Cuiabá-Santarém (BR 163); e a oeste com o Rio Tapajós.

Conforme o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei nº 9.985/2000), as florestas nacionais são unidades de conservação de Uso Sustentável, se caracterizando como “uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas”. De acordo com as normas do Plano de Manejo da Flona do Tapajós, a permanência das populações tradicionais é permitida (posse ou domínio público), e o uso e a ampla participação das populações comunitárias nas decisões e ações de intervenção na floresta são previstos no SNUC (MMA, 2008).

A Flona do Tapajós foi a segunda Floresta Nacional criada na região norte e a 13ª no país (MMA, 2008). Está localizada em área estratégica para os projetos de desenvolvimento e se destaca entre as florestas nacionais brasileiras por apresentar as mais importantes experiências em manejo florestal, aliando tanto aspectos socioeconômicos quanto de conservação de recursos naturais e de produção florestal (PEREIRA JUNIOR, 2006).

Em 2014, a Flona do Tapajós completou 40 anos de criação e comemorou 35 anos de pesquisa científica em diversas áreas do conhecimento (ICMBIO, 2014), e, segundo o Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO (2016), é a floresta nacional que mais abriga pesquisa científica no país, num total de 65 pesquisas em 2013, e a quarta Unidade de Conservação com maior número de pesquisas autorizadas (305).

Dentre os fatores que alçaram a Flona do Tapajós como a Unidade de Conservação mais estudada da Amazônia, destacam-se a cooperação entre a gestão da Flona e pesquisadores, o fácil acesso, riqueza biológica, os investimentos na gestão da área protegida e a existência de grandes projetos de pesquisa na Unidade de Conservação (ICMBIO, 2011). Os projetos incluem em seu escopo a produção madeireira e não madeireira, projetos demonstrativos de uso sustentável, pesquisa científica, ecoturismo, educação ambiental, fiscalização e controle, monitoramento ambiental e proteção ambiental (MMA; IBAMA, 2004)

Além dos estudos pioneiros em silvicultura na década de 70, a Flona do Tapajós se destaca por apresentar os mais antigos experimentos em manejo florestal sustentável madeireiro na Amazônia, conduzidos pela Embrapa Amazônia Oriental – CPATU, ao lado da ZF-2 do INPA, Tonka no Suriname e Paracou na Guiana Francesa (MAZZEI; RUSCHEL, 2014), e por possuir as primeiras áreas de floresta a entrar no segundo ciclo de produção em conformidade com a legislação atual, as quais estão localizadas nos sítios dos km 67 e km 114 da BR 163. O monitoramento contínuo e periódico de longo prazo das áreas sob exploração florestal na Flona do Tapajós forneceu informações sobre o crescimento e dinâmica florestal, e contribuiu efetivamente para a normatização e criação de diretrizes técnicas para a elaboração dos planos de manejo florestal no Brasil.

Um dos projetos importantes desenvolvidos na Flona Tapajós foi o Projeto Manejo da Floresta Nacional do Tapajós para a Produção Sustentada de Madeira Industrial (Projeto Tapajós ou Projeto ITTO), aprovado pela Organização Internacional de Madeira Tropicais – OIMT em 1989 (PD 68/89, OIMT/ITTO). Este projeto manejou 3.222 ha entre os anos de 1999 e 2003 e propôs instalar um modelo de produção sustentada de madeira em florestas tropicais com base em dados técnicos, sociais, econômicos e ambientais, objetivando a transferência de conhecimento para ações futuras. Tal projeto foi um marco para gestão de florestas públicas que viabilizou a criação da Lei 11.284/2006 (PEREIRA JUNIOR, 2006).

O Estudo de Viabilidade Prévia da Implantação de um Plano Piloto de Manejo Florestal Comunitário na Flona do Tapajós foi outro projeto importante desenvolvido na Flona, pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA) e o Projeto de Apoio ao Manejo Florestal Sustentável na Amazônia (ProManejo). Esse projeto foi implantado em 2001, com o objetivo de discutir alternativas para que as comunidades habitantes da Flona fossem proponente, administrador e executor do Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS). Desse projeto, a partir da autorização para implementação de um projeto piloto de manejo florestal comunitário (Portaria N° 40/2003 do IBAMA), surgiu o Projeto Ambé, em que o ProManejo desenvolveu oficinas, seminários, cursos e capacitações acerca do manejo comunitário para os moradores da Flona (MMA, 2008).

Para a gestão do Projeto Ambé, foi criada em 2005 a Cooperativa Mista da Flona do Tapajós – COOMFLONA, sendo destinado 32.586,56 ha sob Concessão de Direito Real de Uso para o Manejo Florestal Sustentável Comunitário. As áreas das Unidades de

Produção Anual (UPA) foram crescentes ao longo dos anos, respectivamente iguais a 100 ha, 300 ha, 500 ha e 700 ha em 2005, 2006, 2007 e 2008, igual a 1000 ha entre 2009 e 2013 (RIBEIRO, 2013), e igual a 1600 ha em 2014. O manejo florestal realizado pela COOMFLONA ocorre em escala empresarial e tem caráter inédito por se tratar de uma gestão integralmente comunitária realizada em Floresta Nacional.

Outro projeto que merece destaque na Flona do Tapajós é o Experimento de Grande Escala da Biosfera Atmosfera na Amazônia – LBA, desenvolvido desde 1999 com objetivo de entender como o sistema amazônico atua em relação aos ciclos da água, energia, carbono, gases do efeito estufa e nutrientes e de que maneira as mudanças do uso da terra e climáticas afetam o funcionamento dos processos físicos, químicos e biológicos dos ecossistemas amazônicos (LUIZÃO et al., 2005). Esse projeto visa auxiliar na definição de critérios de uso sustentável da floresta e do solo na Amazônia frente ao intenso e acelerado processo de mudança da paisagem, contemplando estudos referentes à física do clima, dinâmica do carbono, biogeoquímica, química atmosférica, hidrologia de superfície e química da água, mudanças de uso e cobertura da terra, e as dimensões humanas das mudanças ambientais na Amazônia (INPA, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1.ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no sítio do km 67 da BR 163, na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, em área de manejo florestal experimental da Embrapa Amazônia Oriental. Além de ser pioneiro em manejo de florestas tropicais na Amazônia, este estudo é referência para áreas de manejo e silvicultura de florestas tropicais, sendo um dos primeiros esforços na regulação da produção florestal e a primeira área a atingir o segundo ciclo de corte nos padrões atuais da legislação, após 35 anos da primeira colheita florestal.

A Flona do Tapajós foi criada pelo Decreto nº. 73.684/74, está situada no oeste do Estado do Pará, na região do Baixo Amazonas, compreendendo 544.927 hectares. É considerada um ambiente único, composto por um conjunto de ecossistemas complexos e heterogêneos, com grande diversidade de paisagens, mas com o passar dos anos vem sofrendo intensa pressão de uso e ocupação do solo (LBA, 1995).

O clima na região é tropical chuvoso, classificado como Ami no sistema Köppen, com variação térmica anual inferior a 5°C, temperatura média anual de 25,5°C, umidade

relativa média de 90% e precipitação média anual de 1820 mm, concentrada especialmente entre os meses de janeiro a maio. A rede hidrográfica da Flona é dividida entre as calhas do Rio Tapajós, à oeste, e a bacia do Rio Curuá-Uma, à leste, contemplando a unidade morfoestrutural do Planalto Tapajós-Xingú, em cotas altimétricas entre 120 e 170 m (RADAMBRASIL, 1976). Na região encontra-se a nascente do Rio Moju, tributário do Curuá-Uma, cuja foz é no Rio Amazonas.

A Floresta Ombrófila Densa é a forma de vegetação predominante, geralmente associada aos latossolos amarelos distróficos, altamente intemperizados e profundos (IBGE, 2012). Essa vegetação representa 60% da Amazônia brasileira e abrange a maior parte dos Estados do Pará, Amazonas, Amapá e Roraima (OKUMURA, 2014), cuja principal característica são os ambientes ombrófilos sob regime climático de elevada temperatura e teor de umidade, com até 60 dias secos, e predominância de árvores de grande porte e abundância de lianas lenhosas, palmeiras e epífitas.

3.1.1. Histórico

Em 1975, a área de estudo foi objeto de censo florestal para todas as espécies arbóreas com DAP ≥ 15 cm, registrando estoque médio de $190 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, seguido por estudos fenológicos, fitossociológicos, dendrométricos, silviculturais e de regeneração natural. Estes estudos serviram de base para a definição de critérios e subsidiaram a exploração florestal da área em 1979, quando foram implantadas duas unidades experimentais de manejo florestal, ou seja, T1 ou Tratamento 1 e T2 ou Tratamento 2, com áreas iguais a 39 ha e 25 ha, respectivamente. Em ambas unidades experimentais foi realizada a exploração racional da floresta com vistas a regular a produção florestal e objetivando avaliar respostas do efeito da exploração mecanizada em diferentes intensidades de corte, bem como visando subsidiar o desenvolvimento do manejo de florestas tropicais no Brasil. Além disso, foi avaliada a produtividade e custos dos equipamentos e da mão-de-obra envolvidos nas operações florestais (COSTA FILHO, 1980).

As unidades experimentais de manejo T1 e T2 consistiram, respectivamente, na exploração de árvores com DAP ≥ 45 cm e de árvores com DAP ≥ 55 cm. Considerando as duas unidades, foram exploradas 63 espécies e um total de 4.608 m^3 de madeira em tora, o equivalente a $72 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (COSTA FILHO, 1980), valor este considerado maior que o dobro permitido pela legislação atual.

O monitoramento contínuo dessas áreas experimentais manejadas teve início em 1981, com a instalação de 18 parcelas permanentes de 0,25 ha (50 X 50 m), distribuídas aleatoriamente em cada área, representando, respectivamente 11,5% e 18% da área total de cada tratamento. As remedições periódicas visando avaliar a dinâmica florestal foram realizadas em 1982, 1983, 1985, 1987, 1992, 1997, 2007, 2012 e 2014. Em 2011, visando a preparação de um novo tratamento para o delineamento da exploração florestal realizada em 2014 pelo presente estudo, foi definido um novo tratamento, o T3 (31,5 ha), e instaladas 12 parcelas permanentes distribuídas aleatoriamente de 0,25 ha (50 X 50 m), ou seja, 9,5% da área total do tratamento. Em 2014, as parcelas deste tratamento foram remediadas. Existem ainda outros dois tratamentos (T0 ou testemunha e T4, a ser explorado futuramente) no experimento do sítio km 67, os quais não possuem histórico de exploração e não foram analisados no presente estudo. A Figura 3.1 apresenta a localização dos blocos que compõem o experimento do sítio de pesquisa do km 67 em relação à Flona do Tapajós.

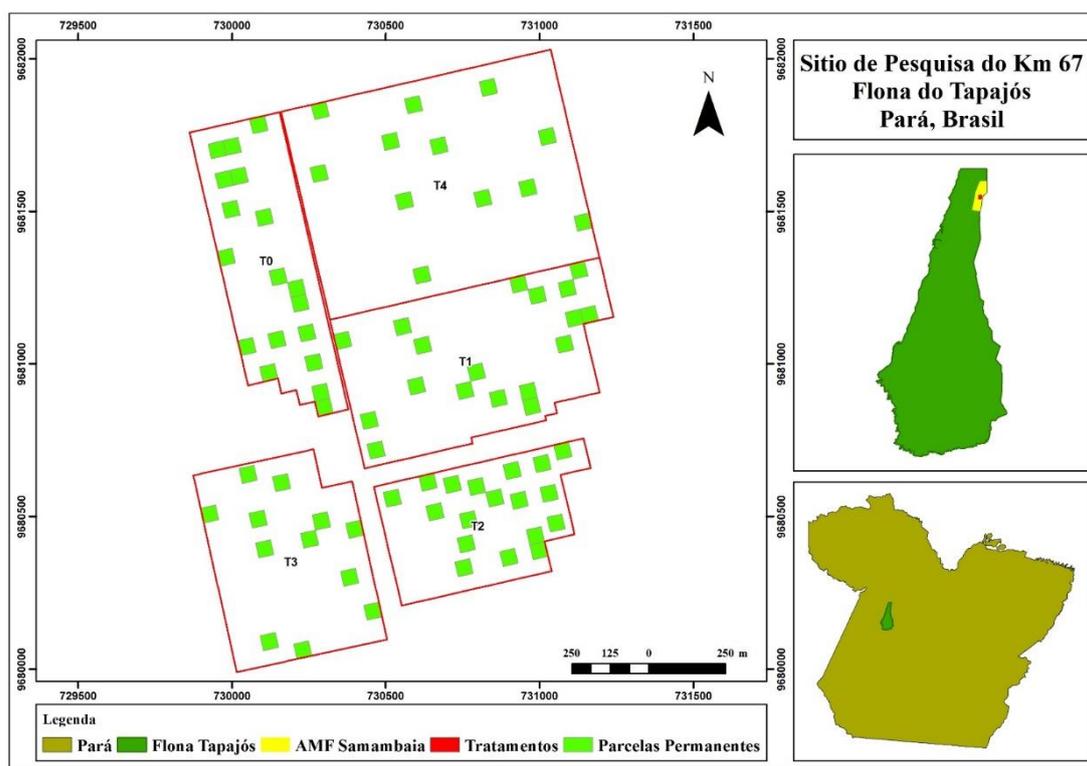


Figura 3.1. Localização da área de manejo florestal experimental do sítio do km 67 na Flona do Tapajós, Pará.

As medições nas parcelas dos tratamentos avaliados foram realizadas conforme metodologia descrita por Silva et al. (2005), considerando como limite mínimo de

inclusão árvores com $DAP \geq 5$ cm, identificadas botanicamente e marcadas com placa numérica e com tinta no ponto de medição. As estimativas de volume foram realizadas a partir da equação de simples entrada (DAP) ajustada por Silva et al. (1984) no sítio km 67 da Flona do Tapajós. Os inventários florestais contínuos nas áreas de cada tratamento permitiram compreender o comportamento da floresta ao longo do tempo em termos de mudanças na composição florística, estrutura da vegetação, crescimento, recrutamento e mortalidade após as intervenções decorrentes da exploração florestal.

3.1.2. Planejamento da Exploração Florestal de 2014

A exploração florestal foi realizada entre novembro e dezembro de 2014 nos tratamentos T1 e T3, portanto, em área de floresta explorada há 35 anos e de floresta natural, respectivamente. Estas áreas foram selecionadas pois, com vistas aos objetivos propostos no presente estudo, possibilitam a comparação entre áreas de segundo ciclo de corte (T1) e de primeiro ciclo de corte (T3) em termos de custos, rendimentos, danos à floresta remanescente e posterior avaliação da dinâmica pós-distúrbio. A exploração florestal não considerou o tratamento T2 com o objetivo de continuar monitorando a longo prazo a resposta da floresta em relação à exploração realizada em 1979.

A área dos tratamentos T1 e T3 foram consideradas como unidades de trabalho da UPA 09 do PMFS da Flona do Tapajós, denominadas de UT 21 e UT 22, respectivamente. O plano de operações da exploração florestal é apresentado anexo ao Plano Operacional Anual – POA 09/2014 da Cooperativa Mista da Flona do Tapajós Verde – COOMFLONA, responsável pela execução da exploração florestal dessas áreas, enquanto a definição da intensidade de corte e também as árvores e espécies passíveis de exploração foi realizada pela Embrapa Amazônia Oriental – CPATU, em consonância com a legislação vigente.

3.1.2.1. Atividades Pré-Exploração

O planejamento das operações de exploração florestal e áreas de infraestrutura se deu a partir de informações coletadas no inventário florestal a 100% e microzoneamento das UT, identificando espécies de valor comercial, estoques passíveis de exploração, características do relevo e hidrografia, bem como ocorrência de áreas protegidas (APP).

No inventário florestal a 100% foram medidas todas as árvores com $DAP \geq 15$ cm, identificadas botanicamente, georreferenciadas com GPS de navegação e classificadas

quanto à qualidade do fuste e da copa. A área de T1 foi inventariada em 2009 e a de T3 no ano de 2011, e em 2012 foi realizado nestas duas áreas o tratamento de corte de liberação de cipós das árvores passíveis de corte. O processamento e análise desses dados indicou o potencial de produção por espécie.

O microzoneamento identificou que as UT apresentam relevo plano e de fácil acesso, sem presença de APP. A vegetação típica de Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme é caracterizada pela presença de árvores de grande porte formadoras de dossel e sub-bosque limpo, sem abertura de clareiras. A infraestrutura da exploração foi planejada objetivando otimizar as operações florestais, bem como minimizar custos e danos à floresta remanescente. Foi definida a instalação de estradas secundárias com 4 m de largura a cada 250 m de borda dos tratamentos, as quais foram alocadas perpendiculares à estrada principal já existente (ramal Terra-rica), que liga o pátio central de estocagem das UPA 08 e 09 a BR-163. Os pátios de estocagem foram alocados a cada 250 m de comprimento ao longo das pistas secundárias, com dimensões 20 x 25 m. A infraestrutura planejada representou aproximadamente 1% da área efetiva de manejo, igual a 0,4 ha em T1, onde foram construídas duas estradas secundárias e quatro pátios de estocagem, e 0,35 ha em T3, onde foi construída uma estrada secundária e três pátios de estocagem (Figura 3.1).

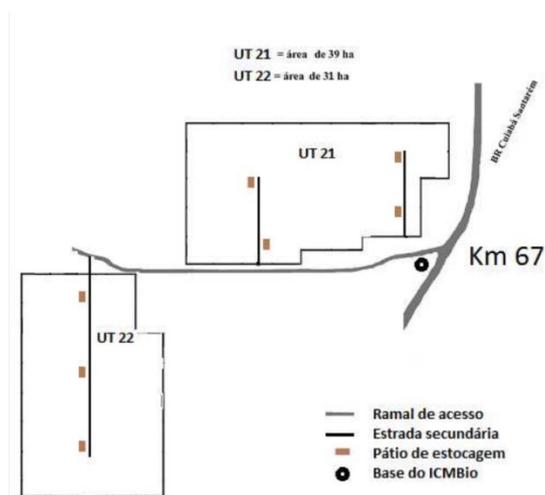


Figura 3.2. Croqui da infraestrutura planejada para a exploração dos tratamentos T1 (UT21) e T3 (UT22) no km 67 da Flona do Tapajós, Pará. (Fonte: Plano Operacional Anual 09/2014, Anexo Experimento Embrapa-Coomflona-ICMBio).

3.1.2.2. Planejamento da Produção Florestal

O manejo da floresta foi definido com base nos resultados do inventário florestal a 100%, mas, também considerou o monitoramento contínuo das parcelas permanentes instaladas nos tratamentos explorados em 1979. Em função dos volumes explorados por espécies e da recuperação dos estoques colhidos no primeiro ciclo de corte, definiram-se critérios para a exploração do segundo ciclo com vistas a promover a recuperação dos estoques originais da floresta, como: Diâmetro Mínimo de Corte – DMC ($DAP \geq 50$ cm); avaliação da qualidade de fuste, manutenção de 10% das árvores com características de exploração; distribuições espacial e diamétrica das árvores selecionadas, visando garantir tanto a exploração uniforme ao longo da área de manejo quanto a redução proporcional à distribuição diamétrica da floresta e, conseqüente redução dos impactos sob a estrutura da floresta.

O inventário florestal a 100% em T1 e T3 somou 18.242 árvores distribuídas em 254 espécies, num total de $225,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Foram consideradas passíveis de exploração 871 árvores (4,8%), pertencentes a 50 espécies, com estimativa de estoque volumétrico igual a $4.340,4 \text{ m}^3$ ou $61,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Um total 424 árvores foram pré-selecionadas para exploração florestal, apresentando $1.810,6 \text{ m}^3$ ou $25,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sendo 266 árvores e $1.127,8 \text{ m}^3$ selecionados para exploração no tratamento T1 e 158 árvores e $682,7 \text{ m}^3$ no tratamento T3, com intensidades de exploração iguais a, respectivamente, $28,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $21,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Estoques totais referente ao número de árvores (N), volume comercial absoluto (m^3) e volume comercial por hectare ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) registrados no censo florestal (IF 100%), passíveis de exploração e pré-selecionados para exploração nos tratamentos T1 (UT21) e T3 (UT22), no sítio Km 67 da Flona do Tapajós, Pará. (Fonte: adaptado de Plano Operacional Anual 09/2014, Anexo Experimento Embrapa-Coomflona-ICMBio).

Trat/UT	Área (ha)	IF 100%			Passível de Exploração			Pré-selecionado		
		N	m^3	$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	N	m^3	$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	N	m^3	$\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$
T1/21	39	9.614	8.526,0	218,6	457	2.041,4	52,3	266	1.127,8	28,9
T3/22	31,5	8.628	7.360,6	233,7	414	2.299,0	73,0	158	682,7	21,7
Total	70,5	18.242	15.886,6	225,3	871	4.340,4	61,6	424	1.810,6	25,7

As árvores pré-selecionadas para exploração, e que, por motivos de presença de oco, rachaduras, podridão ou características indesejáveis, colocavam em risco a integridade dos operadores, foram substituídas por árvores remanescentes. A substituição se aplicou apenas uma vez, ou seja, uma terceira árvore não pôde ser selecionada quando a segunda árvore escolhida não pode ser também derrubada.

3.1.2.3.Exploração Florestal

A exploração das árvores selecionadas em cada um dos tratamentos foi orientada a partir de mapas de exploração elaborados ao nível de quadra, subdivisão da UT, apresentando os *grids* das linhas de picada na mata, a localização das árvores a serem exploradas, seu nome e número de identificação, bem como árvores remanescentes que deveriam ser mantidas ou eventualmente participar de substituições. Além disso, foram identificadas no mapa, as localizações dos pátios de estocagem e das estradas. Anexo ao mapa de cada quadra, estava a lista das árvores a serem exploradas e das remanescentes, bem como suas informações dendrométricas e qualitativas.

As equipes de derruba utilizaram técnicas de corte direcional, que, além de oferecer maior segurança aos operadores e facilitar as operações de arraste, têm também por objetivo minimizar o impacto da derruba sobre a floresta remanescente, orientando a queda para áreas de clareira ou áreas com árvores finas, evitando o impacto nas árvores remanescentes de valor comercial, raras, protegidas e matrizes. Para as árvores selecionadas efetivamente derrubadas os operadores registraram sua direção de queda no mapa, e para as árvores selecionadas, mas não exploradas, registrou-se a justificativa para tal e respectiva substituição, quando ocorresse.

Para o planejamento do arraste foi considerado o mapa de corte e as características do terreno, sendo demarcados com fitas coloridas os ramais de arraste das árvores exploradas, registrando-os no mapa de exploração. Durante o arraste, o ajudante de *skidder*, em contato via rádio com o operador de *skidder* e anotador do romaneio, foi responsável pelo controle das árvores a serem carregadas. Estes mapas são importantes pois permitem maior controle das operações, de modo a garantir a localização das árvores selecionadas para exploração e que as árvores efetivamente exploradas sejam postas em pátio, evitando-se desperdícios. A Figura 3.3 ilustra exemplo do mapa utilizado pelas equipes durante a exploração florestal.

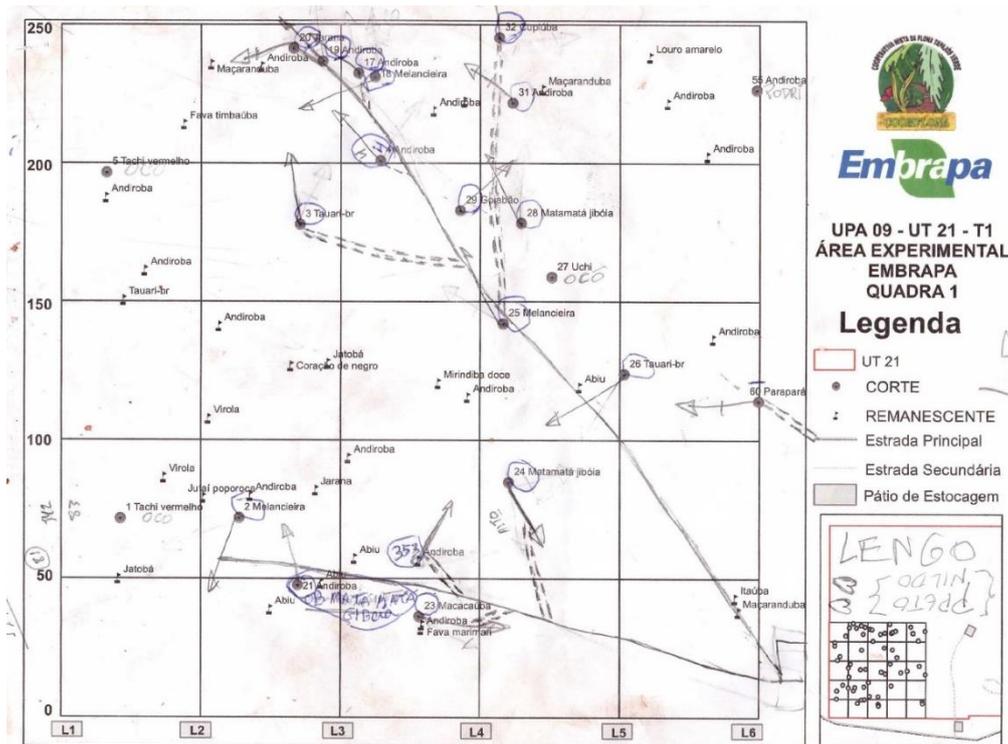


Figura 3.3. Exemplo de mapa de exploração (elaborado para a Quadra 1 do tratamento T1-UT21) utilizado pelas equipes de exploração florestal na UPA 09 da Flona do Tapajós, Pará, indicando a direção de queda das árvores exploradas, ramais de arraste primários (linha contínua) e secundários (linha dupla tracejada) planejados e controle de árvores arrastadas para o pátio.

A construção da infraestrutura de exploração foi realizada com trator de esteira Caterpillar modelo D6 NXL (potência = 145 hp; peso = 15.885 kg), com equipe composta por um operador e um ajudante. A abertura de estradas secundárias e pátios de estocagem consistiu na limpeza das áreas previamente planejadas e delimitadas para construção das estruturas. Não houve aproveitamento das árvores suprimidas, sendo toda a biomassa removida e disposta nas bordas da vegetação lateral à medida em que eram implantadas. O ajudante de tratorista foi responsável pela assistência nas interrupções, especialmente quando necessário traçar toras de maior porte que impediavam o trânsito da máquina, fazendo uso de uma motosserra Stihl MS 650 (potência = 6,5 hp; peso = 7,3 kg).

A equipe de derrubada contou com um motosserrista e um ajudante trabalhando ao nível de quadras em cada tratamento, num total de seis equipes. Cada equipe possuía o mapa de exploração da quadra a explorar, prancheta, lápis e borracha, uma motosserra Stihl MS 650, garrotes de gasolina e óleo dois tempos, facões, sabre reserva, cunhas de direcionamento de queda, marreta, martelo e limas para afiação da corrente. Após a localização e conferência da árvore (espécie e placa de identificação) foi feita a limpeza

do fuste e abertos os caminhos de fuga pelo ajudante de motosserrista. Em seguida, a placa de identificação da árvore foi removida, sua derrubada foi realizada de forma direcionada, além do destopamento em sua altura comercial (início da inserção de galhos). Após a queda da árvore, a placa de identificação foi fixada ao toco remanescente e o seu número marcado na madeira para fins de controle e fiscalização. No mapa foi indicado a direção de queda da árvore no mapa de exploração.

O planejamento do arraste também foi realizado ao nível de quadra e visou proporcionar a mesma distância de arraste em função da localização dos pátios de estocagem. Cada equipe foi composta por um coordenador/planejador, responsável pela localização da árvore extrema, ou seja, aquela mais distante do pátio de estocagem e a partir da qual se delimita o ramal principal até o pátio de estocagem; um planejador, responsável por delimitar os ramais secundários que se ligam ao principal; e dois motosserristas (Stihl MS 650), que desobstruía obstáculos traçando e abatendo toras e/ou árvores que podiam restringir a movimentação do *skidder* ao longo das trilhas.

O arraste foi realizado por um operador de *Skidder* de garra Catterpillar CAT 525C (potência = 182,3 hp; peso = 17.711 kg), responsável pelo arraste das árvores exploradas do interior da floresta até os pátios de estocagem, e um ajudante em solo, que comunicava aos operadores de pátio via rádio quais árvores ou toras estavam sendo arrastadas, controlando as árvores restantes a serem arrastadas. Dois motosserristas foram responsáveis por traçar e destopar árvores, fazer o carregamento com cabo de aço (quando necessário) ou demais eventualidades. Via de regra, as árvores foram arrastadas para os pátios de estocagem em sua altura comercial total, sendo traçadas apenas no romaneio.

No pátio de estocagem, atividade simultânea ao arraste, além do traçamento dos fustes em toras e do romaneio das árvores, ocorreu o empilhamento da madeira. A equipe foi formada por um anotador, três medidores, dois motosserristas, um marreteiro e um operador de carregadora. Para cada tora romaneada foi atribuído um código sequencial, indicando a UPA, a UT, a quadra e o número da placa de identificação da árvore, permitindo assim sua rastreabilidade. Todas estas informações, e também informações sobre a espécie, número de toras e respectivas dimensões foram registradas em planilhas pelo anotador e marcadas nas toras com tipógrafo pelo marreteiro. O tamanho das toras foi definido conforme características do transporte e aproveitamento da madeira, comumente em torno de 7 metros, sendo o volume comercial da árvore romaneada igual

o somatório do volume geométrico de suas toras, obtido a partir do produto do seu comprimento e a média de duas medidas perpendiculares em cada extremidade da tora.

3.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

3.2.1. Tempos e Movimentos

O estudo de tempos e movimentos tem por objetivo a caracterização dos ciclos de movimentação padrão das operações de exploração florestal, buscando identificar os elementos que determinam os movimentos dos operadores durante estas atividades e sua influência no desempenho operacional e qualidade da exploração. Os trabalhos de campo seguiram metodologia proposta por Barnes (1977) e adotada também por Emmert (2014).

Foram avaliadas as operações de implantação das infraestruturas da exploração florestal (estradas secundárias e pátios de estocagem), corte e arraste das árvores. Os tempos de cada elemento do ciclo operacional durante as etapas de exploração florestal foram cronometrados utilizando-se o método repetitivo através de cronômetro portátil Exttech 365535, desde o tempo zero até o final da execução das atividades inerentes a cada elemento. A média aritmética dos registros foi considerada o tempo representativo do elemento. A amostragem dos ciclos operacionais subdividiu as operações nos seguintes elementos:

Infraestrutura: i) estradas secundárias e ii) pátios de estocagem – o tempo do elemento foi representado como o tempo total despendido na abertura de cada uma das estruturas.

Corte: i) localização – deslocamento, conferência da espécie e numeração da árvore; ii) planejamento – teste do oco, limpeza do fuste, abertura de trilhas de fuga, abastecimento e afiação da motosserra, definição da direção de queda, conferência da planilha; iii) derrubada – queda direcionada da árvore com técnicas de boca de corte, corte de queda, uso de cunha direcional; e iv) destopamento – remoção da copa segundo instruções de aproveitamento do fuste das árvores selecionadas;

Arraste: i) viagem vazia – deslocamento do *skidder* ao longo das trilhas de arraste desde o pátio de estocagem até a tora a ser arrastada; ii) carregamento – chegada do *skidder* na tora selecionada, manobras, acoplamento e içamento da tora; e iii) viagem carregada – arraste da árvore do local da derruba até o pátio de estocagem.

A intensidade amostral relativa ao número de ciclos de movimentação das operações de exploração florestal e dos elementos envolvidos em cada operação foi obtido considerando um nível de 5% de significância e um erro máximo admitido de 20% (Equação 3.1), enquanto o erro amostral foi obtido em termos percentuais (Equação 3.2). Essa análise não foi aplicada para as operações de implantação da infraestrutura de exploração, dado que todos os pátios de estocagem e estradas secundárias foram acompanhados integralmente.

$$N = \frac{CV^2 \times t^2}{LE}$$

Equação 3.1. Cálculo da intensidade amostral do número de ciclos e respectivos elementos, conforme Emmert (2014).

$$E = \frac{t \times S_x}{M} \times 100$$

Equação 3.2. Cálculo do erro amostral médio em termos percentuais para os ciclos e elementos operacionais, conforme Emmert (2014).

Em que: N = intensidade amostral (número de ciclos); CV = coeficiente de variação (%); t = valor t de student; LE = limite de erro estabelecido (%); E = erro amostral admitido (%); S_x = erro padrão da média (minutos); M = valor médio das observações (minutos).

As observações ao nível de elemento em cada uma das operações da exploração florestal permitiram verificar os fatores motivadores das interrupções, fornecendo instrumentos para otimizar a gestão dos serviços de campo. A frequência e motivo das interrupções foram devidamente registrados para computo das interrupções por elemento e por ciclo (Equação 3.3), sendo classificadas de acordo com fatores técnicos, ambientais e diversos (SPINELLI; VISSER, 2008).

$$f = \frac{\text{Número de interrupções}}{\text{Número total}} \times 100$$

Equação 3.3. Cálculo da frequência de interrupções do elemento ou ciclo no transcorrer da operação, conforme Emmert (2014).

Em que: f = frequência de interrupções do elemento ou do ciclo (%); Número de interrupções = quantidade de repetições por elemento ou ciclo; Número total = quantidade total do elemento ou dos ciclos registrados.

Estes tempos caracterizam-se como normal (Equação 3.4) e padrão (Equação 3.5), os quais representam, respectivamente, o tempo médio de ciclo sem interrupções (condição desejável) e tempo médio de ciclo adicionados a eventuais paralisações nas atividades por motivos técnicos, de segurança ou não relacionados à atividade em si. O tempo de interrupção no elemento (T_{le}) e o tempo padrão do ciclo operacional (TP) foram obtidos a partir das equações 3.6 e 3.7. As Equações 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7 são apresentadas conforme Emmert (2014).

$$TNe = TMe \times Ia$$

Equação 3.4. Estimativa do tempo normal do elemento em um ciclo sem interrupções (minutos), conforme Emmert (2014).

$$TPe = TNe \times \left(\frac{1}{1 - Tle} \right)$$

Equação 3.5. Estimativa do tempo padrão do elemento em um ciclo com interrupções (minutos), conforme Emmert (2014).

$$Tle = \frac{TPar}{TTE}$$

Equação 3.6. Estimativa do tempo de interrupções do elemento (minutos), conforme Emmert (2014).

$$TP = \sum_{i=1}^n \left(\frac{TNe_i}{1 - Tle_i} \right)$$

Equação 3.7. Estimativa do tempo padrão do ciclo operacional (minutos), conforme Emmert (2014).

Em que: TNe = tempo normal do elemento (minutos); TMe = tempo médio do elemento (minutos); Ia = índice de avaliação (ritmo normal); TPe = tempo padrão do elemento (minutos); Tle = tempo de interrupção no elemento (minutos); TPar = soma dos tempos de paralização do elemento (minutos); TTE = tempo total do elemento (minutos); TP = tempo padrão do ciclo operacional (minutos); TNe_i = tempo normal do elemento i; Tle_i = tempo de interrupção no elemento i.

3.2.2. Desempenho Operacional

A eficiência (Equação 3.8) e a produtividade (Equação 3.9) operacionais foram obtidas para cada frente de trabalho, conforme Moreira (2000), expressando a proporção do tempo efetivamente trabalhado em relação ao tempo total programado para o trabalho e o volume total explorado durante o tempo efetivo trabalhado, respectivamente. As Equações

$$EO = \frac{He}{(He + Hp)} \times 100$$

Equação 3.8. Estimativa da eficiência operacional das operações de exploração florestal (%), conforme Moreira (2000).

$$Prod = \frac{\sum_{i=1}^n Vi}{He}$$

Equação 3.9. Estimativa da produtividade operacional das operações de exploração florestal (m³ he⁻¹), conforme Moreira (2000).

Em que: EO = eficiência da operação (%); He = tempo de trabalho efetivo (horas); Hp = horas paradas (horas sem atividades durante a jornada de trabalho); Prod = produtividade da operação (m³ ha⁻¹); Vi = Volume da tora i (m³).

3.2.3. Custos de Exploração Florestal

Os custos operacionais foram determinados avaliando-se os custos fixos e variáveis, expressos em dólares por hora efetiva de trabalho (US\$/he), conforme metodologia apresentada por Moreira (2000). Para tanto, tomou-se por referência o período de abril de 2016, considerando uma taxa de câmbio de 3,54, ou seja, R\$ 1,00 = US\$ 3,54. Os custos foram avaliados tanto em termos de operações individualizadas como para a exploração florestal total, considerando a soma de todos os custos de todas as operações.

Os custos fixos são compostos de custos de depreciação linear, juros e seguros, e não são afetados pelas atividades, produção e horas efetivas de operação das máquinas. Consideram a depreciação do maquinário utilizado nas operações florestais, obtida pelo método de depreciação linear (Equação 3.10). Para cálculo dos juros foi aplicado uma taxa real de 12% a.a. ao investimento médio anual (IMA), sendo o custo de oportunidade aplicado ao capital. Para os seguros, a taxa utilizada foi de 4% a.a., relativo aos custos de uso, posse e riscos associados às máquinas florestais durante as atividades de exploração (Equação 3.11).

$$Dp = \frac{Va - Vpn - Vr}{N \times he}$$

Equação 3.10. Estimativa do valor de depreciação do maquinário utilizado na exploração florestal (US\$ he⁻¹), conforme Moreira (2000).

Em que: Dp = depreciação linear da máquina (US\$ he⁻¹); Va = valor de aquisição da máquina (US\$); Vpn = valor de um jogo de pneus ou esteira (US\$); Vr = Valor residual da máquina (US\$); N = vida útil estimada (anos); he = horas efetivas de uso anual.

$$JS = \frac{IMA \times i}{he} \qquad IMA = \frac{(Va - Vr) \times (N + 1)}{2 \times N} + Vr$$

Equação 3.11. Estimativa do valor de juros e seguros do maquinário utilizado na exploração florestal (US\$ he⁻¹), conforme Moreira (2000).

Em que: JS = custos com juros e seguros (US\$ he⁻¹); IMA = investimento médio anual; i = taxa de juros e seguros anuais simples (%); he = horas efetivas anual (US\$); Va = valor de aquisição da máquina (US\$); Vr = valor residual da máquina (%); N = vida útil estimada (anos).

Os custos variáveis, que variam conforme a quantidade produzida ou com o uso da máquina, contemplaram gastos com: i) combustível (Equação 3.12): consumo de motosserras (gasolina e óleo) e tratores florestais (óleo diesel); ii) lubrificação (Equações 3.13 e 3.14): consumo de óleo lubrificantes, hidráulicos e de graxas utilizadas pelas máquinas; iii) peças, materiais, manutenção e reparos (Equação 3.15): gastos relacionados com a manutenção, reparos, peças e materiais utilizados nas operações; iv) pessoal: custos com salários diretos e encargos sociais dos trabalhadores nas atividades da empresa; v) alimentação e estadia: compra e/ou preparo de refeições para os funcionários durante a jornada de trabalho e despesas com o acampamento florestal; vi) EPI e uniformes: custos de aquisição de uniformes e equipamentos de proteção individual.

$$CC = Pu \times c$$

Equação 3.12. Estimativa do custo com combustível para o maquinário utilizado na exploração florestal (US\$ he⁻¹), conforme Moreira (2000).

$$CLG = ILG \times CC$$

Equação 3.13. Estimativa do custo com lubrificantes e graxas para o maquinário utilizado na exploração florestal (US\$ he⁻¹), conforme Moreira (2000).

$$COH = 0,5 \times CC$$

Equação 3.14. Estimativa do custo com óleo hidráulico para o maquinário utilizado na exploração florestal (US\$ he⁻¹), conforme Moreira (2000).

$$CPE = \frac{Npe \times Vpe}{H}$$

Equação 3.15. Estimativa do custo com pneus e/ou esteira para o maquinário utilizado na exploração florestal (US\$ he⁻¹), conforme Moreira (2000).

Em que: CC = custo com combustível (US\$ he⁻¹); Pu = preço do litro do combustível (US\$ L⁻¹); c = consumo de combustível por hora efetiva (L he⁻¹); CLG = custo com lubrificantes e graxas (US\$ he⁻¹); ILG = índice de custos com lubrificantes e graxas (variável por máquina); COH = custo com óleo hidráulico (US\$ he⁻¹); CPE = custo de pneus/esteira; Npe = número de pneus/esteria por máquina; Vpe = valor de um pneu/esteira da máquina (US\$ por unidade); H = vida útil do pneu/esteria (horas efetivas).

Os custos operacionais de cada operação foram obtidos pelo somatório dos custos fixos e variáveis (Equação 3.16), enquanto o custo da exploração florestal foi obtido pelo somatório dos custos operacionais de cada uma das operações avaliadas (Equação 3.17).

$$CT = CF + CV$$

Equação 3.16. Estimativa do custo total das operações de exploração florestal (US\$ he⁻¹), conforme Moreira (2000).

$$CEx = CTInf + CTCO + CTAr$$

Equação 3.17. Estimativa do custo total da exploração florestal (US\$ he⁻¹), conforme Moreira (2000).

Em que: CT = custo total da operação (US\$ he⁻¹); CF = custos fixos (US\$ he⁻¹); CV = custos variáveis (US\$ he⁻¹); CEx = custo da exploração florestal (US\$ he⁻¹); CTInf = custo total da operação de implantação de infraestruturas (US\$ he⁻¹); CTCO = custo total da operação de corte (US\$ he⁻¹); CTAr = custo total da operação de arraste (US\$ he⁻¹).

Para cálculo dos custos de produção foram considerados os custos operacionais e a produtividade das máquinas em cada uma das operações (Equação 3.18) e para a exploração florestal (Equação 3.19). O custo de produção das atividades de exploração florestal foi obtido pela relação do custo operacional (US\$ he⁻¹) pela produtividade da operação (m³ he⁻¹), representando o custo do metro cúbico (US\$ m⁻³) obtido para uma dada operação. A soma dos custos de produção das operações gerou o custo de produção da exploração do manejo florestal da área, representando o custo do metro cúbico (US\$ m⁻³) da madeira efetivamente explorada.

$$CPr = \frac{CT}{Prod}$$

$$CEx = CPInf + CPCo + CPAr$$

Equação 3.18. Estimativa do custo de produção das operações florestais (US\$ m⁻³), conforme Moreira (2000).

Equação 3.19. Estimativa do custo da exploração florestal (R\$ m⁻³), conforme Moreira (2000).

Em que: CPr = custo de produção da operação (US\$ m⁻³); CT = custo total da operação (US\$ m⁻³); Prod = produtividade média da operação (US\$ m⁻³); CEx = custo da exploração florestal (US\$ m⁻³); CPInf = custo de produção da operação de implantação de infraestruturas (US\$ m⁻³); CPCo = custo de produção da operação de corte (US\$ m⁻³); CPAr = custo de produção da operação de arraste (US\$ m⁻³).

3.2.4. Qualidade da Exploração Florestal

3.2.4.1. Árvores Ocas

A frequência de árvores ocas e/ou outros defeitos identificados durante as operações de corte foi calculada pela relação percentual entre a quantidade de ocorrências registradas e o total de árvores derrubadas, conforme Equação 3.20.

$$f_{oca} = \frac{AO}{N} \times 100$$

Equação 3.20. Frequência de árvores com presença de oco (%), conforme Emmert (2014).

Em que: f_{oca} = frequência de árvores com presença de oco (%); AO = número de árvore ocas registradas durante a operação de corte; N = número de árvores abatidas.

3.2.4.2. Desperdício volumétrico

Para a estimativa do desperdício volumétrico da exploração florestal foram considerados o volume do toco remanescente, associado à altura do corte de derrubada, e o volume de galhada das árvores exploradas, relativo ao volume de madeira proveniente das copas das árvores exploradas, possibilitando maior compreensão do volume de madeira considerado como resíduo florestal que é deixada no interior da floresta sem aproveitamento.

A amostragem de 113 tocos (42,6% das árvores exploradas) realizada durante a derruba possibilitou o calculado do volume geométrico do toco remanescente das árvores exploradas a partir das médias das medidas de maior e menor diâmetro e altura. Afim de correlacionar e contabilizar os volumes de perda com características das árvores e/ou espécies, os tocos foram classificados em três classes qualitativas de formato basal: cilíndrico/elíptico, irregular (acanalado) e com sapopemas (EMMERT, 2014). A extrapolação para os demais tocos não mensurados em campo considerou o volume médio dos tocos ao nível de espécie e por tratamento. Quando não houve registro das medidas

de toco para uma dada espécie em um dos tratamentos, foi considerada a média registrada pela espécie no tratamento vizinho, ou uma média geral para aquele tratamento.

$$Vt = \frac{\pi x \left(\frac{(D_1 + D_2)}{2}\right)^2}{4} x \left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)$$

Equação 3.21. Estimativa do volume do toco remanescente (m³), conforme Emmert (2014).

Em que: Vt = volume do toco (m³); D₁ = diâmetro maior do toco (m); D₂ = Diâmetro menor do toco (m); A₁ = altura maior do toco (m); A₂ = altura menor do toco (m).

O volume de material lenhoso residual proveniente de galhadas foi estimado a partir da aplicação de uma variação do modelo de múltiplos volumes proposto por Campos et al. (2001) e adaptado por Ribeiro (2013), conforme Equação 3.22. Desta forma, foram estimados tanto o volume total quanto o volume comercial de cada árvore e, por diferença, estimado o correspondente volume de galhada.

$$Vg = 0,00014xDAP^{1,99698}xH^{0,62851}x\left(\exp\left(29,81472x\frac{Tx_1}{DAP}\right)\right)$$

Equação 3.22. Equação para estimativa do volume do resíduo florestal proveniente de galhada ajustado por Ribeiro (2013) na AMF Samambaia da Flona do Tapajós, Pará.

Em que: Vg = volume com casca (m³); DAP = diâmetro a altura do peito medido a 1,3 m de altura do solo (cm) no inventário florestal pré-exploratório (100%); Hc = altura comercial (m) dada pelo somatório do comprimento das toras da árvore no romaneio; Tx₁ = 0 para volume comercial e 1 para volume total (m³)

3.2.4.3. Dimensionamento da infraestrutura de exploração florestal

O dimensionamento da infraestrutura da exploração florestal tomou como base as dimensões e áreas previstas no Plano Operacional Anual 09/2014 da Flona do Tapajós para a implantação dos pátios de estocagem e das estradas secundárias. Ao todo, o planejamento previu três estradas secundárias com 4 m de largura, sendo duas em T1 com 250 m de comprimento (1000 m², cada) e uma em T3 com 500 m de comprimento (2000 m²), e 7 pátios de estocagem de 500 m² (20 x 25 m) cada, sendo quatro em T1 e três em T3. A área total destinada para a implantação da infraestrutura somou 7500 m².

A avaliação das dimensões das infraestruturas construídas para a exploração florestal considerou todas as estradas secundárias e pátios de estocagem. A largura média das estradas secundárias foi registrada a cada 10 m de comprimento, sendo a área expressa pelo produto da largura média e soma total do comprimento, enquanto a área dos pátios de estocagem foi obtida pela média registrada para cada um de seus lados.

3.2.4.4. Mudanças na Cobertura Florestal

3.2.4.4.1. Danos ao Dossel

As mudanças na estrutura do dossel foram observadas a partir de duas análises. Em um primeiro momento, foram comparadas as diferenças no grau de abertura do dossel entre as áreas de exploração (T1 e T3) e área controle (floresta sem exploração). Em outra análise, avaliou-se as diferenças entre o grau de abertura do dossel ao longo da direção de queda das árvores nos tratamentos T1 e T3, ou seja, nas posições do toco remanescente, na metade da altura comercial e na projeção das copas. Os dados foram coletados no período de setembro de 2015, portanto aproximadamente um ano após a exploração florestal realizada no sítio km 67, e o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis a um nível de 5% de significância foi utilizado para identificar diferenças significativas entre as médias observadas. Esse teste é equivalente a ANOVA de dois fatores, porém se destina para dados com distribuição não-normal. O processamento dos dados foi realizado no *software* estatístico R (IHAKA; GENTLEMAN, 1996).

A abertura do dossel foi verificada com densiômetro esférico, que consiste em um espelho côncavo subdividido em 24 quadrículas, em que para cada ponto amostrado são realizadas quatro medidas orientadas nas direções norte, leste, sul e oeste e o grau de abertura percentual do dossel é obtido pelo produto do somatório das quadrículas preenchidas pela projeção do dossel em cada uma das medidas orientadas pelo fator 1,04. (EMMERT, 2014). As medidas foram tomadas à altura do peito (1,3 m de altura do solo) em distância aproximada de 50 cm do corpo do medidor.

Na área testemunha, os pontos amostrados foram aleatorizados e em T1 e T3 a amostragem foi proporcional ao número de árvores exploradas em cada um dos tratamentos (intensidade selecionada de aproximadamente 30%), com seleção de ao menos um indivíduo por espécie explorada em cada área e demais árvores selecionadas aleatoriamente proporcional à distribuição diamétrica. Ao todo, foram analisadas 73 das árvores amostradas.

3.2.4.4.2. Danos à Vegetação

A avaliação das mudanças na vegetação na área dos tratamentos após a exploração florestal de 2014 foi realizada a partir de técnicas de geoprocessamento em associação aos dados de inventário florestal pré-exploratório (100%). A partir dessa base de dados, as coordenadas geográficas de todas as árvores ($DAP \geq 15$ cm) e suas informações

quantitativas e qualitativas foram utilizadas para avaliar o número total de árvores, área basal e volume de madeira interceptados pela construção dos pátios de estocagem, estradas secundárias e dos ramais de arraste. A área ocupada por estas estruturas também foi estimada.

A análise foi realizada em ambiente SIG através do *software* ArcGis 10.1, onde as ferramentas *Clip* e *Erase* foram utilizadas para identificar e contabilizar as árvores interceptadas constantes nos limites das áreas, sendo descontadas as árvores exploradas. Assim, a definição dos limites ocupados por cada uma das estruturas foi registrada em campo com auxílio de equipamento GPS Garmin, além dos dados coletados para avaliação do dimensionamento de pátios de estocagem e estradas secundárias descrito no item 3.2.4.3. Para os ramais de arraste, por sua vez, o registro foi realizado por caminhamentos em seu eixo central e aplicou-se um *buffer (off-set)* de largura equivalente a largura média registrada na medição das estradas secundárias em cada uma das UT.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. EXPLORAÇÃO FLORESTAL DOS TRATAMENTOS T1 E T3

A exploração florestal do sítio km 67 na Flona do Tapajós foi realizada nos meses de novembro e dezembro de 2014, 35 anos após o primeiro ciclo de produção em 64 ha de floresta. O tratamento T1 (39 ha), que entrou no segundo ciclo de corte, apresentou estoque disponível para a exploração e foram selecionadas espécies colhidas no primeiro ciclo, demonstrando que o intervalo entre os ciclos foi suficientemente grande para recuperação dos estoques comerciais.

Os resultados obtidos para a exploração florestal em área de primeiro (T3) e segundo (T1) ciclo de corte, descritos na sequência deste trabalho, apontaram importantes semelhanças entre estas áreas que corroboram a resiliência da floresta, principalmente quando é levado em conta a grande intensidade praticada na primeira exploração em 1979 e a ausência de diretrizes técnicas que visassem minimizar os impactos à floresta remanescente. Contudo, deve-se ressaltar que diferenças existiram, especialmente relacionadas à estrutura florestal na área de segundo ciclo em decorrência de 35 anos de dinâmica florestal. Na Tabela 4.1 é apresentado síntese do volume de madeira em tora explorado nos tratamentos do experimento do sítio km 67 da Flona do Tapajós em 1979 e 2014.

Tabela 4.1. Resumo das intensidades de corte aplicadas nos tratamentos do experimento em manejo florestal do km 67 da Flona do Tapajós, Pará, para os anos 1979 e 2014.

Floresta Nacional do Tapajós - Sítio km 67							
Trat.	Área (ha)	1979			2014		
		Ø min (cm)	Vol (m ³)	Int. (m ³ ha ⁻¹)	Ø min (cm)	Vol (m ³)	Int. (m ³ ha ⁻¹)
T1	39	≥ 45	4.608,0	72,0	≥ 50	643,0	16,5
T2	25	≥ 55			Testemunha do 1º ciclo de corte		
T3	31,5	Sem exploração			≥ 50	440,3	14,0

Conforme Tabela 4.2, as 424 árvores selecionadas para exploração (Pré-seleção) representam apenas 2,3% e 11,4% do número de árvores e do volume passível de exploração registrados no inventário censo pré-exploratório, totalizando uma produção de 1.810,6 m³ ou 25,7 m³ ha⁻¹. Contudo, para a área dos dois tratamentos, o número de árvores e volume explorados foram consideravelmente inferiores aos estoques selecionados nesta etapa (43% e 35,5%, respectivamente) e na de planejamento (22,3% e 27,4%, respectivamente). O volume de madeira explorado foi igual a 643,1 m³ ou 16,5 m³ ha⁻¹ em T1 e 440,3 m³ ou 14,0 m³ ha⁻¹ em T3, num total de 159 (4,1 arv ha⁻¹) e 106 (3,4 arv ha⁻¹) árvores, respectivamente.

Tabela 4.2. Número de árvores (N), volume estimado por inventário censo (V_{IF}), volume romaneado (V_R) e intensidade de exploração (m³ ha⁻¹) selecionados para corte e como estoque remanescente (Reman.) em 2014 nas etapas de pré-seleção da colheita, planejamento e da exploração (colheita efetiva) nos tratamentos T1 e T3 no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Trat/UT	Área (ha)	Decisão	Pré-seleção			Planejamento			Exploração			
			N	V _{IF}	IE _X	N	V _{IF}	IE _X	N	V _{IF}	V _R	IE _X
T1/21	39	Corte	266	1.127,8	28,9	207	896,5	23,0	159	661,6	643,1	16,5
		Reman.	191	913,5	23,4	250	1.144,8	29,4	295	1.372,4	0,0	35,2
	Subtotal T1	457	2.041,4	52,3	457	2.041,4	52,3	454	2.015,5	51,7		
T3/22	31,5	Corte	158	682,7	21,7	134	596,6	18,9	106	458,1	440,3	14,0
		Reman.	256	1.616,3	51,3	280	1.702,4	54,0	306	1.832,1	0,0	58,2
	Subtotal T3	414	2.299,0	73,0	414	2.299,0	73,0	412	2.272,4	72,1		
GERAL	70,5	Corte	424	1.810,6	25,7	341	1.493,2	21,2	265	1.119,7	1083,4	15,4
		Reman.	447	2.529,8	35,9	530	2.847,2	40,4	601	3.204,4	0,0	45,5
Total Geral			871	4.340,4	61,6	871	4.340,4	61,6	866	4.287,8	60,8	

A intensidade de exploração estimada nos tratamentos T1 e T3 na fase de pré-seleção foram iguais a, respectivamente, 28,9 m³ ha⁻¹ e 21,7 m³ ha⁻¹, caindo para 23,0 m³ ha⁻¹ e 18,9 m³ ha⁻¹ na etapa de planejamento, uma redução de 20,5% e 12,6%. Em termos absolutos, na área do segundo ciclo de produção (T1) houve redução de 59 árvores (231,3 m³) e 24 árvores (86,1 m³) na área do tratamento do primeiro ciclo de corte (T3), totalizando 341 árvores (1.493,2 m³) efetivamente selecionadas para a exploração florestal, as quais receberam placa de identificação numérica e foram demarcadas com tinta branca para facilitar a sua localização.

Essas diferenças entre os montantes selecionados nas etapas de pré-seleção e planejamento da exploração dos tratamentos se referem à identificação de problemas durante a marcação das árvores a serem exploradas, sendo retiradas do manejo da área por motivos de mortalidade, oco aparente, podridão, defeitos na qualidade do fuste, erro na identificação botânica e, ainda, espécies não autorizadas pelo órgão ambiental. De modo geral, esse resultado é explicado pelo período entre a realização das atividades de inventário censo e de marcação das árvores, de aproximadamente 5 anos em T1 e 3 anos em T3, em que a avaliação da qualidade de fuste e do estado fitossanitário reforça a acelerada dinâmica dessa floresta ou mesmo erros no processo de amostragem.

Durante a exploração, nas operações de corte, cerca de 24,0% (82) das árvores efetivamente selecionadas (341) não foram exploradas pelas equipes de derrubada também por apresentarem oco, podridão da madeira ou sem direção de queda apropriada, procedendo 12 substituições com árvores de características de exploração, conforme preconizado no POA 09/2014. Outras 5 árvores foram abatidas, mas apresentaram oco e não foram arrastadas para os pátios de estocagem. A Figura 4.1 apresenta o mapa de exploração florestal, indicando a localização das árvores exploradas e das árvores remanescentes, ramais de arraste, estradas primárias e secundárias, e pátios de estocagem.

O volume médio explorado por espécie foi igual a 4,1 m³, variando entre 1,4 m³ arv⁻¹ e 12,6 m³ arv⁻¹. Foram exploradas 36 espécies, sendo 19 comuns aos dois tratamentos, 9 exploradas apenas em T1 e 8 exploradas apenas em T3. As espécies com maiores volumes explorados foram Tauari Branco, Andiroba, Melancieira, Fava Tucupi e Parapará, somando 49,5% do volume retirado da floresta, o equivalente a 535,8 m³. O volume médio no tratamento T3 foi igual a 4,2 m³ arv⁻¹, sendo, portanto, ligeiramente superior ao T1 (4,0 m³ arv⁻¹). O diâmetro médio das árvores exploradas registrado nos tratamentos também foi próximo, ou seja, 66,9 cm em T1 e 67,2 cm em T3. Contudo, no primeiro ciclo de corte (T3), foi observado maior amplitude de distribuição dos dados, ou seja, o volume médio e diâmetro médio por árvore explorada variaram de 1,5 a 12,6 m³ arv⁻¹ e de 50 a 157,5 cm, respectivamente, enquanto em T1 os intervalos foram iguais a 1,3 a 7,5 m³ arv⁻¹ e 50,1 a 97,0 cm, respectivamente.

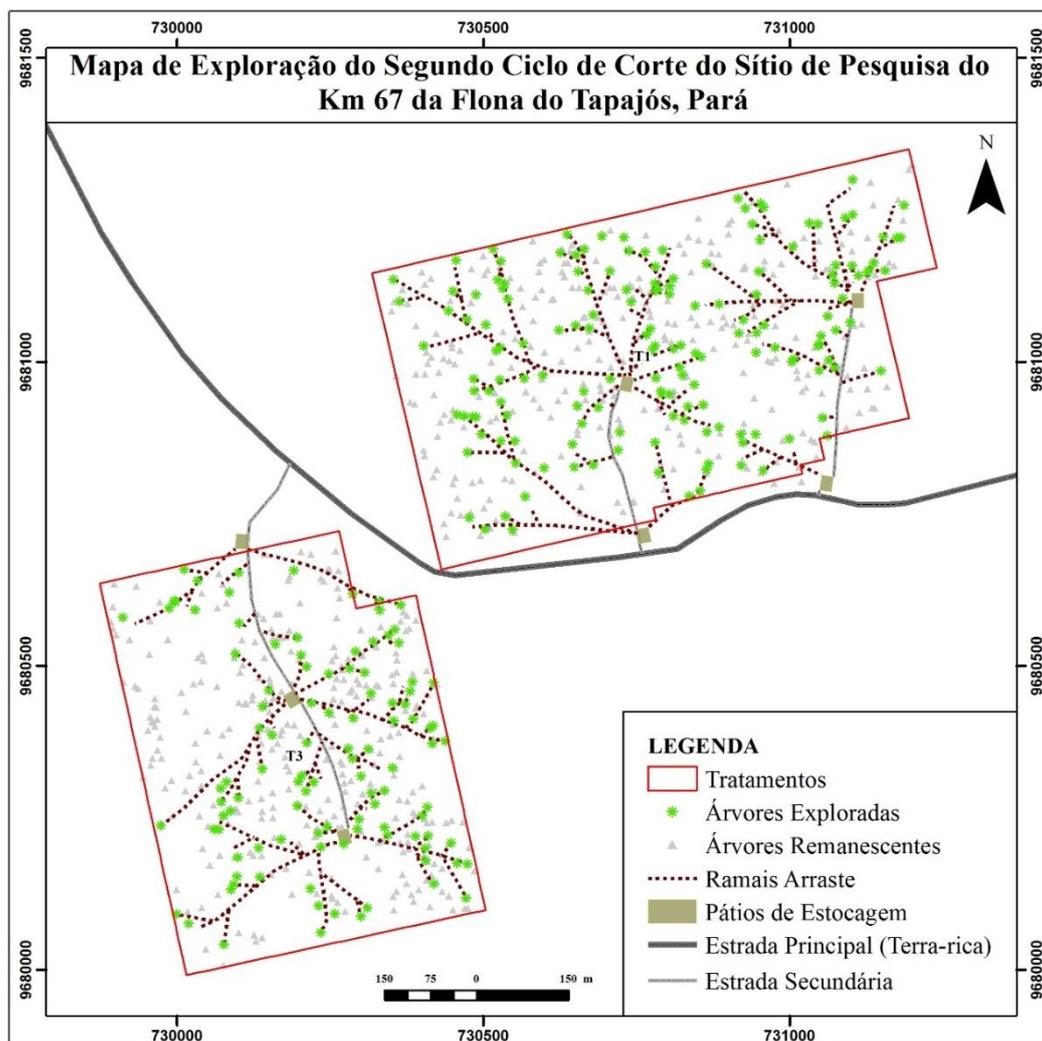


Figura 4.1. Mapa de exploração florestal do segundo ciclo de corte do sítio de pesquisa do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

De acordo com Mazzei e Ruschel (2014), o incremento volumétrico comercial na área de manejo experimental da Flona Tapajós, no período de 1981 a 2012, foi de $1,47 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e, considerando apenas as espécies exploradas em 1979, o volume comercial total disponível para colheita era de $69,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e, destes, $45,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ pertencia às árvores remanescentes. Tais resultados comprovaram a viabilidade do segundo ciclo de corte, considerando que a floresta demonstrou grande capacidade de recuperação, com incremento superior ao valor de referência estabelecido pela Resolução CONAMA 406/2009, ou seja, $0,86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

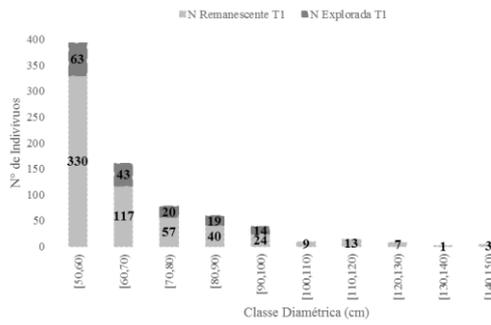
Contudo, ressalta-se que o novo arranjo da estrutura e composição florística da vegetação reflete a intensidade de exploração do primeiro ciclo de corte. É importante destacar que a intensidade de exploração de $72 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ executada em 1979 corresponde a mais do dobro da intensidade máxima prevista na legislação brasileira, o que demonstra

a capacidade de recuperação da vegetação, e tem relação direta com a área de manejo florestal e tempo entre ciclos de corte, reforçando a necessidade do monitoramento do desenvolvimento da floresta no sentido de compreender o comportamento de crescimento das espécies para regular a produção florestal.

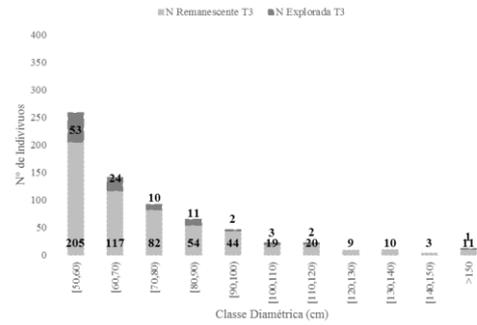
No primeiro ciclo de corte foram exploradas 63 espécies (COSTA FILHO, 1980). Na época, o volume de madeira das árvores pertencentes as espécies mais exploradas, ou seja, Jatobá, Andiroba, Maçaranduba, Jarana, Castanha-do-Pará, Muiracatiara, Cupiúba, Ucuúba-preta, Quarubarana e Tanimbuca, foi aproximadamente igual a metade do volume total explorado. A seleção e a exploração de árvores majestosas, ou seja, árvores de maior porte e, portanto, de maior valor comercial, influenciou nos estoques e as espécies comerciais disponíveis para o segundo ciclo de corte.

Em 2014, a exploração florestal em termos de número de árvores, área basal e volume explorados seguiu a distribuição diamétrica da floresta, caracterizada pela tendência exponencial negativa ou J-invertido. Árvores com DAP entre 50 e 70 cm, nos tratamentos T1 e T3, representaram, respectivamente, 66,7% e 72,6% do total de árvores exploradas, 50,4% e 52,1% da área basal total e 51,3% e 51,5% do estoque total de volume comercial. A Figura 4.2 ilustra os estoques explorados e remanescente por classe diamétrica e na Tabela 4.3 encontram-se os estoques explorados por espécie em cada tratamento.

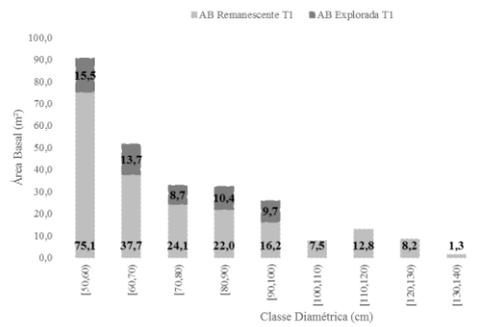
(A)



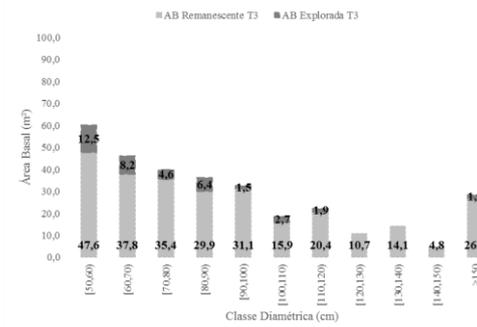
(B)



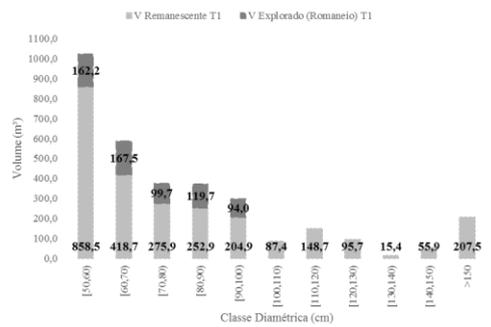
(C)



(D)



(E)



(F)

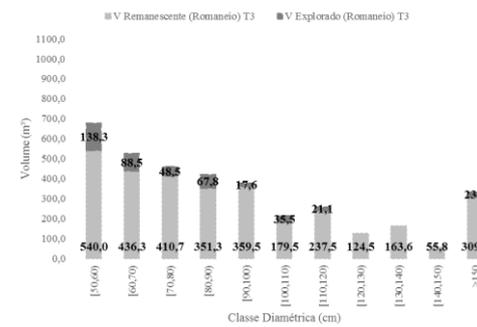


Figura 4.2. Distribuição diamétrica dos estoques explorados e remanescentes na área dos tratamentos (G) em C e D; e volume comercial (V) em E e D no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Tabela 4.3. Espécies exploradas em 1979 e número de árvores (N), área basal (G) em m², volume (V) em m³ e volume médio (m³ ha⁻¹) explorados por espécie nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) e para a área total de exploração do sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará

Espécie	Nome Científico	1979	T1				T3				Geral			
			N	G	V	Vm	N	G	V	Vm	N	G	V	Vm
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	X	24	8,2	80,1	3,3	20	6,6	64,9	3,2	44	14,8	145,0	3,3
Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	X	1	0,5	4,6	4,6	-	-	-	-	1	0,5	4,6	4,6
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	X	3	1,0	11,6	3,9	1	0,5	3,2	3,2	4	1,5	14,8	3,7
Envira preta	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	X	2	0,5	2,6	1,3	1	0,4	1,5	1,5	3	0,8	4,1	1,4
Fava de japu	<i>Balizia pedicellaris</i> (DC.) Barneby & Grimes		2	0,7	9,6	4,8	-	-	-	-	2	0,7	9,6	4,8
Fava rosca	<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.		-	-	-	-	1	0,6	4,2	4,2	1	0,6	4,2	4,2
Fava timborana	<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> (Benth.) G.P.Lewis & L.Rico		10	4,2	39,0	3,9	-	-	-	-	10	4,2	39,0	3,9
Fava tucupi	<i>Parkia multijuga</i> Benth.	X	-	-	-	-	12	6,0	71,9	6,0	12	6,0	71,9	6,0
Freijó branco fl peq.	<i>Cordia bicolor</i> A. DC.	X	-	-	-	-	1	0,4	3,9	3,9	1	0,4	3,9	3,9
Goiabão	<i>Pouteria bilocularis</i> (H. Winkl.) Baehni		2	0,5	6,0	3,0	1	0,2	2,4	2,4	3	0,8	8,4	2,8
Gombeira vermelha	<i>Swartzia grandifolia</i> Benth.	X	1	0,2	1,7	1,7	1	0,2	3,9	3,9	2	0,4	5,6	2,8
Itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meissn.) Taub.	X	1	0,3	4,8	4,8	1	0,2	2,8	2,8	2	0,5	7,6	3,8
Jarana	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	X	2	0,5	6,0	3,0	7	2,8	29,5	4,2	9	3,3	35,5	3,9
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	X	-	-	-	-	3	2,2	37,8	12,6	3	2,2	37,8	12,6
Jutaí mirim	<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber.	X	-	-	-	-	1	0,3	4,3	4,3	1	0,3	4,3	4,3
Jutaí pororoca	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandw.	X	-	-	-	-	3	0,8	7,9	2,6	3	0,8	7,9	2,6
Louro amarelo	<i>Licaria brasiliensis</i> (Ness) Kosterm.	X	-	-	-	-	2	0,9	4,7	2,4	2	0,9	4,7	2,4
Macacaúba	<i>Platymiscium</i> sp.		2	0,6	5,6	2,8	1	0,4	3,5	3,5	3	1,0	9,1	3,0
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.		3	1,2	11,5	3,8	1	0,4	4,8	4,8	4	1,5	16,3	4,1
Marupá	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	X	6	2,1	26,4	4,4	-	-	-	-	6	2,1	26,4	4,4
Matamatá jibóia	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers	X	13	4,3	48,0	3,7	1	0,3	2,7	2,7	14	4,5	50,7	3,6
Melanciaeira	<i>Alexa grandiflora</i> Ducke	X	18	7,3	74,7	4,2	6	1,5	17,2	2,9	24	8,8	91,9	3,8
Mirindiba doce	<i>Glycydendron amazonicum</i> Ducke		1	0,5	6,4	6,4	-	-	-	-	1	0,5	6,4	6,4
Morototó	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire	X	4	1,0	12,4	3,1	4	1,4	16,8	4,2	8	2,4	29,2	3,7
Muiratinga fl peluda	<i>Helicostylis pedunculata</i> Benoist.	X	2	0,5	3,6	1,8	1	0,2	2,4	2,4	3	0,7	5,9	2,0
Mururé	<i>Brosimum acutifolium</i> (Huber) Ducke.		1	0,6	7,5	7,5	-	-	-	-	1	0,6	7,5	7,5

Continuação Tabela 4.3

Espécie	Nome Científico	1979	T1				T3				Geral			
			N	G	V	Vm	N	G	V	Vm	N	G	V	Vm
Parapará	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	X	7	1,9	20,4	2,9	15	4,0	49,6	3,3	22	5,8	70,0	3,2
Quarubarana	<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	X	2	1,2	13,5	6,7	5	3,7	42,6	8,5	7	5,0	56,0	8,0
Tachi preto	<i>Sclerolobium melinonii</i> Harms	X	-	-	-	-	1	0,2	2,3	2,3	1	0,2	2,3	2,3
Tachi vermelho	<i>Tachigalia chrysophyllum</i> Poepp. & Endl.	X	5	2,6	26,0	5,2	2	1,1	9,6	4,8	7	3,8	35,6	5,1
Tauari	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	X	5	2,2	31,8	6,4	-	-	-	-	5	2,2	31,8	6,4
Tauari-br	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.		22	8,8	131,3	6,0	5	2,2	25,7	5,1	27	11,0	157,0	5,8
Tento mulato	<i>Ormosia santaremnensis</i> Ducke	X	1	0,7	5,8	5,8	-	-	-	-	1	0,7	5,8	5,8
Uchi	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.		2	1,0	9,3	4,6	-	-	-	-	2	1,0	9,3	4,6
Urucu da mata	<i>Bixa arborea</i> Huber		10	2,4	18,1	1,8	3	0,8	5,0	1,7	13	3,2	23,1	1,8
Virola	<i>Virola michellii</i> Heckel		7	2,4	24,8	3,5	6	1,5	15,3	2,6	13	3,9	40,2	3,1
Total Geral			159	57,9	643,1	4,0	106	39,8	440,3	4,2	265	97,7	1.083,4	4,1

4.2. TEMPOS E MOVIMENTOS

4.2.1. Erro Amostral

Os ciclos de operações analisados foram referentes as atividades de implantação da infraestrutura de exploração florestal, corte das árvores e o arraste da madeira para os pátios de estocagem. Ao analisar individualmente os elementos que compõem esses ciclos, foi possível verificar quais etapas são mais onerosas para a exploração daquela floresta e permitiu identificar o tempo, frequência e motivos das interrupções.

Na área em segundo ciclo de produção (T1) foram registrados 84 ciclos de corte e 107 ciclos de arraste, enquanto em T3, área de primeiro ciclo de corte, foram registrados 73 ciclos de corte e 78 ciclos de arraste. A estatística descritiva dos resultados do estudo de tempos e movimentos para os tempos normal (TN) e padrão (TP) das operações de corte e arraste é apresentada na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Estatística amostral do estudo de tempos das operações florestais de corte e arraste nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Ciclos de Operações	T1				T3			
	Corte		Arraste		Corte		Arraste	
Parâmetros Estatísticos	TN	TP	TN	TP	TN	TP	TN	TP
Número de Ciclos	84	84	107	107	73	73	78	78
Tempo médio	14,1	15,6	8,7	9,2	12,9	14,9	6,5	8,0
Desvio Padrão	8,4	10,5	6,7	7,0	9,1	9,5	3,6	7,5
Coeficiente de Variação	59,8	67,3	77,1	76,1	70,0	63,9	56,1	94,4
Erro Amostral absoluto	1,8	2,3	1,3	1,3	2,1	2,2	0,8	1,7
Erro Amostral Percentual	13,0	14,6	14,8	14,6	16,3	14,9	7,6	8,4

Considerando o limite de erro amostral admitido igual a 20%, ao nível de 95% de probabilidade, a amostragem dos ciclos das operações analisadas na exploração florestal analisadas foi considerada satisfatória. A variabilidade dos dados (CV%) foi alta, tanto para a operação de corte (59,8% e 70,0%) quanto para a operação de arraste (56,1% e 94,4%). Para Sabogal et al. (2009), o treinamento das equipes e o conhecimento prático das operações florestais realizadas no manejo das empresas é um aspecto muito importante na eficiência, na produtividade e na qualidade das operações florestais.

O menor erro amostral foi observado para a operação de arraste em T3, tanto para os tempos normais quanto para tempos padrão (TN = 7,6%; TP = 8,4%), com registro de tempos médios iguais a 6,5 e 8,0 minutos, respectivamente. Para T1, a operação de arraste apresentou tempo normal igual a 8,7 minutos e tempo padrão igual a 9,2 minutos, cujos erros de amostragem associados foram respectivamente iguais a 14,8% e 14,6%.

Os ciclos da operação de corte amostrados em T1 apresentaram tempos médios iguais a 14,1 minutos (TN) e 15,6 minutos (TP), cujos erros amostrais são equivalentes a 13,0% e 14,6%, respectivamente. Em T3, esta operação apresentou resultado similar, com tempos médios equivalentes a 12,9 e 14,9 minutos (TN = 16,3%; TP = 14,9%).

Emmert (2014), avaliando dois sistemas produtivos distintos, comparou os ciclos operacionais entre uma floresta privada no Estado do Amazonas e uma floresta pública sob concessão florestal na Flona do Jamari, em Rondônia, e observou que os tempos médios das operações foram irregulares, apresentando grandes variações, especialmente nos últimos ciclos amostrados. O autor verificou ainda que o tempo médio do ciclo de corte foi igual a 18,7 e 29,7 minutos, com seus erros amostrais iguais a 9,1% e 25,1%, para as florestas privada e pública, respectivamente. Nas operações de arraste, a floresta pública apresentou maior eficiência em relação a floresta privada, apresentando tempo médio de 4,7 minutos e erro amostral de 14,3%, contra 10,6 minutos e 16,9%, respectivamente. Comparando o tempo médio do ciclo de corte registrado neste estudo com os valores encontrados por Emmert (2014), na floresta privada e na floresta pública sob concessão florestal, notou-se que o tempo médio do ciclo de corte na Flona do Tapajós é semelhante ao da floresta privada e cerca de duas vezes inferior ao da floresta pública sob concessão florestal (Flona do Jamari).

4.2.2. Tempos

Em T1, o tempo normal total registrado para as operações de implantação de infraestrutura, corte e arraste foi igual a, respectivamente, 83,3, 14,1 e 8,7 minutos, totalizando um tempo normal agregado equivalente a 106,1 minutos (1,8 horas). Para T3, o tempo registrado para cada uma destas operações foi de 188,7, 12,9 e 6,5 minutos, respectivamente, perfazendo o tempo normal agregado em 208,2 minutos (3,5 horas), valor quase duas vezes superior ao registrado em T1. A Tabela 4.5 apresenta os tempos normal e padrão dos elementos e dos ciclos operacionais de implantação das infraestruturas de exploração florestal, corte e arraste.

A implantação de infraestruturas foi o ciclo que demandou maior tempo nos dois tratamentos, enquanto o corte e o arraste envolveram menor tempo para serem realizados. Em termos relativos, o tempo normal total da construção de pátios e estradas representou 78,5% e 90,7% do tempo agregado da operação de implantação de infraestrutura em T1 e T3, enquanto as operações de corte e arraste somaram 13,3% e 8,2% em T1 e 6,2% e

3,1% em T3, respectivamente. Em relação ao tempo padrão, observou-se, em função do tempo despendido nas interrupções registradas, um aumento de 7% em T1 e 6,7% em T3, significando o tempo médio gasto para realização da exploração florestal.

Tabela 4.5. Tempo dos ciclos e elementos operacionais registrados nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará. (Loc = localização; OP = operações preliminares; Derr = derruba; Dest = destopamento; VV = viagem vazio; Carr = carregamento; VC = viagem carregado).

Trat/UT	Tempos	Infraestrutura		Corte				Arraste			
		Pátios	Estradas	Loc	OP	Derr	Dest	VV	Carr	VC	
T1/21	Tempo Normal (min)	38,4	44,9	3,4	3,8	4,5	2,4	4,3	1,5	2,9	
	Tempo Padrão (min)	40,9	46	3,4	3,9	5,3	3	6,7	1,7	3,1	
	Tempo Normal total (min)	83,3		14,1				8,7			
	Tempo Padrão total (min)	86,9		15,6				11,5			
	Tempo Normal Agregado (min)	106,1									
	Tempo Padrão Agregado (min)	114									
T3/22	Tempo Normal (min)	33,2	155,5	3,7	3,4	3,9	1,9	3,1	1	2,4	
	Tempo Padrão (min)	34,9	165,5	3,7	3,5	4,9	2,7	3,6	1,2	3,2	
	Tempo Normal total (min)	188,7		12,9				6,5			
	Tempo Padrão total (min)	200,4		14,9				8			
	Tempo Normal Agregado (min)	208,2									
	Tempo Padrão Agregado (min)	223,2									

Analisando a composição do tempo padrão agregado, é possível observar que a operação de implantação de infraestrutura se manteve como mais dispendiosa, representando 76,2% e 89,8% do tempo registrado na área de segundo (T1) e primeiro (T3) ciclo de exploração. O ciclo de corte representou 13,7% em T1 e 6,7% em T3, e o de arraste, 10,1% e 3,6%, respectivamente. Apesar das operações de corte e arraste da influenciarem pouco nos tempos agregados, houve aumento na ordem de 9,5% e 13,1% do tempo normal gasto nos ciclos de corte e 24,7% e 18,4% gasto nos ciclos de arraste nos tratamentos T1 e T3, respectivamente, evidenciando que nestes ciclos ocorreram maior frequência e tempo de paralizações.

4.2.2.1. Operação de Implantação da Infraestrutura

As operações de abertura e implantação da infraestrutura foram avaliadas considerando dois elementos: abertura de pátios de estocagem e abertura de estradas secundárias. Os tempos normal e padrão registrados na construção dos pátios foram iguais a, respectivamente, 38,4 e 40,9 minutos em T1 e 33,2 e 34,9 minutos em T3. Para as estradas, estes tempos foram iguais a, respectivamente, 44,9 e 46,0 minutos em T1 e 155,5 e 165,5 minutos em T3. No pátio de estocagem, o tempo padrão gasto em T1 foi 6% maior que o tempo normal e em T3 esta diferença foi de 4,8%. Para o elemento estradas, os aumentos foram de 2,6% e 6%, respectivamente.

Na área de segundo ciclo (T1), o elemento abertura de estradas representou, em média, 53% do tempo padrão dessa operação, e a abertura de pátios de estocagem, 47%, demonstrando haver similaridade entre os tempos gastos para implementar a infraestrutura de exploração florestal. Em contraponto, no tratamento T3, o elemento abertura de estradas envolveu 82,6% do tempo padrão e a abertura de pátios, apenas 17,4% (Figura 4.3). Os resultados indicam que a abertura de estradas é o elemento mais oneroso na implantação de infraestruturas, e a principal diferença entre os elementos analisados está na forma e dimensão da área ocupada pelas infraestruturas implantadas, influenciando no desempenho operacional.

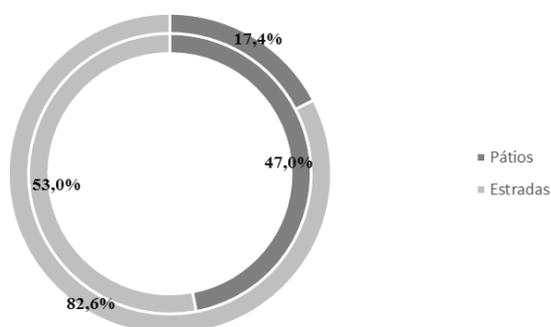


Figura 4.3. Proporção do tempo padrão de implantação de infraestrutura ocupada pelos elementos pátios de estocagem e estradas secundárias em T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Um aspecto importante a considerar nas operações de implantação da infraestrutura é a diferença estrutural das florestas, dado que T1 possui histórico de exploração, enquanto T3 não. Assim, o volume de madeira nos tratamentos apresenta diferenças quanto a distribuição dos estoques comerciais por espécies e por classes de diâmetro, que pode em algum grau ter contribuído para as diferenças observadas nesses resultados.

É importante salientar que em 2011, por erro de planejamento na estruturação da exploração florestal da UPA 08, a área do tratamento T1 foi impactada pela abertura de um ramal de acesso que atravessou parte da área experimental da Embrapa, afetando parcelas permanentes instaladas no interior daquela área, o que causou um relevante prejuízo científico para uma área monitorada desde 1981. Contudo, considerando o estágio inicial de regeneração e visando evitar a abertura de novas áreas desnecessariamente, esse ramal foi aproveitado para a instalação da estrada secundária e

pátios de estocagem associados, o que contribuiu para reduzir o tempo despendido na implantação dessa infraestrutura, além de impactos ao estoque remanescente da floresta. A título de comparação, o tempo despendido para construção deste ramal foi 75,8% menor em relação à outra estrada secundária, também implantada em T1.

4.2.2.2. Operação de Corte

A avaliação dos ciclos da operação de corte considerou os seguintes elementos: localização, operações preliminares, derrubada e destopamento. O tempo normal gasto nas operações de corte foi igual a 14,1 minutos em T1 e 12,9 minutos em T3, enquanto o tempo padrão foi igual a, respectivamente, 15,6 e 14,9 minutos. Assim, as interrupções na operação de corte representam aumentos de 9,5% e 13,1% no tempo normal médio dos ciclos.

O elemento derrubada foi o mais oneroso e somou 33,9% e 32,2% do tempo padrão gasto nas operações de corte em T1 e T3, respectivamente. Em termos absolutos, tais valores representam 4,5 minutos do tempo normal e 5,3 minutos do tempo padrão em T1 e 3,9 e 4,9 minutos para T3, respectivamente, ou seja, um aumento equivalente a 15,6% e 20,5%.

As operações preliminares e localização foram os elementos que seguiram como de maior destaque em T1, representando, nessa ordem, 24,7% e 21,9% do tempo padrão, enquanto o destopamento totalizou 19,5%. Os tempos normais registrados para esses elementos foram respectivamente iguais a 3,8, 3,4 e 2,4 minutos, e os tempos padrões foram iguais a 3,9, 3,4 e 3,0 minutos. As interrupções totalizam, portanto, acréscimos ao tempo normal de 0,5% nas operações preliminares e 21,2% no destopamento. No elemento localização não houve qualquer acréscimo.

Já para T3, o tempo normal consumido com localização foi próximo ao envolvido com operações preliminares, 3,7 e 3,4 minutos, respectivamente. No destopamento, o tempo normal foi bem menor, de 1,9 minutos. Quanto ao tempo padrão, foram gastos, respectivamente, 3,7, 3,5 e 2,7 minutos para localização, operações preliminares e destopamento. Comparando o tempo padrão com o tempo normal foi observado um aumento de 4,8% nas operações preliminares e 28,7% no destopamento. No elemento localização não houve alteração.

A Figura 4.4 apresenta a proporção do tempo padrão envolvida na operação de corte ocupada pelos elementos localização, operações preliminares, derrubada e destopamento nos tratamentos T1 e T3.

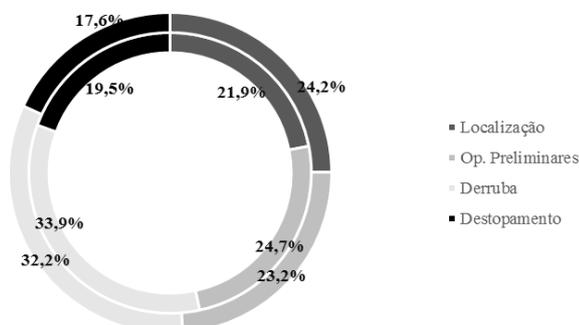


Figura 4.4. Proporção do tempo padrão da operação de corte ocupada pelos elementos localização, operações preliminares, derrubada e destopamento em T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Costa Filho (1980) avaliou que o tempo médio envolvido na operação de corte do primeiro ciclo de exploração em 1979 foi igual a foi de 8,5 minutos, valor abaixo do registrado no presente estudo. Cabe frisar que existem diferenças metodológicas, por exemplo quanto à definição dos elementos que compõem o ciclo. Do tempo total registrado pelo autor, cerca de 55% foi considerado como tempo efetivo da operação de corte, subdivido em corte de boca, corte de queda e corte de copa, iguais a 1,47, 1,63 e 1,36 minutos por árvore, respetivamente, enquanto o tempo não produtivo (limpeza do fuste e caminhos de fuga, deslocamento sobre o fuste, localização das árvores e numeração da tora) representa 44,5% do tempo.

4.2.2.3. Operação de Arraste

O ciclo da operação de arraste foi composto pelos elementos viagem vazia, carregamento e viagem carregado. Os resultados registrados para T1 e T3 foram similares, e o elemento mais oneroso do ciclo foi viagem vazia, seguido por viagem carregado e carregamento.

Em T1 o tempo normal dos elementos viagem vazia, carregamento e viagem carregado foram iguais a, respectivamente, 4,3, 1,5 e 2,9 minutos, enquanto para o tempo padrão, os valores foram iguais a 6,7, 1,7 e 3,1 minutos, indicando aumento de 36,1%, 11,9% e 6,9%. Assim, cerca de 58,3% do tempo padrão total da operação de arraste foi

consumido durante a viagem vazia, 26,8% durante a viagem carregado e 14,9% pelo carregamento (Figura 4.5).

Por sua vez, nos ciclos de arraste amostrados em T3, por sua vez, o tempo normal dos elementos viagem vazia, carregamento e viagem carregado foram equivalentes a 3,1, 1,0 e 2,4 minutos, e, concomitantemente, o tempo padrão foi de 3,6, 1,2 e 3,2 minutos. A diferença observada entre tempo normal e tempo padrão foi de, respectivamente, 13,2%, 13,9% e 25,9%. Os elementos viagem vazia e viagem carregada foram os mais representativos do tempo padrão total, correspondendo a 45,5% e 40,0%, respectivamente, enquanto o carregamento totalizou apenas 14,5% do tempo registrado (Figura 4.5).

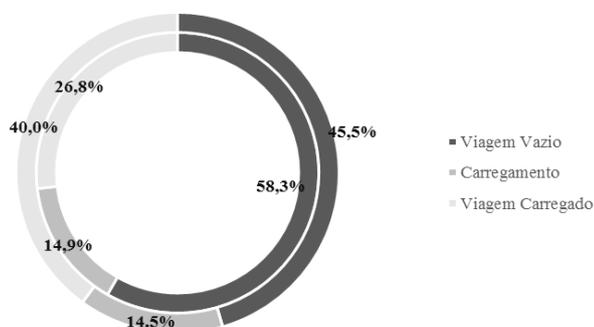


Figura 4.5. Proporção do tempo padrão da operação de arraste ocupada pelos elementos viagem vazia, carregamento e viagem carregada nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará, representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente.

O fato da viagem vazia ter sido o elemento mais oneroso é explicado pela necessidade da abertura dos ramais de arraste, uma vez que o sistema produtivo adotado não considera a operação de pré-arraste comumente empregada na exploração de florestas na Amazônia devido a redução dos danos à floresta remanescente. Dessa maneira, à medida em que o *skidder* avança no interior da floresta para carregar e arrastar as árvores exploradas, são removidos as árvores e tocos ao longo dos caminhos planejados para os ramais primários e secundários, já previamente traçados pelos motosserrista das equipes de planejamento do arraste. Esse elemento, de maneira análoga à implantação da infraestrutura da exploração, representou um importante impacto na vegetação remanescente, pois, além do *skidder* ser uma máquina florestal de grande porte, é responsável por suprimir grande número de árvores e volume de madeira sem qualquer

tipo de aproveitamento desse material, com registros de danos ao solo e dossel da floresta, e, por conseguinte, nos processos ecológicos locais.

O *skidder* (modelo Caterpillar 525C) realizou o carregamento das árvores e/ou toras via garra mecânica, o que proporcionou maior eficiência no carregamento e arraste, já que tal implemento não demanda o esforço de ajudantes em solo para prender cabos de aço à árvore para o arraste e permite carregar mais de uma árvore ou tora ao longo das trilhas de arraste, conforme capacidade de transporte e diretrizes de exploração. Em contrapartida, admite-se que o impacto causado foi maior. Como esse tipo de carregamento é feito de forma rápida e prática, foi possível carregar maior número de árvores/toras por viagem, ou seja, um maior volume arrastado, o que acabou influenciando na produtividade do elemento viagem carregada.

No arraste das toras no primeiro ciclo de corte, em 1979, os elementos viagem sem carga e viagem com carga também representaram o maior tempo gasto nesse ciclo operacional. Do tempo efetivo de aproximadamente 13 minutos por viagem, tais elementos totalizam, respectivamente, 35% e 39% dos tempos consumidos. O tempo consumido com manobras para engate e o carregamento das toras representam 17% e as operações de pátio somaram 9% (COSTA FILHO, 1980).

4.2.3. Interrupções

4.2.3.1. Operação de Implantação da Infraestrutura

Foram registradas 10 interrupções nas operações de implantação da infraestrutura, sendo 5 em cada um dos tratamentos, totalizando um tempo total de paralização igual a 27,2 minutos, sendo 2,7 minutos por parada. Considerando que cada estrutura implantada representa um elemento desse ciclo, a frequência relativa de interrupções para T1 foi de 83,3% e em T3 igual a 125,0%. Contudo, dentre as três operações amostradas no estudo de tempos, esta representa a menor frequência e o menor tempo despendido com interrupções. Todas interrupções registradas foram motivadas por fatores técnicos.

As interrupções registradas na área de T1 somaram 12,2 minutos. O elemento pátio de estocagem foi responsável por 80,6% do tempo das interrupções e 19,4% do tempo é referente às paralizações do elemento estrada, que representam 3,8% e 0,9% do tempo padrão da operação, respectivamente (Figura 4.7). Houveram 4 paralizações em pátios e 1 em estradas secundárias, com tempo médio por parada de 2,4 minutos.

Para T3, as interrupções totalizaram 15,0 minutos e, ao contrário do observado em T1, o elemento pátio foi responsável pela menor parcela do tempo de interrupções. Embora apenas uma paralização tenha sido registrada em pátios, esta representou 33,7% do tempo total. Outras quatro paralizações em estradas secundárias somaram 66,3% (Figura 4.7). O tempo médio por parada foi de 3,0 minutos.

Embora não tenha sido contabilizada no estudo por não ser representativa do ciclo operacional observado, uma vez que ocorreu no retorno às atividade após pausa para almoço dos manejadores, é importante reforçar a ocorrência de um problema mecânico com o trator de esteira durante a operação realizada em T3, que resultou em uma espera de 32,4 horas, tempo gasto desde a identificação da falha no motor de partida da máquina até o reinício da operação. Porém, caso essa ocorrência tivesse sido considerada, está interrupção representaria 99,2% do tempo de paradas registrado nessa área, corroborando a importância da manutenção preventiva das máquinas na eficiência e produtividade das operações.

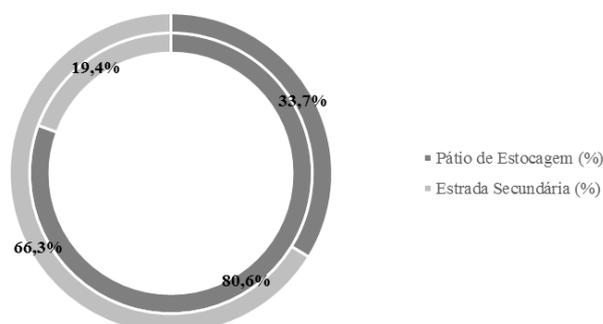


Figura 4.6. Proporção do tempo de interrupções representado pelos elementos pátios de estocagem e estradas secundárias do ciclo de implantação de infraestrutura nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

4.2.3.2. Operação de Corte

A operação de corte apresentou um total de 58 interrupções durante os ciclos amostrados e um tempo de parada de 267,7 minutos, equivalente a 11,2% do tempo padrão registrado para esta operação. O tempo médio gasto por parada foi igual a 4,6 minutos. No caso de operações preliminares, derruba e destopamento, o tempo médio foi igual a, respectivamente, 3,5, 4,9 e 4,4 minutos por parada.

A derruba foi o elemento que envolveu o maior número de interrupções (29), representando 53,5% do tempo de paradas. O destopamento ocupou a segunda posição,

com 41,3% do tempo (25 paradas), seguido das operações preliminares com 5,2% do tempo (4 paradas). O elemento localização não registrou interrupções.

No tratamento T1 foram observadas 28 interrupções e o tempo de paralização foi igual a 125,2 minutos. A frequência de interrupções registradas nos ciclos foi igual a 33,3%, e para os elementos derruba, destopamento e operações preliminares, as frequências foram iguais a 15,5% (13), 16,7% (14) e 1,2% (1), respectivamente. Com relação ao tempo das paradas, estes elementos representam, respectivamente, 55,5%, 43,2% e 1,7% do tempo total das interrupções (Figura 4.7). Os tempos médios por parada foram iguais a 5,3, 3,9 e 1,7 minutos para os elementos derruba, destopamento e operações preliminares, respectivamente, ou seja, 5,3%, 4,1% e 0,1% do tempo padrão do ciclo operacional de corte.

Foram registradas 30 interrupções em T3 que somaram 142,5 minutos. A frequência de interrupções registradas nos ciclos correspondeu a 41,1% do total, sendo 21,9% (16 interrupções), 15,1% (11 interrupções), 4,1% (3 interrupções) registrados durante a derruba, destopamento e operações preliminares, respectivamente. Estes elementos representam, nessa ordem, 51,7%, 39,7% e 8,6% do tempo total de interrupções (Figura 4.7), e 6,0%, 4,6% e 0,6% do tempo padrão do ciclo operacional de corte, cujos tempos médios por parada foram iguais a 4,6, 5,1 e 4,1 minutos.

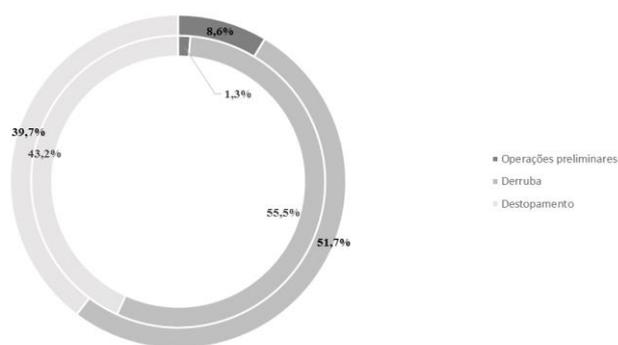


Figura 4.7. Proporção do tempo de interrupções representado pelos elementos operações preliminares, derruba e destopamento do ciclo de corte nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Fatores de ordem técnica foram os principais motivadores das interrupções, registrando maior frequência e, conseqüentemente, maior tempo de interrupções em ambos tratamentos. Foram 25 interrupções dessa natureza em cada um, cerca de 89,3% e 83,3% do total de interrupções registradas em T1 e T3. Motivos diversos representam

10,7% (3 interrupções) e 13,3% (4 interrupções), respectivamente. Apenas uma interrupção registrada no tratamento T1 foi atribuída a fatores ambientais, representando 3,3% das causas das interrupções naquele tratamento.

Abastecimento de motosserra e troca de sabre foram as principais causas de interrupções no ciclo operacional de corte. Juntos, somaram 60,7% e 63,3% das paralizações registradas em T1 e T3, respectivamente, que, por sua vez equivalem a 65,4% e 62,1% do tempo total de interrupções. Para T1, os maiores tempos médios por paralização foram observados para troca de sabre (8,2 min/parada) e amolação de corrente (7,6 min/parada), enquanto em T3, além da amolação de corrente (8,7 min/parada), houve destaque para o tempo gasto com orientação a partir dos mapas de colheita florestal (7,6 min/parada). As demais interrupções foram registradas por motivos como coleta de dados/material, tomadas de decisão, ataque de formiga ou marimbondo e pausas para descanso e água. Na exploração realizada em 1979, Costa Filho (1980) relatam resultados semelhantes, com tempo de abastecimento de 1,3 minutos, afiação da corrente da motosserra igual 6,4 minutos e de engate do sabre da motosserra de 8,0 minutos.

4.2.3.3. Operação de Arraste

As interrupções observadas para a operação de arraste somaram 173,8 minutos, correspondentes a 22 paradas e equivalente a 10,8% do tempo padrão. Foram 10 paradas no elemento viagem vazia, 7 paradas no carregamento e 5 paradas na viagem carregado, mas, em termos quantitativos, o tempo de parada registrado para a viagem carregado foi o mais representativo (50,0%), com menor peso para a viagem vazia (30,2%) e carregamento (19,8%). O tempo médio de parada para os elementos viagem vazio, carregamento e viagem carregado foram iguais a, respectivamente, 5,2, 4,9 e 17,4 minutos por interrupção.

Em T1 foram registradas 9 interrupções, sendo 3 em cada um dos elementos, num total de 59,7 minutos. A frequência de interrupções registrada corresponde a 8,4% dos ciclos amostrados para o arraste. O tempo médio das interrupções registradas para os elementos viagem vazia, carregamento e viagem carregado foram iguais a 5,1, 7,3 e 7,5 min por parada, respectivamente, representando 25,5%, 36,6% e 37,9% do tempo total e 2,2%, 2,3% e 1,5% do tempo padrão do ciclo operacional (Figura 4.8).

As 13 interrupções registradas em T3 somaram 114,1 minutos, correspondentes a uma frequência igual a 16,7% dos ciclos registrados. Dos elementos que compõem o ciclo

operacional, viagem vazia registrou a maior frequência de interrupções (7), igual a 53,8%, seguido por carregamento com 30,8% (4) e viagem carregado com 15,4% (2), porém, o maior tempo de interrupções foi observado para o elemento viagem carregada (56,3%), com tempo médio por parada igual a 32,1 minutos, enquanto viagem vazia (32,6%) e carregamento (11,0%) apresentaram tempo médio de 5,3 e 3,1 minutos por paralização, respectivamente (Figura 4.8).

Em T1, as interrupções de ordem técnica apresentaram 5 paradas e outras 4 paradas ocorreram por motivos diversos, representando 49,5% e 50,5% do tempo total de interrupções. No tratamento T3 houve registro de 11 interrupções por motivos técnicos, representando 84,6% das interrupções e 71,9% do tempo total dessas. Duas interrupções foram registradas por motivos diversos.

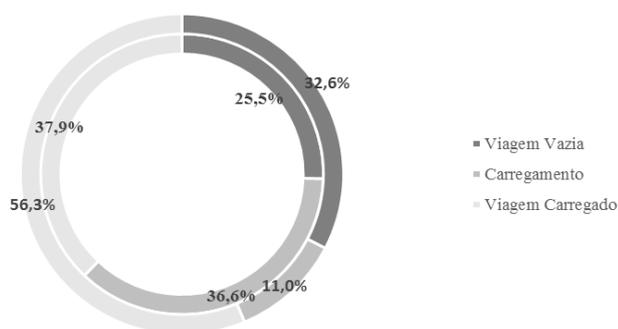


Figura 4.8. Proporção do tempo de interrupções representado pelos elementos viagem vazia, carregamento e viagem carregado do ciclo de arraste nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (representadas pelos anéis interno e externo da figura, respectivamente), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

As interrupções envolvidas no traçamento de toras foram as mais representativas, e corresponderam a 55,6% do total de paralizações em T1 e 38,5% em T3, embora os tempos médios por paralização registrados de 5,9 e 4,0 minutos estejam entre os menores observados. Os tempos registrados para essa atividade totalizam 49,5% em T1 e 17,6% em T3. Na área do primeiro ciclo (T3), uma única paralização representou 43,1% do tempo total de interrupções, que envolveu, simultaneamente, uma quebra mecânica da pá hidráulica da carregadora e o abastecimento do *skidder*, seguido por paradas para água, merenda e banheiro (28,1%). Em T1, este último motivo representou 28,7% das interrupções. Houveram, ainda, paralizações para visualização do mapa de colheita e localização de árvores, igual a 21,8% e 6,8% para as áreas de segundo e primeiro ciclo, respectivamente.

4.3. DESEMPENHO OPERACIONAL

A eficiência operacional considerou as horas de trabalho efetivo e as paralizações registradas durante a amostragem dos tempos padrão relativos aos ciclos de implantação de infraestrutura, derruba das árvores e arraste das árvores ou toras. Assim, não foram consideradas paralizações destinadas ao almoço, transporte e deslocamento dos funcionários, entretanto, para cálculo da eficiência operacional das operações foi necessário a utilização de um fator de correção, conforme Emmert (2014).

4.3.1. Eficiência Operacional

Ao comparar a eficiência das operações entre os tratamentos, observou-se resultados bastante próximos (Figura 4.9). De modo geral, a eficiência dos ciclos e da operação foi maior em T1 para o corte e arraste, enquanto para a implantação da infraestrutura, o resultado foi superior para T3. A maior diferença se refere à operação de corte, o que pode ser atribuído aos maiores diâmetros e volumes das árvores exploradas na área do primeiro ciclo de corte (T3), reflexo das diferenças na estrutura florestal dessas áreas.

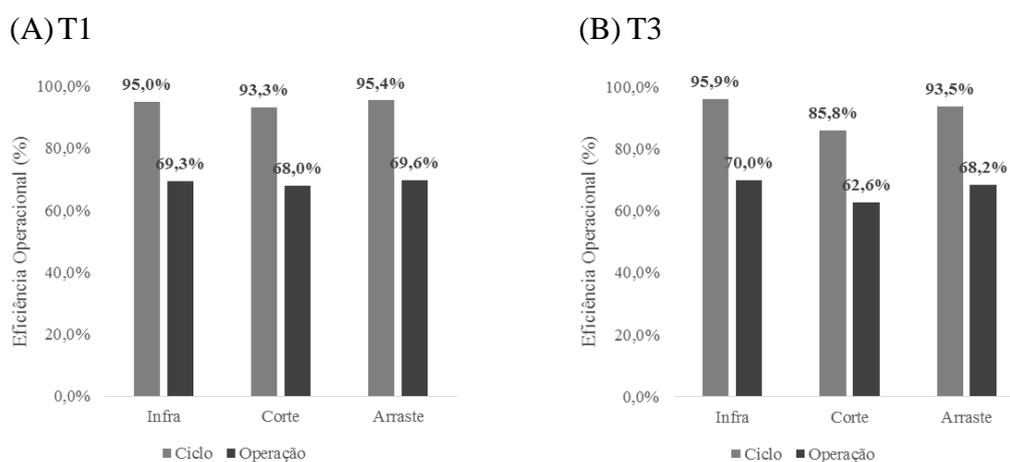


Figura 4.9. Eficiência operacional do ciclo e eficiência operacional total das operações dos tratamentos T1 (A) e T3 (B), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará, para as operações de construção de infraestrutura, corte e arraste.

Na área do segundo ciclo de corte (T1), os ciclos das operações de implantação de infraestrutura, derruba de árvores e arraste de árvores ou toras apresentaram eficiência média de 95,0%, 93,3% e 95,4%, respectivamente. Na área de primeiro ciclo de corte (T3), os registros foram similares, sendo iguais a 95,9%, 85,8% e 93,5%, respectivamente. Estes percentuais são considerados elevados e apontam que as paralizações apresentaram pequena influência na eficiência operacional dos ciclos

registrados durante as operações de exploração florestal. Entretanto, considerando os tempos associados à alimentação, transporte e acesso dos funcionários, observou-se que houve redução da eficiência das operações. O tempo médio de almoço foi de 86,1 minutos e o de transporte e acesso dos funcionários, 60 minutos. Dessa forma, a eficiência operacional da implantação de infraestrutura, derruba das árvores e arraste das árvores ou toras reduziu para 69,3%, 68,0% e 69,6% no tratamento T1 e para 70,0%, 62,6% e 68,2% no T3, respectivamente.

Os resultados encontrados nesse estudo são corroborados pelo estudo de Emmert (2014), realizado em uma floresta privada no Amazonas e na Flona do Jamari, em Rondônia, onde registrou valores bem próximos quanto a eficiência das operações florestais. Na floresta privada, a eficiência operacional para o ciclo de corte foi de 86,6% e para o arraste igual a 86,4%, e na floresta pública, de 60,2% e 92,6%, respectivamente. Considerando a eficiência operacional total, as operações de corte e arraste na floresta privada passaram para 62,6% e 62,4%, ao passo que para a floresta pública estes valores foram iguais a 45,1% e 69,5%, respectivamente.

4.3.2. Produtividade

A produtividade das operações de corte e arraste das árvores considerou tanto o volume registrado no romaneio durante as operações de pátio, obtido após o arraste das árvores derrubadas para os pátios de estocagem, quanto o número de árvores ou toras exploradas. Para cálculo da produtividade da operação de implantação de infraestrutura, ao invés do volume, a produção foi obtida pela área (m^2) estimada a partir das medições em campo para cada uma das estruturas implantadas nos tratamentos. A Figura 4.10 e a Figura 4.11 apresentam estes resultados, onde é possível observar que as operações florestais foram mais produtivas em T3 em relação a T1.

A produtividade total da operação de implantação da infraestrutura foi semelhante entre os tratamentos, sendo registrado $1.006,2 m^2 h^{-1}$ em T1 e $1.056,0 m^2 h^{-1}$ em T3. Na construção das estradas secundárias a produtividade operacional em T1 foi 39,4% superior a produtividade estimada para T3, iguais a $1.673,0 m^2 h^{-1}$ e $1.200,0 m^2 h^{-1}$, respectivamente. Na implantação dos pátios de estocagem, entretanto, a produtividade obtida em T3 foi superior à de T1, apresentando, respectivamente, $828,4 m^2 h^{-1}$ e $630,7 m^2 h^{-1}$ (Figura 4.10). O fato de ter sido aproveitado um ramal já aberto anteriormente para construção de uma das estradas secundárias em T1 certamente influenciou nesse

resultado, uma vez que era composta principalmente por gramíneas, arbustos e arvoretas características da regeneração natural, e isto permitiu a redução do tempo e dos custos associados a atividade.

A produtividade da operação de corte apresentou resultados similares para ambas as áreas. No tratamento T1, a produtividade foi de 3,8 arv h⁻¹ e 11,1 m³ h⁻¹, e em T3, 4,0 arv h⁻¹ e 13,0 m³ h⁻¹. Considerando a operação de arraste, a produtividade em T3 foi de 9,8 arv h⁻¹ e 40,5 m³ h⁻¹, superando a produtividade de 6,9 arv h⁻¹ e 27,2 m³ h⁻¹ obtidos em T1 (Figura 4.11).

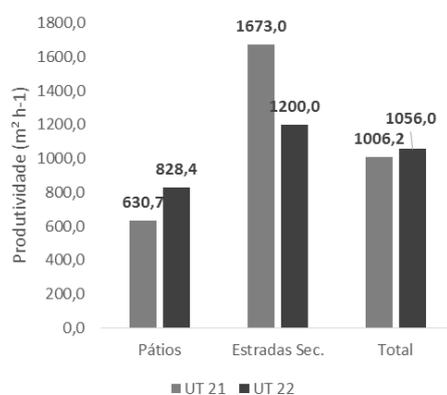


Figura 4.10. Produtividade (m² h⁻¹) da operação de implantação da infraestrutura da exploração florestal referente às áreas de pátios de estocagem, estradas secundárias e total dos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

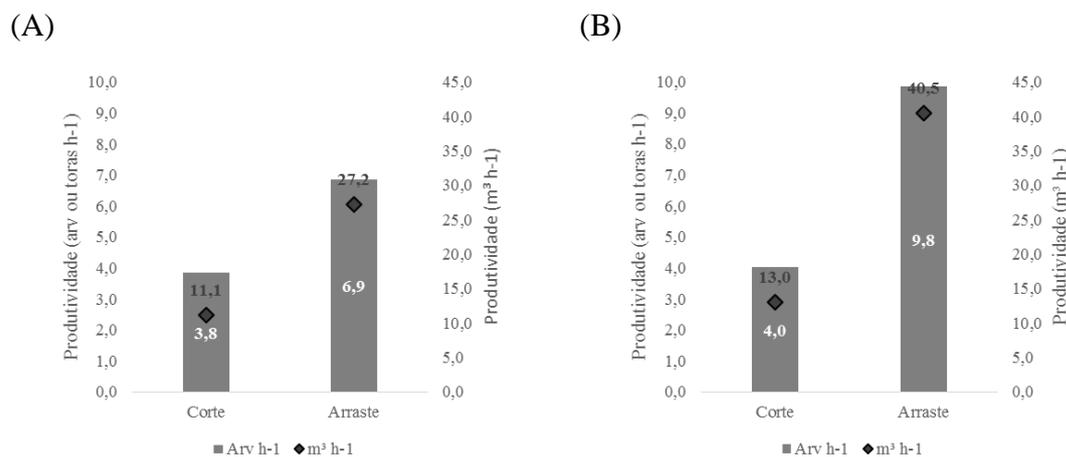


Figura 4.11. Produtividade (arv ou toras h⁻¹ e m³ h⁻¹) das operações de corte e arraste da exploração florestal realizada nos tratamentos T1 (UT 21) (A) e T3 (UT 22) (B), no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Dependendo das dimensões das árvores e de suas proximidades, bem como de suas localizações ao longo das trilhas de arraste, foram carregadas mais de uma árvore ou tora por viagem. O número médio de árvores arrastadas por viagem nos tratamentos T1 e

T3 foi similar, ou seja, 1,3 e 1,4 árvores por ciclo operacional. Contudo, a viagem da maior parte dos ciclos de arraste foi realizada carregando uma única árvore, ou seja, 72,2% dos ciclos em T1 e 59,5% dos ciclos em T3. O arraste com duas e três árvores representou, respectivamente, apenas 22,7% e 5,2% dos ciclos de arraste do tratamento T1 e 37,8% e 2,7% em T3. Em grande parte, as árvores foram arrastadas em seu comprimento comercial total, sendo divididas em toras apenas no romaneio nos pátios de estocagem. Essa produtividade obtida no arraste está relacionada ao trator florestal utilizado, em que o carregamento é realizado por garra mecânica.

Os resultados apresentados por Emmert (2014) para as operações de corte e arraste são próximos aos obtidos no presente estudo, embora existam diferenças. Para a floresta privada no Amazonas, cuja exploração se deu em nível empresarial, a produtividade da operação de corte foi de 4 arv h⁻¹ ou 17,278 m³ h⁻¹, e na floresta pública de 3 arv h⁻¹ ou 16,326 m³ h⁻¹, ao passo que a produtividade do arraste foi igual a, respectivamente, 25,885 m³ h⁻¹ e de 42,857 m³ h⁻¹, com rendimento de 12 arv h⁻¹ em ambos tratamentos. Ainda, na floresta privada foram arrastadas cerca de 1,8 toras por ciclo, dos quais 61,9% foram realizados com duas toras e 28,6% com apenas uma. A base metodológica utilizada no estudo do autor é a mesma adotada no presente estudo, de modo que alguns resultados são convergentes, mas as diferenças observadas podem estar relacionadas aos sistemas produtivos utilizados em cada uma dessas áreas, como força de trabalho, maquinários ou mesmo um reflexo da capacidade produtiva de cada um dos sítios estudados.

Em 1979, no primeiro ciclo de corte do km 67 da Flona do Tapajós, a produtividade operacional da abertura de pátios foi igual a 420 m² h⁻¹ e a abertura de estradas principais igual a 500 m h⁻¹. Para a derrubada, arraste e operações de pátio, as produtividades registradas foram de 15 m³ h⁻¹, 26 m³ h⁻¹ e 50 m³ h⁻¹, respectivamente, enquanto o carregamento do caminhão apresentou rendimento de 110 m³ h⁻¹ e o transporte rodoviário de 28 m³ h⁻¹ (COSTA FILHO, 1980).

Para comunidades com Manejo Florestal Comunitário que operam em grande escala na Amazônia brasileira, em que se enquadra o Projeto Ambé, Medina e Pokorny (2011) observaram produtividades para as operações de delimitação da área e inventário igual a 9 e 11 ha por dia, e de derrubada e arraste de 40 e 59 m³ por dia, respectivamente. Esses resultados superam em muito os arranjos em mini e pequena escala, porém são inferiores às produtividades obtidas para o nível empresarial, com delimitação da área

representando produtividade de 18 ha por dia, e o inventário de 12 ha por dia, enquanto derrubada soma 55 m³ por dia e arraste 75 m³ por dia. Em parte, a diferenças em produtividade, além do efeito da escala, reforçam os objetivos da produção familiar de maximizar a remuneração da mão de obra ao invés do lucro e a importância de outras atividades produtivas, operando em estruturas mais horizontais e com custos iniciais das operações providos pelo ProManejo.

4.4.CUSTOS DE EXPLORAÇÃO

Os custos operacionais e de produção da exploração dos tratamentos T1 e T3 foram estimados conforme referencial teórico apresentado na metodologia do presente trabalho, considerando as operações de implantação da infraestrutura, corte das árvores, arraste/operações de pátio, mas, para fins de comparação, também considerou a base de custos disponibilizada pela COOMFLONA referente aos gastos totais registrados para estas e demais atividades desenvolvidas na exploração da área experimental. Ou seja, de forma geral, a grande divergência de valores apresenta entre os custos estimados no estudo e a base de custos da cooperativa reside nos métodos utilizados para obtê-los: enquanto um representa uma estimativa dos custos operacionais e de produção em termos de horas efetivas trabalhadas por operação para as equipes monitoradas, a outra trata-se de um compêndio dos custos totais abrangidos nas diversas operações de exploração, respectivamente.

A principal questão relacionada aos custos da exploração do sítio km 67, além de se tratar de uma área experimental, diz respeito à estrutura organizacional da cooperativa. Apesar de atuar em escala empresarial, se trata de um manejo comunitário, em que houve importante aporte financeiro e logístico de órgãos ambientais e de fomento florestal para viabilizar o plano de manejo. Nesse sentido, as máquinas florestais, veículos e demais equipamentos são em sua maioria oriundos de aluguéis e em menor parte doações e aquisições. Ainda, o principal objetivo da COOMFLONA é contribuir para o aumento da renda e qualidade de vida dos cooperados a partir do uso sustentável dos recursos florestais sob concessão na modalidade Direito Real de Uso, em que os lucros são divididos entre suas comunidades e os salários, diárias e/ou benefícios pagos aos manejadores são proporcionais a sua função e produção em campo.

O custo operacional e custo de exploração, obtidos tal qual apresentados na base metodológica, apresentam valores de 609,38 US\$ ha⁻¹ e 0,34 US\$ m⁻³, respectivamente.

(Tabela 4.6). Acerca da composição dos custos operacionais (Figuras 4.12, 4.13 e 4.14), observou-se que a operação de implantação da infraestrutura representa 58,0% do total, seguido pelo arraste/romaneio com 38,8% e corte com apenas 3,2%. Tanto para a operação de implantação da infraestrutura como para a operação de arraste/romaneio os custos fixos foram os mais onerosos devido ao elevado custo de depreciação e juros/seguros, representando cerca de 89,6% e 82,1% do custo de operação. Para estas operações, os maiores custos variáveis foram com gastos relacionados ao consumo de combustível e óleo hidráulico. Na operação de corte, por sua vez, os custos variáveis somam 74,3% do custo operacional, com destaque para o conjunto de corte e matérias auxiliares, seguido por equipamentos de proteção individual (EPI). Quanto ao custo de produção, o arraste/romaneio somou 76,6% do valor calculado, seguido por corte e implantação da infraestrutura com 11,9% e 11,4%, respectivamente.

Tabela 4.6. Custos fixos, variáveis, de produção e de exploração das operações de implantação da infraestrutura, corte e arraste/romaneio na área experimental da Embrapa no sítio do km 67, Flona do Tapajós, Pará.

Custos		Infraestrutura	Corte	Arraste/Romaneio	Total
Fixo	Depreciação	185,93	3,97	122,61	312,51
	Juros/Seguros	130,93	1,02	71,47	203,42
	Sub-total	316,86	4,98	194,09	515,93
Variáveis	Combustível	19,82	1,03	14,87	35,72
	Lubrificantes e Graxas	3,96	1,07	3,72	8,75
	Óleo Hidráulico	9,91	-	7,43	17,35
	Pneus/Estêiras	0,92	-	2,17	3,09
	Conj. Corte e Mat. Auxiliares	0,99	5,94	3,96	10,89
	EPI	0,35	4,20	3,50	8,05
	Transporte	0,02	0,02	0,02	0,06
	Salários	0,61	2,16	6,77	9,55
	Sub-total	36,59	14,42	42,44	93,45
Custos Operacionais		353,45	19,40	236,53	609,38
Custos de Produção		0,04	0,04	0,26	0,34

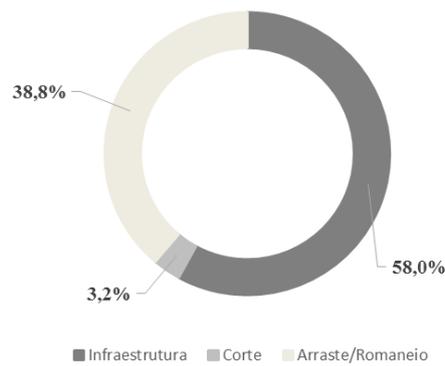


Figura 4.12. Proporção dos custos operacionais ocupada pelas operações de exploração florestal na área experimental da Embrapa no sítio km 67, Flona do Tapajós, Pará.

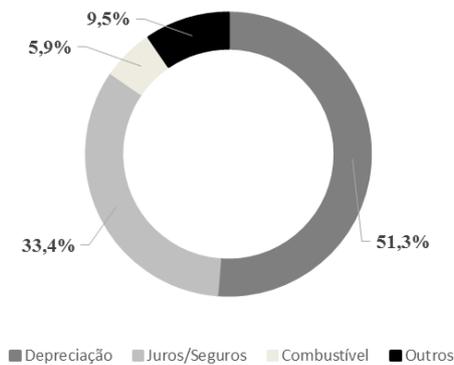


Figura 4.13. Proporção ocupada pelos itens que compõem os custos operacionais (fixos e variáveis) da exploração florestal na área experimental da Embrapa no sítio km 67, Flona do Tapajós, Pará.

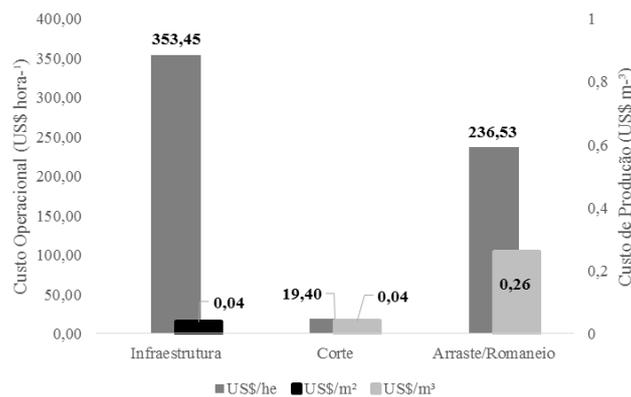


Figura 4.14. Custos operacionais e de produção das operações de implantação da infraestrutura, corte e arraste/romaneio na área experimental da Embrapa no sítio do km 67, Flona do Tapajós, Pará.

Considerando a base de custos disponibilizada pela COOMFLONA, que avaliou apenas custos variáveis devido a depreciação e juros/seguros não incidirem sobre o seu capital, uma vez que neste cenário ela é apenas a locatária das máquinas florestais, o custo

operacional total da exploração registrou valores discrepantes e muito superiores em relação ao processo de amostragem para caracterização dos custos envolvidos no sistema de manejo adotado no estudo. Ao todo, a exploração custou US\$ 236.383,67, com destaque para os gastos com aluguel de máquinas (57,2%) e repasses aos manejadores (32,2%). Analisando apenas as operações de implantação da infraestrutura de exploração, corte e arraste/romaneio das árvores, o custo de operação registrou 1.596,62 US\$ ha⁻¹ e custo de exploração igual 93,28 US\$ m⁻³.

Dados preliminares cedidos pela COOMFLONA referentes à exploração das UPAs 08 (21,6 m³ ha⁻¹; 1.000 ha) e 09 (24,2 m³ ha⁻¹; 1.600 ha) na Flona do Tapajós em 2013 e 2014, respectivamente, apontam que o manejo da floresta gerou receita líquida estimada em 79,4 R\$ m⁻³ e 143,2 R\$ m⁻³, a um preço de R\$ 220,00 e R\$ 260,00 por metro cúbico. Os custos de exploração foram iguais a 3.042,7 R\$ ha⁻¹ e 2.826,8 R\$ ha⁻¹, com custo de produção igual a 140,6 R\$ m⁻³ e 116,8 R\$ m⁻³, respectivamente. Com relação a diferença observada entre estes valores e os registrados na exploração dos tratamentos do experimento da Embrapa, considerando se tratar do mesmo sistema produtivo e basicamente as mesmas equipes de exploração florestal, o fator provável que a justifica é a diferença de escala entre as áreas. Por exemplo, a UPA 09, também explorada em 2014, possui área de 1600 ha, enquanto os tratamentos T1 e T3 somam juntos 70,5 ha, o que implica em diferenças na logística de exploração sessas áreas. A maior área e o conseqüente maior volume explorado demandou maior logística de exploração, ou seja, maior número de equipes, manejadores, máquinas e materiais.

Para a exploração mecanizada do primeiro ciclo de corte do sítio do km 67 da Flona do Tapajós (COSTA FILHO, 1980), considerando a conversão de cruzeiros (setembro de 1979) e juros compostos de 1% ao mês, o custo do m³ posto em serraria foi estimado em cerca de R\$ 1.849,34. Desse total, 28% foi gasto com o transporte rodoviário das toras, seguido pelos custos administrativos e de operação de arraste com 16,2% e 12,9%, respectivamente. A mão de obra representou 11,4% e a derruba das árvores 4,5% do custo de exploração. O custo operacional no primeiro ciclo de corte foi mais oneroso para a abertura de estradas principais, com gastos de aproximadamente 6.716 R\$ h⁻¹ com a operação do *skidder* e 1.242,09 R\$ h⁻¹ com trabalho do motosserrista, 6.440,47 R\$ h⁻¹ com a abertura de pátios e 6.716 R\$ h⁻¹ com arraste das toras. O carregamento do

caminhão totalizou 5.520,41 R\$ h⁻¹, o transporte rodoviário, 5,152,38 R\$ h⁻¹ e a derruba 1.242,09 R\$ h⁻¹.

O estudo de viabilidade econômica da exploração de 3.130 ha pelo Projeto Tapajós, entre 1999 e 2003, apresentou custo total médio de 1.838,30 R\$ ha⁻¹ ou 90,78 R\$ m⁻³ (valores referentes ao mês de dezembro de 2003) e produção média de 20,25 m³ ha⁻¹ (PEREIRA JUNIOR, 2006). A taxa de retorno foi igual a 35,8% ao ano, tornando a exploração de impacto reduzido um investimento atrativo, em que a receita e despesa foram de R\$ 7.814.490,45 e R\$ 5.754.725,76, respectivamente (RODRIGUEZ; BACHA, 2004). A produção média adotada por estes autores é um compêndio das informações do romaneio gerada pela equipe do IBAMA, referentes a exploração de 9.075 árvores e volume médio de 6,4 m³ arv⁻¹, uma vez que as três fontes de informação disponibilizadas para cálculo do volume explorado pela empresa concessionária se mostraram conflitantes, estimadas em 19,17 m³ ha⁻¹, 28,74 m³ ha⁻¹, e entre 17,83 e 18,91 m³ ha⁻¹ para a planilha de cálculo fornecida pela empresa, pelo inventário florestal e pelas fichas de campo de acompanhamento das atividades de corte e arraste, respectivamente. O número de árvores também foi divergente, apresentando diferença de 835 árvores (PEREIRA JUNIOR, 2006).

As atividades de ordem diversas apresentaram o maior custo de exploração e de produção no Projeto Tapajós, representando 65,4% do custo médio total com valores respectivamente iguais a 1.202,46 R\$ ha⁻¹ e 59,38 R\$ m⁻³. O frete pago para o transporte, a depreciação das máquinas e os salários e equipamentos de apoio contribuíram com, respectivamente, 32%, 20% e 13,9% dos custos envolvidos nas atividades. A etapa de exploração, referente às atividades de construção de estradas e pátios, corte de árvores, arraste de toras e operações de pátio, foi responsável por 29,6% dos custos, cujo os custos foram iguais a 162,28 R\$ ha⁻¹, 63,75 R\$ ha⁻¹, 247,39 R\$ ha⁻¹ e 70,25 R\$ ha⁻¹, respectivamente, e os custos de produção da ordem de 8,01 R\$ m⁻³, 3,15 R\$ m⁻³, 12,22 R\$ m⁻³ e 3,47 R\$ m⁻³. As atividades pré-exploratórias somaram 5% dos custos totais (92,17 R\$ ha⁻¹ e 4,55 R\$ m⁻³).

O custo de exploração em uma floresta privada no Estado do Amazonas, de 11.889,65 m³ explorados em serraria, no período de dezembro de 2010, foi de 73,87 R\$ m⁻³. As operações de corte, pré-arraste e arraste representaram 36,7% do custo de exploração dessa floresta, e o custo de produção e operacional de cada umas destas

operações foi respectivamente igual, 14,14 R\$ m⁻³, 8,33 R\$ m⁻³ e 4,65 R\$ m⁻³ e, 244,36 R\$ h⁻¹, 302,88 R\$ h⁻¹ e 199,21 R\$ h⁻¹. No corte e pré-arraste, os custos com pessoal foram os mais representativos, iguais a 63,6% e 58,9%, enquanto o consumo de combustíveis totalizou 40,3% dos custos no arraste (EMMERT, 2014).

Matsunaga (2005) avaliou a cadeia produtiva de um plano de manejo florestal em Altamira-PA e verificou que os custos de exploração e transporte representaram, respectivamente, 44,6% e 40,0% do valor total (100,79 R\$ m⁻³) da madeira em tora na serraria. O custo total das atividades de exploração foi igual a 9,21 R\$ m⁻³, sendo 2,73 R\$ m⁻³ gastos no arraste de toras, 2,32 R\$ m⁻³ na derruba e 1,93 R\$ m⁻³ na operação de carga e descarga. O custo envolvido na construção da infraestrutura operacional foi de 9,32 R\$ m⁻³ e os custos administrativos, 180,00 R\$ m⁻³, aproximadamente. Os custos foram superados em 12,2% pelos benefícios. O valor presente líquido foi positivo, igual a 895,07 R\$ ha⁻¹ e a taxa interna de retorno, considerando a taxa de juros de 8%, foi igual a 11,96%. De acordo com Matsunaga (2005), o valor da madeira serrada (358,73 R\$ m⁻³) foi inferior ao preço da madeira praticado no mercado local, contudo, para exportação, o metro cúbico era R\$ 660,92, gerando um lucro de 24,2%, e tornando PMFS viável neste cenário de beneficiamento da tora.

Sobre a rentabilidade potencial da exploração em florestas públicas e privadas indicadas como prioritárias pelo Programa de Florestas Nacionais, Arima e Barreto (2002) concluíram que a atividade seria lucrativa na região do Jamari (RO), Bom Futuro (RO), Caxiuanã (PA) e Tapajós (PA), uma vez que o valor de produção da madeira manejada representava menos que a metade do valor de mercado da madeira. O valor presente líquido da produção madeireira foi positivo para as duas categorias, com maior retorno em florestas públicas, exceto na região de Caxiuanã. Em geral, devido aos custos do preço da terra, o manejo florestal se mostrou mais rentável em florestal públicas. No caso específico da Flona do Tapajós, o valor médio de mercado da madeira em pé era de 6,9 R\$ m³, enquanto o valor mínimo da madeira em pé manejada em floresta pública para os cenários de baixa, média e alta produtividade era de 5,5, 4,9 e 4,4 R\$ m³, gerando lucro entre 16 e 20 R\$ ha⁻¹, enquanto em floresta privada o valor mínimo da madeira foi de 6,8 R\$ m³ para situação de baixa produtividade, e 5,9 R\$ m³ e 5,0 R\$ m³ para os cenários de média e baixa produtividade, respectivamente. (ARIMA; BARRETO, 2002).

Acerca da viabilidade do Manejo Florestal Comunitário, Medina e Pokorny (2011) apresentaram que o custo de produção da madeira em tora no Projeto Ambé foi de 100,82 R\$ m³, com destaque para os custos diversos e de arraste/transporte da madeira (23%, cada), seguido por custos administrativos (22,6%). A construção de infraestrutura somou 4,94 R\$ m³, a derruba 1,87 R\$ m³, o arraste e transporte 27,68 R\$ m³ e o carregamento 12,35 R\$ m³.

Os investimentos iniciais pelas organizações de apoio ao Manejo Florestal Comunitário são elevados, variando entre R\$ 40 mil e R\$ 1,6 milhão, relacionado com a complexidade do arranjo produtivo adotado nas diferentes áreas estudadas e aquisição de equipamentos e máquinas para as operações de campo (MEDINA; POKORNY, 2011). Em decorrência da produtividade das operações serem relativamente baixas nas iniciativas avaliadas, os custos se mostraram elevados, entre R\$ 29,00 e R\$ 100,00 para o metro cúbico em tora, R\$ 690,00 e R\$ 840,00 para o metro cúbico serrado com motosserra, R\$ 370,00 e R\$ 1.235,00 para o metro cúbico serrado com serraria portátil e, aproximadamente, R\$ 845,00 para as iniciativas que terceirizaram a serragem da madeira. A viabilidade dos modelos estudados se mostrou limitada devido aos rendimentos modestos e aos riscos relativamente altos, com maiores perspectivas para as iniciativas em maior escala do Ambé, Costa Marques e Mamirauá, que atuam sem verticalização do arranjo produtivo e conseguem remunerar a mão de obra e gerar receitas líquidas.

Em Novo Progresso-PA, apesar do custo da madeira manejada ter sido superior ao da exploração ilegal, iguais a 137,63 R\$ m³ e 95,00 R\$ m³, respectivamente, o sistema de manejo florestal foi mais rentável pelo preço de mercado da madeira manejada, igual a 309,41 R\$ m³ contra 150,00 R\$ m³ da exploração convencional (SOUZA; GRZEBIELUCKAS, 2011). O custo de extração foi igual a 3.078,25 R\$ há⁻¹, com destaque para o transporte (35,5%), seguido pelas operações de arraste (28,4%), corte e carregamento (8,1% cada).

A partir de uma análise de custo-benefício dos cenários de exploração convencional, sem e com custos ambientais, e para sistema de manejo florestal sustentável em Roraima, Paiva (2011) constatou que é inviável econômica e ambientalmente a atividade de exploração convencional, cujos custos médios por hectare ao ano foram de R\$ 2.375,25 e R\$ 2.444,53, superando os benefícios estimados em R\$

1.388,46 por hectare ano⁻¹ e apresentando resultado líquido percentual de -71% e -71,3%, respectivamente. O manejo florestal sustentável, por sua vez, apresentou indicadores favoráveis e retorno de 52,5%, referente ao custo e benefícios de R\$ 900,39 e R\$ 1.894,48 por hectare ano⁻¹. O custo de implementação por hectare nesse sistema foi de R\$ 133,41, inferior ao custo de degradação ambiental de R\$ 183,43, calculado pelo Valor Esperado da Terra (VET).

4.5.QUALIDADE DA EXPLORAÇÃO

4.5.1. Árvores Ocas

Durante a exploração florestal foram registradas 84 árvores ocas (24,6%) entre o total de árvores selecionadas para a exploração ou 31,7% do número de árvores efetivamente exploradas. A maior ocorrência de ocos ocorreu em T1, igual a 53 árvores ou 1,4 arv ha⁻¹, o correspondente a 25,6% das árvores selecionadas para exploração e 33,3% das árvores exploradas no tratamento. Em T3, as 31 árvores ocas (1,0 arv ha⁻¹) registradas representam 23,1% e 29,2% das árvores selecionadas para exploração e exploradas no tratamento, respectivamente.

A estimativa de volume comercial (IF 100%) apontou que árvores ocas somaram 402,6 m³ ou 5,7 m³ ha⁻¹ que deixaram de ser explorados, com um volume médio de 4,8 m³ arv⁻¹. Embora as árvores ocas em T1 tenham apresentado volume médio inferior ao de T3 (4,6 m³ arv⁻¹ e 5,1 m³ arv⁻¹, respectivamente), o volume comercial não explorado representou 60,8% do estoque estimado para as árvores ocas em razão da maior frequência registrada. O volume associado às árvores em T1 foi igual a 244,8 m³ ou 6,3 m³ ha⁻¹ e em T3 estes valores foram de 157,8 m³ ou 5,0 m³ ha⁻¹. Os resultados são resumidos na Tabela 4.7.

Se as árvores ocas fossem exploradas, a intensidade de exploração totalizaria um volume de 1.486,0 m³ ha⁻¹ e médias de 22,8 m³ ha⁻¹ e 19,0 m³ ha⁻¹ na área dos tratamentos T1 e T3, respectivamente. Nesse caso, essa diferença representaria um aumento de 38,1% e 35,8% nas intensidades de exploração, atingindo uma condição semelhante em termos de número de árvores e volume selecionado para exploração na etapa de planejamento.

Tabela 4.7. Número de árvores (N), área basal (G) e volume (V) por espécie relativo ao registro de oco nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) e para a área total de exploração florestal no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Espécie	Nome Científico	T1			T3			Geral			
		N	G	V	N	G	V	N	G	V	Vm
Amapáí	<i>Brosimum lactescens</i> (S. Moore) C. C. Berg	1	0,2	2,3	0	0	0	1	0,2	2,3	2,3
Amarelão	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macbride	2	0,7	8,0	0	0	0	2	0,7	8,0	4,0
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	3	1,0	11,3	5	2,5	28,6	8	3,5	40,0	5,0
Coração de negro	<i>Chamaecrista</i> sp.	0	0	0	1	0,3	3,1	1	0,3	3,1	3,1
Cuiarana fruto alado	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	1	0,3	3,3	0	0	0	1	0,3	3,3	3,3
Envira preta	<i>Guatteria poeppigiana</i> Mart.	1	0,3	4,0	0	0	0	1	0,3	4,0	4,0
Fava de japu	<i>Balizia pedicellaris</i> (DC.) Barneby & Grimes	1	0,4	4,7	0	0	0	1	0,4	4,7	4,7
Fava timborana	<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> (Benth.) G.P.Lewis & L.Rico	10	4,6	52,4	5	2,4	27,6	15	7,0	80,0	5,3
Fava tucupi	<i>Parkia multijuga</i> Benth.	0	0	0	3	1,8	20,5	3	1,8	20,5	6,8
Itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meissn.) Taub.	0	0	0	1	0,8	8,8	1	0,8	8,8	8,8
Jarana	<i>Lecythis lurida</i> (Miers) S.A.Mori	0	0	0	1	0,3	3,7	1	0,3	3,7	3,7
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	0	0	0	1	1,1	13,0	1	1,1	13,0	13,0
Louro amarelo	<i>Licaria brasiliensis</i> (Ness) Kosterm.	0	0	0	2	0,7	8,0	2	0,7	8,0	4,0
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.	1	0,4	4,2	0	0	0	1	0,4	4,2	4,2
Matamatá jibóia	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers	4	1,9	21,8	1	0,3	3,8	5	2,2	25,6	5,1
Melanciaira	<i>Alexa grandiflora</i> Ducke	3	1,6	18,5	0	0	0	3	1,6	18,5	6,2
Morototó	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire	2	0,5	5,7	0	0	0	2	0,5	5,7	2,8
Tachi preto	<i>Sclerolobium melinonii</i> Harms	0	0	0	1	0,3	3,5	1	0,3	3,5	3,5
Tachi vermelho	<i>Tachigalia chrysophyllum</i> Poepp. & Endl.	14	5,8	66,9	4	1,6	18,9	18	7,5	85,8	4,8
Tauari	<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	1	0,4	5,1	0	0	0	1	0,4	5,1	5,1
Tauari-br	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	2	0,9	10,8	0	0	0	2	0,9	10,8	5,4
Uchi	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	1	0,6	6,5	0	0	0	1	0,6	6,5	6,5
Urucu da mata	<i>Bixa arborea</i> Huber	4	1,0	11,5	1	0,2	2,5	5	1,2	14,0	2,8
Virola	<i>Virola michellii</i> Heckel	2	0,7	7,9	5	1,4	15,8	7	2,1	23,7	3,4
Total Geral		53	21,4	244,8	31	13,7	157,8	84	35,1	402,6	4,8

A composição de espécies com registro de ocos também diferiu entre os tratamentos, num total de 24 espécies com registros de oco. Destas, apenas 6 destas foram comuns aos dois tratamentos, 17 espécies foram registradas em T1 e outras 13 espécies em T3. A maior frequência de ocos é atribuída ao Tachi Vermelho e a Fava Timborana, representadas por 18 (21,4%) e 15 (17,9%) árvores entre as ocas. O volume não explorado dessas espécies foi igual a 85,8 m³ e 80 m³, respectivamente. Juntas, somaram cerca de 41,2% do volume estimado para as árvores ocas.

Outras espécies de destaque foram Andiroba com 8 árvores e volume não explorado de 40,0 m³ (9,9%), Virola com 7 árvores e 23,7 m³ não explorados (5,9%), seguidas por Matamatá Jibóia e Urucu da Mata, que apresentaram 5 árvores ocas (cada) e volume não explorado estimado igual a 25,5 m³ (6,4%) e 14,0 m³ (3,5%), respectivamente. As demais espécies (18) com registro de oco totalizam 26 árvores e 33,2% do volume não explorado.

Na exploração do primeiro ciclo em 1979, Costa Filho (1980) observou diferenças entre o volume comercial estimado das árvores, o volume romaneado e o volume efetivamente comercializado, indicando que ao longo da exploração ocorrem desperdícios de madeira. Segundo o autor, por serem mais suscetíveis, algumas espécies racham durante a derrubada e perdem valor para serraria, além de perdas em razão de ocos, tortuosidade e outros defeitos, bem como ocorrem perdas decorrentes do tempo de exposição nos pátios de estocagem, tanto por surgimento de rachaduras quanto ataque de patógenos. O volume não aproveitado em virtude de ocos foi de 358,1 m³, representados por 12 espécies, com destaque para as espécies Jataí-açu (23,9%), Tachi Vermelho (21,2%), Cupiúba (19,8%) e Maçaranduba (9,2%). O volume desperdiçado por rachaduras foi igual a 126,2 m³, destacando-se Maçaranduba (20%), Abiurana (14,7%), Andiroba (14,5%) e Jataí-açu (13,3%).

Emmert (2014) também relata que a intensidade de exploração sofreu perdas em função de árvores ocas. Em floresta privada no Amazonas, cerca de 17,1% das árvores selecionadas para exploração registraram ocos e totalizaram 1,739 m³ ha⁻¹, sendo estas exploradas independente de seu grau de aproveitamento, uma que vez que estão previstas no plano de manejo e sua derrubada promove a competição e surgimento de novos indivíduos, enquanto na Flona do Jamari a média de volume não explorado foi de 4,430

m³ ha⁻¹, apesar de apenas 6,7% das árvores selecionadas para exploração terem apresentado oco.

No presente estudo, em T1, Tachi Vermelho (14) e Fava Timborana (10) foram as espécies com maiores registros de ocos, representando 45,3% das árvores e 48,7% do volume não explorado no tratamento. As espécies Matamatá Jibóia e Urucu da Mata foram representadas por 4 árvores cada (7,5%) e os volumes não explorados foram iguais a 8,9% e 4,7%, respectivamente. Andiroba e Melancieira foram representadas por 3 árvores cada (5,7%), equivalente a 4,6% e 7,5% do volume, respectivamente. Outras 4 espécies foram representadas por 2 indivíduos ocos cada e as demais espécies, num total de 6, apresentaram apenas uma árvore oca.

A espécie Fava Timborana, conjuntamente com Andiroba e Virola se destacaram em termos de frequência de ocos no tratamento T3, apresentando o registro de 5 árvores ocas cada (16,1%). O maior volume foi observado para Andiroba (18,1%), seguido por Fava Timborana (17,5%) e Virola (10%). Tachi Vermelho, Fava Tucupi e Louro Vermelho apresentaram 4 (12,9%), 3 (9,7%) e 2 (6,5%) árvores entre as ocas, respectivamente, totalizando 30,0% do volume não explorado. Outras 7 espécies apresentaram uma árvore oca cada (3,2%), com destaque para Jatobá representando 8,2% do volume, contra 16,1% das demais espécies.

Higuchi (GEEA, 2010) sugere a remoção das árvores ocas para favorecer o crescimento de outras árvores mais saudáveis e habilitadas no processo de sucessão que se iniciará com a abertura da clareira e novas ofertas de recursos, apontando ainda que o balanço de carbono com a atmosfera é negativo, portanto uma fonte de emissão de carbono. É verdade que o engenheiro florestal deve ser um agente de intervenções na floresta, mas o desenvolvimento e adoção de tratamentos silviculturais devem se apoiar com especial enfoque nas espécies e grupos ecológicos a serem favorecidos nessas áreas, como forma de mitigar os impactos oriundos da derruba e promover a regeneração conforme demanda da produção florestal.

A identificação de tratamentos que indiquem maiores taxas de crescimento e o favorecimento de espécies comerciais em termos de abundância e área basal tem importante contribuição para o planejamento do próximo ciclo de exploração, com reflexos no estoque disponível para exploração e valor econômico da floresta. Na Flona do Tapajós, diversos estudos avaliaram o comportamento do crescimento de espécies de

características comercial, grupos ecológicos, níveis de exposição à luz e grau de danos, dentre outros (RUSCHEL 2008; GONÇALVES; SANTOS, 2008; COSTA et al 2007; 2008; OLIVEIRA et al 2005; PINHO et al 2004; CARVALHO 1999; 2000; CARVALHO et al 1986; 1999a; 1999b; 1999c; 2004; SILVA et al 1999; LOPES et al 1986).

4.5.2. Desperdício Volumétrico

O desperdício volumétrico nos dois tratamentos foi estimado em 584,4 m³ ou 8,3 m³ ha⁻¹, sendo o maior quantitativo atribuído ao volume proveniente das galhadas, igual a 545,8 m³ ou 7,7 m³ ha⁻¹ (93,7%). Em termos médios, o desperdício volumétrico por árvore explorada foi de 2,2 m³ (Tabela 4.8).

Em média, o volume de galhos (galhada) representa o equivalente a 36,8% (CV = 14,7%) do volume total estimado, e, em relação ao volume comercial estimado, a galhada é equivalente a 59,4% (CV = 21,9%), o que reforça a importância do aproveitamento dos resíduos da exploração florestal, que pode tornar o manejo florestal mais rentável e eficiente quando se considera os múltiplos usos, embora as estimativas de produtividade de galhadas não sejam de fácil obtenção (RIBEIRO, 2013; BORSOI et al., 2012; CAMPOS; LEITE, 2012; CAMPOS et al., 2001). O volume de resíduos de galhada observado por Jankauskis (1983) e Ribeiro (2013) são próximos ao registrado neste estudo, ou seja, 35,8% e 39,9% do volume explorado em tora, respectivamente.

Tabela 4.8. Desperdício volumétrico proveniente da altura de corte dos tocos e da galhada nas árvores exploradas dos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Desperdício Volumétrico									
Trat/UT	Toco			Galhada			Total		
	m³	m³ arv⁻¹	m³ ha⁻¹	m³	m³ arv⁻¹	m³ ha⁻¹	m³	m³ arv⁻¹	m³ ha⁻¹
T1/21	22,7	0,143	0,581	327,4	2,1	8,4	350,0	2,2	9,0
T3/22	15,8	0,150	0,520	218,5	2,1	7,2	234,3	2,2	7,7
Total	38,5	0,145	0,546	545,8	2,1	7,7	584,4	2,2	8,3

Neste estudo, a amostragem dos tocos remanescentes em campo gerou um volume total de 16,1 m³ ou 0,228 m³ ha⁻¹, com média de 0,142 m³ arv⁻¹. Os resultados obtidos para o tratamento T1 e T3 são próximos, 8,7 m³ (0,224 m³ ha⁻¹ e 0,135 m³ arv⁻¹) e 7,3 m³ (0,239 m³ ha⁻¹ e 0,152 m³ arv⁻¹), respectivamente. A extrapolação dos dados para tocos não mensurados em campo totalizou 38,5 m³, cerca de 0,546 m³ ha⁻¹ e 0,145 m³ arv⁻¹, de maneira que representam 6,3% do desperdício volumétrico total estimado (tocos e galhadas).

O volume comercial obtido a partir da equação ajustada por Ribeiro (2013) para estimativa do volume de galhada foi tida como satisfatória, apresentando coeficiente de correlação com os dados do romaneio igual a 0,91, coeficiente de ajuste (R^2) igual a 0,82 e erro padrão da estimativa (Syx) de 26,5%.

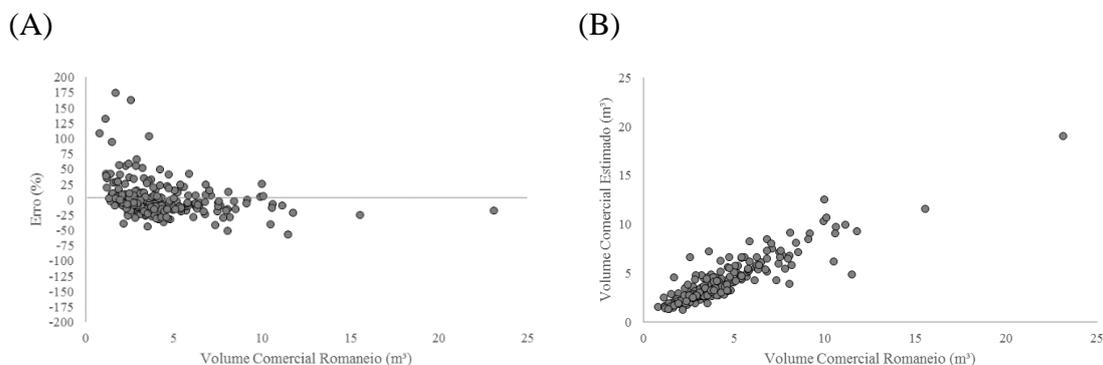


Figura 4.15. Dispersão dos resíduos percentuais da estimativa em relação ao volume comercial do romaneio (A) e relação entre volume comercial estimado e volume comercial romanceado (B) das árvores exploradas nos tratamentos T1 e T3, do sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Do desperdício volumétrico total (toco e galhada) gerado pela a exploração florestal, cerca de 59,9% pertence ao tratamento T1 e 40,1% ao T3, ou seja, 350,0 m³ (9,0 m³ ha⁻¹) e 234,3 m³ (7,7 m³ ha⁻¹), respectivamente. Avaliando a proporção entre volume de toco e volume de galhada no total do volume de resíduos registrado em cada tratamento, foi observado que o volume de galhos representou 93,7% em T1 e 93,6% em T3. O volume de galhada representou em média 36,7% do volume total das árvores no T1 e 37,0% no T3.

Do total de tocos registrados nos tratamentos (Tabela 4.9), 28 (24,8%) foram classificados em sapopemas e contribuíram com a maior parte do volume desperdiçado, ou seja, 7,0 m³ (0,250 m³ arv⁻¹). Os tocos com forma cilíndrica (48) somaram 4,7 m³ (0,099 m³ arv⁻¹) e os tocos irregulares (37) somaram e 4,3 m³ (0,117 m³ arv⁻¹). Essa relação entre forma do toco e volume de desperdício se manteve na área do segundo ciclo, mas em T3 o desperdício oriundo de tocos cilíndricos foi superior em relação aos de forma irregular, com maior destaque para tocos de árvores com sapopemas. Para T1, os tocos cilíndricos, irregular e com sapopemas representam 43,1%, 36,9% e 20,0% dos tocos amostrados, totalizando 2,4 m³ (0,086 m³ arv⁻¹), 2,9 m³ (0,121 m³ arv⁻¹) e 3,4 m³ (0,264 m³ arv⁻¹), respectivamente. Os tocos cilíndricos, irregulares e com sapopema representaram 41,7%, 27,1% e 31,3% do total amostrado em T3, contribuindo com 2,3 m³ (0,117 m³ arv⁻¹) 1,4 m³ (0,108 m³ arv⁻¹) e 3,6 m³ (0,237 m³ arv⁻¹).

Tabela 4.9. Forma, frequência, dimensões e volume de tocos amostrados nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Trat/UT	Forma	N	Ø médio (m)	H média (m)	m ³	m ³ arv ⁻¹	m ³ ha ⁻¹
T1/21	Cilindrico	28	0,72	0,20	2,4	0,086	0,062
	Irregular	24	0,81	0,23	2,9	0,121	0,075
	Sapopema	13	0,98	0,29	3,4	0,264	0,088
	Subtotal	65	0,83	0,24	8,7	0,135	0,224
T3/22	Cilindrico	20	0,78	0,19	2,3	0,117	0,004
	Irregular	13	0,79	0,21	1,4	0,108	0,004
	Sapopema	15	0,98	0,27	3,6	0,237	0,008
	Subtotal	48	0,85	0,22	7,3	0,152	0,239
Total Geral	Cilindrico	48	0,74	0,20	4,7	0,099	0,067
	Irregular	37	0,80	0,22	4,3	0,117	0,061
	Sapopema	28	0,98	0,28	7,0	0,250	0,099
	Subtotal	113	0,82	0,22	16,1	0,142	0,228

As dimensões dos tocos com sapopemas foram as maiores, com diâmetro médio (Ø médio) de 0,98 cm e altura média (H média) de 0,28 cm, mas, a metodologia de cálculo do volume pode não representar o real estoque em função das variações na sua forma, possivelmente superestimando esse valor. Tocos com forma irregular apresentaram média de diâmetro e altura iguais a 0,80 cm e 0,22 cm, respectivamente, e para tocos com forma cilíndrica esses valores foram de 0,74 cm e 0,20 cm. Em T1 foi possível observar tocos remanescentes do primeiro ciclo de exploração em 1979, em que a altura era de cerca de 1 m, o que demonstra que as diretrizes técnicas e o treinamento das equipes de derruba são importantes no sentido de aumentar o aproveitamento da madeira, bem como reduzir danos.

Ao nível de espécie, aproximadamente metade do volume de desperdício, isto é, 287,1 m³, foi distribuído entre cinco espécies: Andiroba (14,4%), Tauari Branco (13,4%), Melancieira (8,4%), Parapará (7,3%) e Fava Tucupi (5,6%). Um total de 15 espécies apresentaram percentual de desperdício volumétrico entre 5,0% e 1,0% e juntas somaram 239,5 m³, e outras 16 espécies contribuíram individualmente com menos de 1% do desperdício volumétrico total. As espécies que apresentaram maiores desperdício médio por árvore foram Jatobá, Tento Mulato, Mururé e Cumaru, com valores iguais a 3,8 m³, 3,3 m³, 3,2 m³ e 3,1 m³, respectivamente. As demais espécies (32) apresentaram desperdício médio por árvore entre 1,5 m³ e 2,9 m³.

Em T1, quatro espécies foram responsáveis por 49,7% do desperdício volumétrico: Tauari Branco (64,0 m³), Andiroba (45,3 m³), Melancieira (38,7 m³) e Matamatá Jibóia (25,9 m³), contudo, os maiores desperdícios por árvore explorada foram observados em Tento Mulato (3,3 m³ arv⁻¹), Mururé (3,2 m³ arv⁻¹) e Cumaru

(3,1 m³ arv⁻¹). As demais espécies (25) apresentaram desperdício médio por árvore entre 1,4 m³ e 2,9 m³.

Em T3, Andiroba, Fava Tucupi, Parapará e Jarana responderam por 50,1% do desperdício volumétrico, com os respectivos volumes: 38,8 m³, 32,6 m³, 29,6 m³ e 16,4 m³. Considerando o desperdício médio por árvore, o destaque se deu para Jatobá (3,8 m³ arv⁻¹), Tachi Vermelho (2,9 m³ arv⁻¹), Tauari Branco (2,9 m³ arv⁻¹), Quarubarana (2,8 m³ arv⁻¹) e Fava Tucupi (2,7 m³ arv⁻¹). As demais espécies (22) tiveram desperdícios em torno de 1,2 m³ arv⁻¹ e 2,5 m³ arv⁻¹.

Estudos sobre rendimento de madeiras provenientes de exploração florestal têm mostrado que além dos desperdícios resultantes da exploração, o processamento em serrarias convencionais nas indústrias madeireiras é considerado baixo, gerando grande volume de resíduos florestais não utilizados. Conforme Pereira et al. (2010), apenas 41% (5,8 milhões m³) da produção registrada em 2009 na Amazônia brasileira foi considerado rendimento de serraria. BRAZ et al. (2014) quantificaram os resíduos florestais da indústria madeireira a partir da literatura disponível sobre o assunto e concluíram que o rendimento médio de serraria está em torno de 36%, com variações entre as espécies e diretamente afetado pela qualidade da madeira, classe de diâmetro das toras e pelo produto final. No entanto, Garcia et al. (2012) estima um rendimento de 50% nas serrarias convencionais.

Na Flona do Tapajós, durante o primeiro ciclo de corte do sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Costa Filho (1980) apresentou que o rendimento em serraria para 21 espécies variou entre 46,8% e 62,1%, com média igual a 55,5%. Ribeiro (2013), nas UPA 5 e 7 da Flona do Tapajós, verificou que o potencial de aproveitamento das galhadas das árvores exploradas uso no setor moveleiro é, em média, de apenas 0,4 m³ para cada 1 m³ de madeira em tora e com rendimento em serraria em torno de 53%, contudo, entre as espécies testadas esse rendimento variou de 27,7% a 62,2%. Apesar de ser uma operação dispendiosa, a análise financeira da extração e beneficiamento dos resíduos apresentou que a atividade foi rentável em 62,5% dos cenários avaliados, indicando que o aproveitamento lenhoso, ao agregar valor ao produto, possibilita maior oportunidade de renda (RIBEIRO, 2013).

A utilização de técnicas de corte que visam minimizar os impactos da queda das árvores exploradas sobre a vegetação remanescente apresenta importante relação com os

danos e o desperdício volumétrico. Para as UPA exploradas pelo Projeto Tapajós entre 1999 e 2003, por exemplo, Pereira Junior (2006) relata importantes diferenças técnico-operacionais entre as áreas devido a implementação de treinamentos e formação de equipes permanentes ao longo dos anos, melhorando o rendimento das operações e reduzindo impactos. Nos primeiros dois anos da exploração, observou-se a utilização de corte reto ou convencional, realizada sem técnicas de corte, derruba direcionada, critérios ecológicos e segurança das equipes, com registro de grandes clareiras e danos à vegetação remanescente provocados pela queda da copa das árvores derrubadas. De 2001 em diante, no entanto, a derruba adotou técnicas de impacto reduzido, com queda direcionada, considerando critérios ecológicos e segurança dos manejadores, proporcionando menor danos ao dossel e árvores remanescentes.

De uma forma geral, os resíduos florestais têm grande importância para o setor energético (carvão e lenha), mas, as dimensões, propriedades da madeira e o elevado valor comercial das árvores amazônicas permitem o aproveitamento desses resíduos para usos mais nobres (SOUZA, 2009; MAGOSSO, 2007; JANKAUSKIS, 1983), contudo, esse aproveitamento ainda é incipiente, devido a falta de estrutura e tecnologia das serrarias e, também, pelo próprio desconhecimento do potencial de aproveitamento dos resíduos. Segundo Braz et al. (2014), o melhor aproveitamento dos resíduos florestais gerados ao longo da cadeia produtiva contribuiria para: a redução da pressão sobre novas áreas para exploração; a proteção e a conservação das florestas, a partir do combate a exploração predatória e aos desmatamentos ilegais; a geração de novas oportunidades de empreendedorismo dentro do manejo florestal e das práticas silviculturais; o crescimento da renda, pela criação de uma nova cadeia de produção com valor agregado.

4.5.3. Dimensionamento da Infraestrutura

O aumento da área total relativa à infraestrutura da exploração florestal em cerca de 20,6% em relação ao previsto no planejamento representou uma redução de apenas 0,21% da área efetiva (Tabela 4.10). Quanto a infraestrutura, a maior diferença entre a área planejada e a efetivamente implantada foi em relação a construção de estradas secundárias, onde houve um aumento de aproximadamente 46,9%, considerando os dois tratamentos. O maior aumento ocorreu em T3, na ordem de 65,5%, devido à maior largura e comprimento médios, e igual a 28,4% em T1. Com relação aos pátios de estocagem, as áreas construídas em T1 e T3 foram 12,1% e 3,6% menores que o planejado (Tabela 4.11)

Tabela 4.10. Comparativo entre as áreas de infraestrutura (pátios de estocagem e estradas secundárias) e de efetivo manejo planejadas (Plan.) e construídas (Infra) nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

UT	Pátios de Estocagem		Estradas Secundárias		Área Total		Área Efetivo Manejo	
	Plan.	Infra	Plan.	Infra	Plan.	Infra	Plan.	Infra
21	2.000	1.718,9	2.000	2.567,6	4.000	4.286,5	38,6	38,6
22	1.500	1.445,6	2.000	3.309,7	3.500	4.755,4	31,15	31,0
Total	3.500	3.164,5	4.000	5.877,4	7.500	9.041,8	69,75	69,6

Tabela 4.11. Comparativo entre as dimensões das infraestruturas (pátios de estocagem e estradas secundárias) planejadas (Plan.) e construídas (Infra) nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Trat/UT	Estrada Secundária				Pátio de Estocagem					
	Comprimento (m)		Largura (m)		Dimensões (m)				Média (m ²)	
	Plan.	Infra	Plan.	Infra	Plan.	Infra				
T1/21	250	271,7	4	4,7	20 x 25	21,5	22,9	18,1	20,3	429,7
T3/22	500	640,4	4	5,2	20 x 25	21,9	23,6	20,8	21,5	481,9

No âmbito do Projeto Tapajós, entre 1999 e 2003, as estradas secundárias foram previamente planejadas com base nos mapas da AMF, UPA e UT, apresentando largura média de 4 a 5 m e distância sistematizada em 500 m (PEREIRA JUNIOR, 2006). Segundo Sabogal et al. (2009), a largura das estradas secundárias deve estar entre 3,5 e 5 m, e a distância entre pátios não deve ser superior a 500 m., em que a melhor distribuição dos pátios objetiva menores tamanhos de pátio, desde que compatíveis com as características da produção. Portanto, o tamanho e a distribuição dos pátios implantados nos tratamentos T1 e T3 foram satisfatórios, propiciando eficiência e segurança no trabalho das equipes envolvidas, e as larguras das estradas secundárias apresentaram médias próximas ao limite máximo proposto por Sabogal et al. (2009).

No conjunto de glebas Mamuru-Arapiuns sob concessão florestal, municípios de Juruti e Santarém, Pará, Moraes (2014) apresentou que a largura das estradas secundárias construídas na UPA I variou entre 3,3 e 5 m, com média de $4,04 \pm 0,33$ m. Os resultados para as trilhas de arraste se mostraram similares, com média de $4,88 \pm 0,40$ m, variando entre 3,0 e 4,8 m. Com relação aos pátios de estocagem e clareiras, as áreas médias registradas foram de $481,96 \pm 88,41$ m² e $325,85 \pm 57,50$ m², respectivamente, variando entre 316,16 a 648,00 m² e 282,6 a 408,2 m².

4.5.4. Mudanças na Cobertura Florestal

4.5.4.1. Danos ao Dossel

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk identificou que a distribuição dos valores de abertura do dossel não é normal ($W = 0.93771$, $p\text{-value} = 4.761e-08$), sendo utilizado

o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para avaliação a um nível de 0,05 de significância das diferenças entre os tratamentos e os pontos medidos ao longo da direção de queda. A interação entre estes fatores não foi significativa. Os resultados da análise estatística são apresentados nas Tabela 4.12, Tabela 4.13 e Figura 4.16.

A comparação do efeito dos tratamentos na abertura do dossel foi significativa, em que a diferença observada para as áreas exploradas em relação a área testemunha foi superior ao limiar calculado para a diferença crítica. A comparação entre T1 e T3 não apresentou diferenças significativas. Ao longo da direção de queda, a média observada para os pontos registrados na posição da copa das árvores exploradas foi significativamente diferente às médias obtidas nos tocos remanescentes e na metade da altura comercial. A abertura do dossel não apresentou diferenças entre a porção central do fuste e o toco remanescente.

Tabela 4.12. Resultado do teste de Kruskal-Wallis para a significância (5%) do efeito dos tratamentos em função do grau de abertura do dossel na exploração do sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Comparação entre Trat.	Diferença Observada (a)	Diferença Crítica (b)	Diferença (a > b)
T1 – T3	5,82	22,54	Não
T1 - Testemunha	103,34	41,30	Sim
T3 - Testemunha	97,52	42,38	Sim

Tabela 4.13. Resultado do teste de Kruskal-Wallis para a significância (5%) do efeito da direção de queda em função do grau de abertura do dossel na exploração do sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Comparação entre Pontos	Diferença Observada (a)	Diferença Crítica (b)	Diferença (a > b)
Copa – Meio	27,50	25,11	Sim
Copa – Toco	49,78	25,11	Sim
Meio – Toco	22,28	25,11	Não

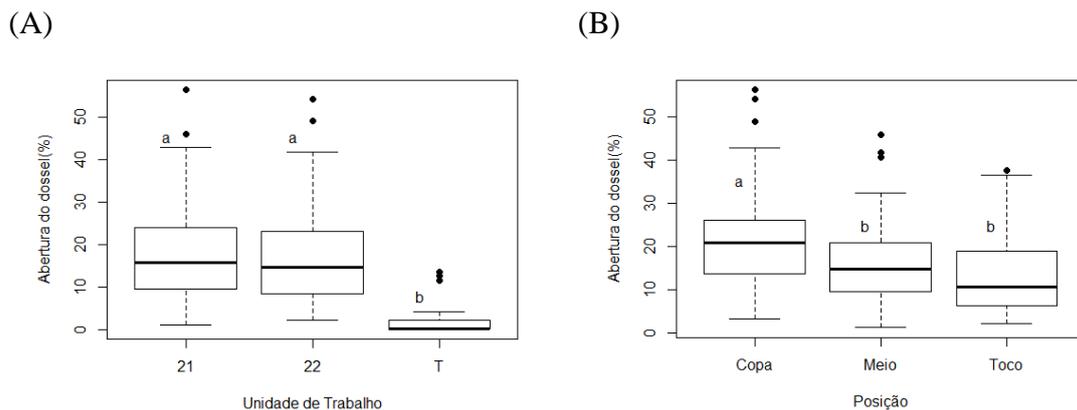


Figura 4.16. Gráfico *Boxplot* apresenta o primeiro, segundo e terceiro quartil, limites inferiores e superiores, e observações atípicas da distribuição dos dados referentes a abertura do dossel (%) em relação aos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) (A) e ao longo da direção de queda das árvores exploradas (B).

A abertura média do dossel foi igual a 17,32% em T1 e 16,88% em T3, enquanto em área testemunha (sem exploração) foi de 3,33% (Tabela 4.14). Em ambos tratamentos a maior média foi observada na copa, seguida pela medida no ponto central do fuste e no toco remanescente. Para T1, a abertura variou entre 1,20% e 56,32%, e em T3 o intervalo observado se encontra entre 2,24% e 54,24%, enquanto a área testemunha variou de 0,16% a 13,68%.

Tabela 4.14. Valores mínimos, máximos e médios da abertura percentual do dossel nas posições do toco remanescente, meio do fuste e copa de árvores exploradas nas UT 21 e UT 22, além de área testemunha, do sítio do km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Trat/UT	Posição	Abertura Dossel (%)			
		Mínimo	Máximo	Média	Média Geral
T1/21	Copa	3,28	56,32	21,15	17,32
	Meio	1,20	45,92	17,82	
	Toco	2,24	36,56	13,00	
T3/22	Copa	3,28	54,24	21,97	16,88
	Meio	2,24	40,72	14,79	
	Toco	2,24	37,60	13,89	
Testemunha	Testemunha	0,16	13,68	3,33	3,33

Emmert (2014) comparou o efeito da derruba com densiomêtro esférico antes e após a operação de derruba em floresta privada no Amazonas e na Flona do Jamari, Rondônia, e em ambas observou diferenças significativas entre as medições. O autor reforça que os danos observados em campo são inferiores à abertura real do dossel, pois a medida representa a projeção do dossel sobre o solo, não considerando o efeito da direção de queda sobre a floresta remanescente. Na floresta privada, a cobertura do dossel antes do corte era em média 85,7%, passando para 71,9% após a derruba das árvores. Na

Flona do Jamari, esses valores foram iguais a 89,9% e 80,5%, respectivamente. Nesse sítio o erro amostral foi de 39%, sendo necessárias mais 76 observações para satisfazer o erro admitido de 20%, refletindo diferenças com baixa significância entre as observações.

A comparação da cobertura do dossel em florestas de Paragominas-PA sob diferentes níveis de intervenção da exploração florestal e ocorrência de fogo mostrou que existem diferenças significativas para o estado de conservação dessas florestas (GERWING; VIDAL, 2002). A cobertura florestal em florestas ‘sem exploração’ e ‘moderadamente explorada’ foram estatisticamente iguais (98% e 97%), enquanto a cobertura média em floresta ‘explorada e intensamente queimada’ foi a menor (39%), seguido por floresta ‘intensamente explorada’ (63%) e floresta ‘explorada e levemente queimada’ (84%); estas diferiram estatisticamente entre si e em relação àquelas.

Pinagé (2013) demonstrou que pátios de estocagem (24%) e estradas primárias (20,4%) registraram as maiores médias do nível de abertura do dossel nas UMF I e II da Flona do Jamari-RO, devido a maior remoção da cobertura vegetal e exposição do solo e destacando que por isso essas áreas são as principais evidências de exploração florestal de possível detecção por imagens de satélite. A abertura de dossel média em floresta primária variou entre 9,8% e 10,9% entre as duas UMF, enquanto trilhas de arraste, estradas secundárias e clareira de árvores registraram abertura média de aproximadamente 12,3%, 14% e 13,9%, respectivamente.

Estudando a detecção das feições de exploração por imagens de satélite, Pinagé (2013) observou que o índice de vegetação NDVI apresentou resultados superiores em relação ao MSAVI e GEMI. As estatísticas de precisão dos modelos ajustados também indicaram o NDVI como o índice mais consistente com os dados de fotografias hemisféricas coletados em campo para estimativa da cobertura florestal, em que a abertura do dossel é maior em relação à estimativa a partir das fotografias hemisféricas, respectivamente iguais a 84,9% e 89,4%. Os coeficientes da regressão múltipla para a fração cobertura florestal derivado do NDVI e das fotografias hemisféricas foram significativos para os diferentes extratos de abertura do dossel, exceto para trilhas de arraste naquele primeiro caso, e em ambos cenários os pátios de estocagem e estradas primárias foram responsáveis pelas maiores fontes de variação.

O estudo da quantificação e avaliação da abertura do dossel na exploração da UPA I do conjunto de glebas Mamuru-Arapiuns sob concessão florestal indicou que áreas

não exploradas apresentam abertura do dossel média de 11,19%, enquanto áreas de clareiras abertas pela derruba das árvores representa média de abertura do dossel de 39,41% (MORAES, 2014). Este valor foi superior ao observado para as estradas secundárias (24,30%) e trilhas de arraste (16,51%), porém inferior em relação às áreas de pátio de estocagem (49,50%). Estes dados de abertura do dossel coletados em campo (fotos hemisféricas) foram corroborados quando comparados com o processamento digital de imagens pelo modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), sendo observada relação diretamente proporcional entre estes, em que os maiores teores de fração solo foi observado nos pátios de estocagem (71,85%), seguido pelas clareiras (69,5%), estradas secundárias (67,21%) e trilhas de arraste (66,43%), enquanto áreas não exploradas registraram média de 64% composto pela fração solo.

Dados Lidar para o dossel e sub-bosque obtidos para áreas de exploração em diferentes anos e áreas sem exploração em Paragominas-PA foi capaz de detectar o padrão característico da exploração através das estradas secundárias interligando pátios de estocagem, permitindo inclusive distinguir os anos da exploração (PINAGÉ et al., 2015). Áreas exploradas apresentaram maior tamanho e densidade de clareiras, e clareiras naturais foram captadas na área protegida de exploração. A diferença no número e área de clareiras não é significativa entre as explorações dos anos 2007, 2008 e 2010, porém diferem da área não explorada. O período de 5 anos parece ser suficiente para recuperação do sub-bosque, uma vez que não foi observado diferença significativa da exploração de 2007 com a área não explorada, embora entre os anos explorados haja diferenças. O tamanho médio dos polígonos foi maior em 2010 (96,9 m²), seguido por 2008 (62,5 m²) e 2007 (52,4 m²).

O uso de imagens de satélite e sensores remotos associados a recursos de geoprocessamento tem sido uma importante ferramenta na avaliação da qualidade da exploração florestal. Os estudos, em geral, objetivam desenvolver técnicas que permitam detectar e quantificar as mudanças na cobertura florestal a partir do cruzamento de informações coletadas em campo com o processamento digital de imagens (ASNER et al., 2015; 2005; 2002; PINAGÉ et al., 2015; CAVIGLIA-HARRIS et al., 2014; MATRICARDI et al., 2013; 2010; 2005; MONTEIRO et al., 2013; MONTEIRO; SOUZA JR, 2012; SOUZA JR et al., 2005; MENESES et al., 2012; SOUZA et al., 2011; ARAÚJO et al., 2013; PANTOJA et al., 2011; PANTOJA, 2010; CARDOSO et al., 2011;

MONTEIRO et al., 2011; SATO et al., 2011; GUIMARÃES; GOMES, 2011; BARBOSA et al., 2009; ALMEIDA et al., 2009; UHL; VIEIRA, 1989).

4.5.4.2. Danos à Vegetação

A Tabela 4.15 apresenta as áreas impactadas em cada tratamento explorado, em que se observa que a maior área impactada está relacionada à abertura de ramais, respectivamente iguais a 4,7 m e 5,2 m em T1 e T3. Em T1, a área impactada equivale a 9% da área do tratamento, e igual a 7,6% no T3.

Tabela 4.15. Estimativa de área impactada pela abertura de ramais de arraste, estradas secundárias, pátios de estocagem e total nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22) do sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Trat/UT	Áreas (m ²)			
	Ramais	Estradas Secundárias	Pátios	Total
T1/21	3,1	0,3	0,2	3,5
T3/22	1,9	0,3	0,1	2,4
Total	5,0	0,6	0,3	5,9

Os impactos decorrentes da implantação da infraestrutura, além de ocasionarem redução na área total de manejo efetivo (aproximadamente 7,4%), causou também redução na densidade de árvores de cada tratamento e, conseqüentemente, na área basal e no volume de madeira (Tabela 4.16.). O maior impacto sobre a comunidade arbórea ocorreu na área de T1, que teve maior número de árvores danificadas, sendo a maioria (91,8%,) registrada nos ramais ou trilhas de arraste. Em T3, embora os danos tenham sido menores que em T1, grande parte das árvores danificadas (88,2%) também foi encontrada nos ramais.

Tabela 4.16. Número de árvores, área basal e volume em termos absolutos e por hectare danificados com o impacto causado pela implantação de infraestruturas de exploração (abertura de pátios de estocagem, estradas secundárias e ramais de arraste) nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

Estrutura	T1						T3					
	N	N ha ⁻¹	m ²	m ² ha ⁻¹	m ³	m ³ ha ⁻¹	N	N ha ⁻¹	m ²	m ² ha ⁻¹	m ³	m ³ ha ⁻¹
Est. Sec.	49	1,3	2,69	0,07	26,6	0,68	50	1,6	2,77	0,09	27,5	0,87
Pátios	21	0,5	0,87	0,02	8,1	0,21	20	0,6	0,78	0,02	7,1	0,23
Ramais	787	20,2	81,3	2,08	873,1	22,39	514	16,3	38,3	1,22	397,8	12,63
Total	857	22,0	84,8	2,17	907,8	23,28	583	18,5	41,9	1,33	432,1	13,72

A Figura 4.17 apresenta a distribuição das árvores interceptadas pelas áreas de infraestrutura, ou seja, potencialmente suprimidas ou danificadas pela construção de pátios, estradas secundárias e trilhas de arraste.

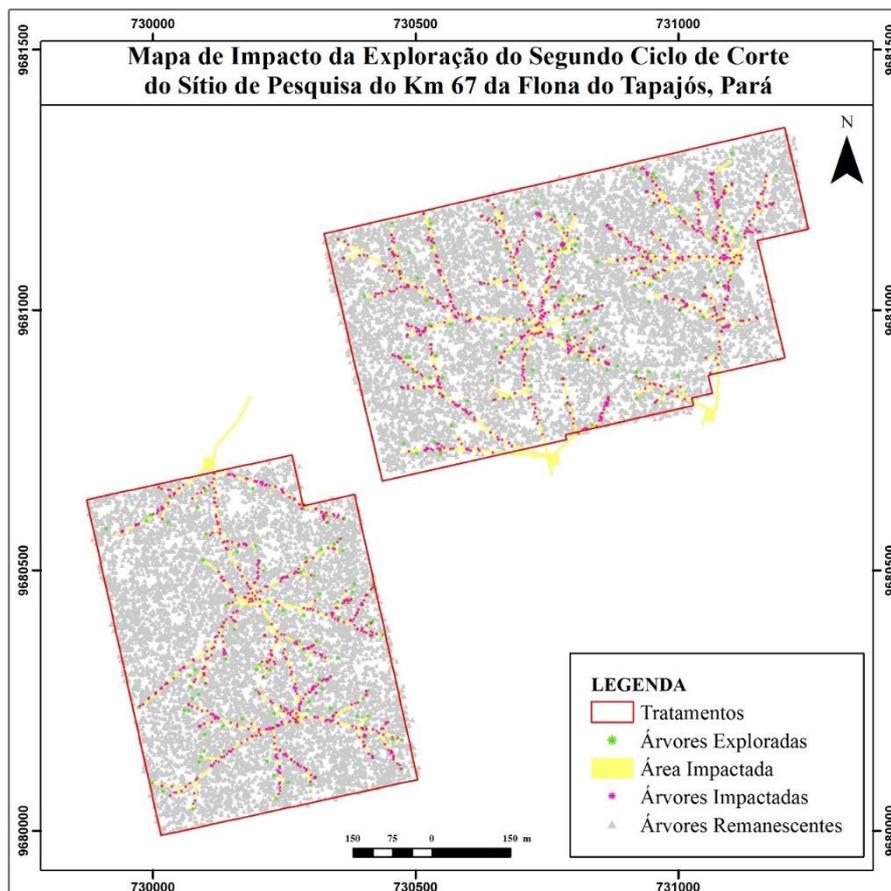


Figura 4.17. Mapa do impacto da exploração florestal associado a abertura de pátios de estocagem, estradas secundárias e ramais de arraste nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), no sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

O fato dos maiores danos terem sido registrados nos ramais de arraste era esperado, considerando que a abertura de maiores áreas implica maior remoção da biomassa florestal. A área impactada pelos ramais de arraste representa 87,6% em T1 e 81,2% em T3.

Em média, para cada árvore explorada, aproximadamente 5,4 e 5,5 árvores foram danificadas na exploração dos tratamentos T1 e T3. Na área do segundo ciclo de corte (T1), foi observado que para cada 1 m³ explorado, o dano foi de 1,4 m³, ao passo que no T3 essa relação foi de aproximadamente um para um m³.

Resultados semelhantes foram observados em outros estudos na Floresta Amazônica. Higuchi e Vieira (1990) verificaram que durante a exploração de 1,7% das árvores de uma floresta na Amazônia, 26% das árvores remanescentes foram danificadas, sendo que, destas, 12% perderam a copa, 11% foram arrancadas pelas máquinas florestais e 3,1% tiveram danos na casca. Durante a exploração seletiva de uma floresta em Paragominas-PA, Uhl e Vieira (1988) observaram que para cada árvore ou metro cúbico

explorado, 19 árvores ou 1,3 m³ eram danificados. Verissimo et al. (1989) também verificaram que para cada metro cúbico explorado em uma floresta em Tailândia (PA), 1,2 m³ eram danificados, contudo, constataram ainda que as maiores taxas de danos estavam associadas à construção de estradas (45%) e derruba das árvores exploradas (33%).

Em 2007, a UPA 02 da Flona do Tapajós foi explorada utilizando uma intensidade de corte de 12,17 m³ ha⁻¹. Esta intensidade ocasionou pouca redução na comunidade arbórea remanescente, em termos de densidade, área basal e volume (4,4%, 2,5% e 2,3%, respectivamente) e não afetou a distribuição diamétrica e a estrutura original da floresta. Três anos após a exploração foi observado que a mortalidade foi superior ao recrutamento em decorrência das operações de exploração, contudo, foram registrados incrementos em volume e diâmetro iguais a 4,5 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e 0,23 cm ano⁻¹, respectivamente, sendo que os maiores incrementos estavam relacionados com o grau de iluminação disponível e com a liberação dos cipós (ARAÚJO et al., 2011).

Em área de manejo florestal experimental do sítio km 114 da Flona do Tapajós, Carvalho et al. (1999) observaram que um ano após a exploração o volume de madeira da área apresentou redução de 28%, sendo que, destes, 5% (15,5 arv ha⁻¹) correspondem aos danos da exploração. Na área onde árvores com DAP ≥ 45 cm foram exploradas, a exploração de 14 arv ha⁻¹ ocasionou danos da ordem de 15,7%, 13% e 15% no número total de árvores, área basal e volume, respectivamente, enquanto na área onde árvores com DAP ≥ 55 cm foram exploradas em intensidade de 11 arv ha⁻¹, os danos foram de 9,1%, 6% e 4%.

MARTINS et al. (1997) avaliou que 22,9% das árvores remanescentes por hectare foram severamente danificadas em uma exploração convencional, sendo a maior parte registrada durante a derruba das árvores (46%), apresentando proporção de 38 árvores danificadas a cada uma árvore explorada por hectare, uma perda de 25,7 m³ ha⁻¹. As árvores danificadas foram classificadas quanto a tronco quebrado (44), dano severo na casca (30) e raiz arrancada (24), sendo que 66% e 67% apresentavam fustes sem defeitos e em bom estado fitossanitário, respectivamente.

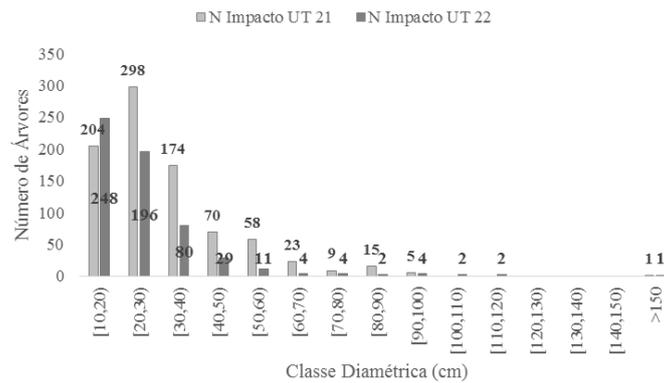
Em relação ao estoque remanescente da floresta após a exploração florestal (ver Figura 4.2), o impacto da exploração na estrutura da vegetação foi maior no tratamento T1. A área impactada representou uma redução de 8,9%, 10,5% e 10,6% dos estoques em

número de árvores, área basal e volume registrados no censo florestal, enquanto para T3 a redução foi da ordem de 6,8%, 6,0% e 5,9%, respectivamente. A Figura 4.18 ilustra a distribuição diamétrica dos estoques em número de árvores, área basal e volume impactados pela exploração florestal nesses tratamentos.

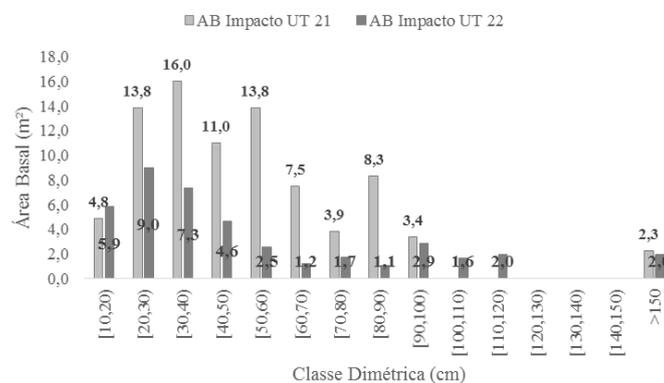
Foi observado que o planejamento ao nível de quadra, apesar de propiciar menores distância de arraste, desconsidera a proximidade entre árvores localizadas em diferentes quadras, ou seja, um mesmo ramal poderia proporcionar o arraste de árvores em áreas limítrofes entre as quadras. Desse modo, seria esperado que o número de ramais primários e secundários abertos seja reduzido, e, por conseguinte deve ser observado um menor impacto sobre a floresta remanescente. Sobre as diretrizes de exploração florestal, Sabogal et al. (2009) afirmam que o arraste está entre as atividades exploratória mais impactantes, e sugerem que para a redução dos impactos e otimização da operação a distância de arraste deve ser de até 250 m, com ramais secundários preferencialmente delimitados em ângulos oblíquos em relação aos ramais principais, em até 35°, evitando danos a vegetação lateral e o desgaste excessivo das máquinas durante a operação.

Embora neste estudo o comprimento médio dos ramais tenha sido inferior a 250 m, alguns ramais superaram esse limite, principalmente em função das estradas secundárias, e também pelo fato dos pátios de estocagem não estarem alocadas nos limites entre as quadras dos tratamentos, ou seja, por não seguir um padrão retilíneo, a distância de arraste foi desigual entre as quadras devido alguns ramais principais terem sido planejados na diagonal da quadra (distância observada do pátio de estocagem até a árvore mais distante da quadra).

(A)



(B)



(C)

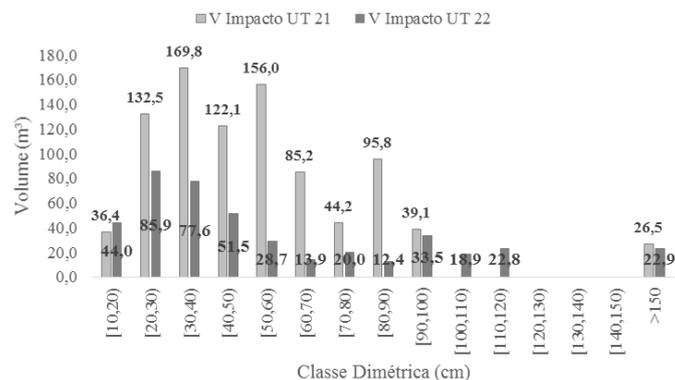


Figura 4.18. Distribuição diamétrica das estimativas dos estoques em número de árvores (A), área basal (B) e volume (C) impactados pela construção da infraestrutura de exploração e ramais de arraste nos tratamentos T1 (UT 21) e T3 (UT 22), do sítio km 67 da Flona do Tapajós, Pará.

No tratamento T1 foram abertos 23 ramais primários e 48 ramais secundários, nos quais foram realizados o arraste de 64 e 93 árvores, respectivamente, somando 5.949,3 m de comprimento. Outras duas árvores foram derrubadas nas margens das estradas secundárias e arrastadas diretamente por estas. Nos ramais principais o comprimento médio foi de 148,1 m, variando desde 14,5 m até 415,4 m, e o número de árvores

arrastadas por o ramal esteve entre 1 e 25, com média de 7 árvores. Para os ramais secundários, que apresentaram também 8 ramificações em ramais terciários, o comprimento médio foi de 53,0 m, sendo o mais curto igual a 9,3 m e o mais longo de 211,0 m, apresentando média de 2 árvores arrastadas por ramal, variando entre 1 a 7 árvores.

O arraste no tratamento T3 abriu 18 ramais primários nos quais foram carregadas 42 árvores e 33 ramais secundários para o arraste de 61 árvores, além de 3 árvores arrastadas ao longo da estrada secundária, totalizando uma abertura de 4.202,9 m de comprimento. O número de árvores arrastadas por ramal principal variou entre 1 a 21, com média de 5 árvores por ramal, que apresentaram comprimento médio de 129,8 m, com intervalo entre 27,8 e 291,0 m. Os ramais secundários mediram entre 8,7 e 264,2 m de comprimento, com média de 52,6 m, promovendo o arraste de 2 árvores por ramal, variando entre 1 e 6 árvores. Assim como em T1, também foram abertas 8 ramificações a partir dos ramais secundários.

Para Machado (2005), o manejo florestal sustentável tem seus objetos mais facilmente atingido quando minimiza os impactos sobre as propriedades dos solos. Considerando que os aspectos físicos do solo são responsáveis por promover condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas, as áreas de pátio e trilhas de arraste têm sido apontadas como locais com maior densidade e compactação do solo, redução da microporosidade e da disponibilidade de água, bem como alteração dos teores nutricionais da serapilheira e do solo (BOMFIM, 2013; EMMERT, 2014; BRADY; WEIL, 2008; HIRAI, 2008; MELLO-IVO; ROSS, 2006).

No que se refere à dinâmica pós-exploração florestal, a recuperação da vegetação observa diferenças no crescimento ao nível de espécie e por grupos ecológicos, em função de importantes fatores como a disponibilidade de luz, propriedades físicas e químicas do solo, grupos ecológicos predominantes, características das espécies, grau de sanidade das árvores e grau de distúrbios na floresta, entre outros. Nesse sentido, o maior impacto é atribuído às áreas onde há trânsito de máquinas, em que além de grande remoção de biomassa, ocorrem também importantes danos ao solo florestal.

O monitoramento das UPA 03, 04 e 05 da Flona do Tapajós apresentou taxa de mortalidade 59% superior ao ingresso de novos indivíduos, avaliando que a abertura do dossel reduziu a competição e favoreceu o crescimento em diâmetro, entre 0,28 e

0,48 cm ano⁻¹, em área basal, 0,37 a 0,67 m² ha⁻¹ ano⁻¹, e incremento em volume, entre 4,4 e 8,1 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (PILATO et al., 2011). Observou-se maiores taxas de crescimento para aqueles indivíduos em condição de maior exposição à luz, com copas bem formadas, sem danos e sem cipós. Segundo Silva (1989), o desenvolvimento das árvores em função da abertura do dossel ocorre até quatro anos após a exploração, quando o fechamento das copas aumenta a competição entre árvores e diminui o crescimento médio em diâmetro de todas as espécies. Para o autor, após oito anos da exploração, árvores com iluminação total obtiveram crescimento 30% superior em relação a árvores parcialmente sombreadas e 57% maior que árvores totalmente sombreadas.

No experimento de manejo florestal do km 114 da Flona do Tapajós, Oliveira (2005) observou que o balanço entre ingresso e mortalidade foi positivo entre o quinto e sétimo ano após a exploração, quando as taxas de mortalidade apresentaram acentuada redução e as taxas de ingresso foram crescentes. O crescimento em termos de diâmetro, área basal e volume na área testemunha foi superado pelas áreas submetidas à intervenção, podendo estar correlacionado com a abertura do dossel promovida pela exploração florestal que favorece o crescimento das árvores remanescentes ao reduzir a competição por recursos.

O estudo de Costa et al. (2008) sobre o crescimento de árvores após a exploração experimental de 64 ha no sítio do km 67 da Flona do Tapajós, considerando o período de monitoramento entre 1981 e 1997, mostrou que espécies intolerantes à sombra registraram taxas de crescimento mais elevadas, 0,60 cm ano⁻¹, ao passo que espécies tolerantes à sombra apresentaram crescimento da ordem de 0,23 cm ano⁻¹. Com relação às espécies comerciais, o crescimento médio em diâmetro das árvores expostas a iluminação total foi 57% e 80% maior que árvores parcialmente sombreadas e totalmente sombreadas. As árvores classificadas como sem danos registraram crescimento de 0,32 cm ano⁻¹, valor 32% e 90% maior que para as árvores das classes de danos leves e danos severos, respectivamente, enquanto o crescimento médio de árvores livres de cipós superou o das árvores com cipó presente (mas sem causar danos) em 33% e em 88% quando comparado às árvores infestadas por cipós.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

- Apesar da exploração experimental realizada em 1979 ter alterado a composição florística e estrutura original da floresta, o estoque comercial disponível de

69,7 m³ ha⁻¹ viabilizou a exploração do segundo ciclo. A comparação entre a exploração florestal realizada nos tratamentos de primeiro e segundo ciclo de corte apresentaram similaridades que corroboram a recuperação da floresta após 35 anos de exploração;

- A decisão pela intensidade de exploração mais conservadora foi ponderada em razão da intensidade de corte executada em 1979, do contrário, haveria número de árvores e volume suficientemente grandes para atingir a intensidade de corte planejada. O manejo sustentável da floresta primou por garantir a capacidade da dinâmica florestal de promover a recuperação dos estoques colhidos para os próximos ciclos de exploração e ampliação do conhecimento acerca da produção madeireira na Amazônia brasileira;
- A exploração de 1.083,4 m³ representou médias de 16,5 m³ ha⁻¹ e 14,0 m³ ha⁻¹ nos tratamentos T1 e T3, cerca da metade do limite máximo passível de exploração permitido por lei de 30 m³ ha⁻¹. O volume e frequência de árvores ocas teve importante influência na redução da intensidade de exploração praticada em relação à planejada, com maior destaque na área de segundo ciclo de corte. As espécies exploradas em T1 e T3 também participaram, em sua maior parte, da exploração realizada em 1979 e cerca de 52,8% destas foram comuns aos dois tratamentos. Entre os tratamentos foi possível observar diferenças quanto às espécies com maior frequência de ocos e desperdício volumétrico;
- Os tempos dos elementos das operações de corte e arraste apresentaram resultados próximos, porém superiores em T1. Como consequência, a eficiência operacional e rendimento dos ciclos operacionais registrados também foi próxima entre os tratamentos, e, apesar de terem apresentados valores consideravelmente altos, pôde-se inferir que o desempenho operacional foi afetado pelas diferenças relacionadas a estrutura florestal dos tratamentos, que resultaram em maior produtividade das operações no tratamento em primeiro ciclo de corte em função do maior diâmetro médio;
- O custo operacional da exploração florestal, num total de 609,38 US\$ ha⁻¹, foi largamente afetado pelos custos fixos (84,7%), que consideram a depreciação das máquinas e equipamentos e juros e seguros dos mesmos. O custo de produção da exploração, por sua vez, foi calculado em 0,34 US\$ m⁻³, sendo a operação de arraste/romaneio a mais onerosa (76,6%).

- O desperdício volumétrico de 8,3 m³ ha⁻¹ (93,7% proveniente das galhadas), o aumento da área de infraestruturas prevista no POA em 20,5% e os danos (árvores com DAP ≥ 15 cm) da ordem de 19,0 m³ ha⁻¹, demonstram haver necessidade de melhorar a qualidade da exploração realizada nesse sistema produtivo a partir de novas tecnologias e práticas de exploração, em particular quando se considera as características e potencial de aproveitamento desse material, possibilitando agregar valor à produção e aumentar receitas, e os impactos sobre a floresta remanescente;
- Existem importantes lacunas de conhecimento acerca do manejo florestal. Em especial quando se trata de áreas em segundo ciclo de produção, uma vez que a regulação da produção florestal na Amazônia passou a ser objeto de estudo apenas no final dos anos 70 e início dos 80. Apesar dos enormes avanços já obtidos, pouco se sabe, por exemplo, sobre o comportamento das espécies na dinâmica pós-exploração, e, mais importante, como a demanda do mercado consumidor afeta a seleção de espécies nos planos de manejo e seus efeitos práticos na sustentabilidade da atividade. Nesse sentido, o monitoramento periódico após a exploração deverá ser realizado para avaliação do desenvolvimento da floresta e das taxas de crescimento das espécies e grupos ecológicos, das mudanças na composição florística e da estrutura da floresta, e do balanço entre mortalidade e ingresso de árvores, fornecendo informações sobre a dinâmica florestal ao longo do tempo com vistas ao fomento do manejo florestal e planejamento do terceiro e segundo ciclos de corte em T1 e T3, respectivamente.
- Sugere-se, e é esperado, que novos estudos contribuam para engrandecer a base teórica acerca do tema, com especial enfoque na viabilidade econômica e ambiental de florestas em segundo ciclo de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C. A.; PINHEIRO, T. F.; BARBORA, A. M.; ABREU, M. R. B. S. de; LOBO, F. de L.; GOMES, A. R.; SADECK, L. W. R.; MEDEIROS, L. T. B. de; NEVES, M. F.; SILVA, L. de C. T. da; TAMASAUSKAS, P. F. L. F. **Metodologia para mapeamento de vegetação secundária na Amazônia Legal**. São José dos Campos-SP: INPE, 32p. 2009.
- AMARAL, P.C.; VERISSIMO, J.A. de O.; BARRETO, P.G.; VIDAL, E.J.S. **Floresta para sempre: um manual para produção de madeira na Amazônia**. Belém: IMAZON, 1998. 137p.

- AMARAL, P.; PINTO, A. **Manejo florestal como base para produção e conservação Florestal na Amazônia.** In: CASES, M. O. (Org.). Gestão de Unidades de Conservação: compartilhando uma experiência de capacitação. WWF-Brasil / IPÊ–Instituto de Pesquisas Ecológicas. WWF-Brasil, Brasília, p. 265-278, 2012.
- ASNER, G. P.; KELLER, M.; PEREIRA, R. ZWEEDE, J. C. Remote sensing of selective logging in Amazonia Assessing limitations based on detailes field observations, Landsat ETM+, and textural analysis. **Remote Sensing of Environment**, n. 80, p. 483-496. 2002.
- ASNER, G. P.; KNAPP, D. E.; BROADBENT, E. N.; OLIVEIRA, P. J. C.; KELLER, M.; SILVA, J.N. Selective logging in the Brazilian Amazon. **Science**, vol 210, 2005. p. 480-482.
- ASNER, G. P.; MARTIN, R. E.; ANDERSON, C. B.; KNAPP, D. E. Quantifying forest canopy traits: Imaging spectroscopy versus field survey. **Remote Sensing of Environment**, n. 158, p.15-27. 2015.
- ARAÚJO, L. S.; KELLER, M.; d'OLIVEIRA, M. V. N.; VICTORIA, D.; MORTON, D.; TAKEMURA, C. M.; HUNTER, M. O. **Dados Lidar e análise orientada a objeto no monitoramento de manejo florestal.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto –SBSR, Foz do Iguaçu-PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. p. 6171-6177. 2013.
- ARIMA, E.; BARRETO, P. **Rentabilidade da produção de madeira em terras públicas e Privadas na região de cinco florestas nacionais da Amazônia.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 49 p.
- AZEVEDO, C. P. de. **Dinâmica de florestas submetidas ao manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná. Paraná, Curitiba. 254 p. 2006.
- BARBOSA, A. M.; SALUM, M. R.; ALMEIDA, C. A.; VALERIANO, D. de M. **Identificação multitemporal da exploração seletiva de madeira na Floresta Nacional do Jamari-RO.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal-RN, Brasil, 25 a 30 de abril, INPE, p. 5625-5632. 2009.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho.** 6ed. São Paulo: Edgard Bluncher, 1977. 635 p.
- BARRETO, G. P.; UHL, C.; YARED, J. A.G. **O potencial de produção sustentável de madeira em Paragominas - Pará; Amazônia Oriental: considerações ecológicas e econômicas.** In: CONGRESSO FLORESTALPANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTALBRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: 1993. p.387-392.
- BARRETO, P.; AMARAL, P.; VIDAL, E. UHL, C. Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 1998, 108:9–26.
- BARRETO, P.; PINTO, A.; BRITO, B.; HAYASHI, S. **Quem é dono da Amazônia? Uma análise de recadastramento de imóveis rurais.** IMAZON: Belém, 2008. 74p.
- BARROS, A. C.; VERÍSSIMO A. A. **A expansão madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento do Pará.** IMAZON. Belém; 2002.

- BARROS P. L. C., NUMAZAWA S., BARROS, D. S. **Quantificação de resíduos de exploração e de árvores de queda natural em florestas manejadas na Amazônia: O caso Cikel Brasil Verde Madeiras.** Relatório técnico; 2007.
- BARROS P. L. C., NUMAZAWA S., FERREIRA, J. E. R.; BARROS, D. S. **Resíduos de exploração em florestas manejadas na Amazônia: O caso Cikel Brasil Verde Madeiras.** Relatório técnico; 2009.
- BOLTZ F., HOLMES P.T.; CARTER, D.R. Economic and environmental impacts of conventional and reduced-impact logging in Tropical South America: a comparative review. **Forest Policy and Economics.** 2003.5:69-81.
- BOMFIM, B. D. O. **Atributos do solo e da serrapilheira em área de floresta de terra firme sob manejo florestal explorada de 2003 a 2009 no Estado do Amazonas.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília. 2013. 106 p
- BORSOI, G.A.; MÜLLER, B.V.; BRENA, D.A. Equações de volume para galhos de espécies em diferentes grupos de valor econômico em uma Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.8, n.3, p. 869-878. 2012.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. C. Soil Architecture and Physical Properties. In: **BRADY, N. C. WEIL. R. C.** (Ed.) *The Nature and Properties of Soils.* 14th Edition. Pearson Education, Prentice Hall. 2008. 975 p.
- BRAND, M. A., MUÑIZ, G. I. B, SILVA, D. A., KLOCK, U. Caracterização do rendimento e uantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Revista Floresta**, v.32, n.2, p. 247-259. 2002.
- BRASIL, 1953. Decreto Lei nº 1.806 de 6 de janeiro de 1953. **Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia**, cria a superintendência da sua execução e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1950-1959/lei-1806-6-janeiro-1953-367342-norma-pl.html> (Acesso em 14/06/2015).
- BRASIL, 1965. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo Código Florestal.** Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771impresao.htm (acesso em 01 de novembro de 2014).
- BRASIL. Lei n. 5173, de 27 de outubro de 1966. **Dispõe sobre o plano de valorização econômica da Amazônia;** extingue a Superintendência do Plano de Valorização da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e dá outras providências.
- BRASIL, 1970. Decreto-Lei nº 1.106 de 16 de junho de 1970. Cria o Programa de Integração Nacional e dá outras providências. Disponível em www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1970-1979/decreto-lei-1106-16-junho-1970-375379-publicacaooriginal-1-pe.html (acesso em 04 de novembro de 2014).
- BRASIL, 1974. Decreto nº 73.684 de 19 de fevereiro de 1974. Cria a Floresta Nacional do Tapajós e dá outras providências. Disponível em www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/flona_tapajos.pdf (acesso em 22/10/2014).

- BRASIL, 2000. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC** e dá outras providências. Disponível em www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm (acesso em 02/11/2014).
- BRASIL, 2006a. Decreto 5975 de 30 de novembro de 2006. **Regulamenta os arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965**, o art. 4o, inciso III, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, o art. 2o da Lei no 10.650, de 16 de abril de 2003, altera e acrescenta dispositivos aos Decretos nos 3.179, de 21 de setembro de 1999, e 3.420, de 20 de abril de 2000, e dá outras providências. Disponível em www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5975.htm (acesso em 09 de outubro/2013).
- BRASIL, 2006b. Lei nº 11.284 de 02 de março de 2006. **Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável** e dá outras providências. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11284.htm (acesso em 09 de outubro/2013).
- BRASIL.2006c. Instrução Normativa nº 4. Brasília: [s.n.], 2006
- BRASIL.2006c. Instrução Normativa nº 5. Brasília: [s.n.], 2006
- BRASIL. 2007. Decreto nº 6.063 de 20 de março de 2007. Regulamenta, no âmbito federal, dispositivos da Lei no 11.284, de 2 de março de 2006, que dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável, e dá outras providências.
- BRASIL, 2012. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Novo Código Florestal**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm (acesso em 09 de outubro/2013).
- BRAZ, E.M. **Planejamento da exploração em florestas naturais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 32p. (Embrapa Florestas, Documento 118).
- BRAZ, E.M.; FIGUEIREDO, E.O.; OLIVEIRA, M.V.N.; PASSOS, C.A.M. **Manejo florestal de precisão: modelo digital de exploração e manejo de florestal naturais**. In: FIGUEIREDO, E.O.; BRAZ, E.M.; OLIVEIRA, M.V.N (eds). *Manejo de precisão em florestas tropicais: modelo digital de exploração florestal*. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. 183p.
- BRAZ, R. L.; NUTTO, L.; BRUNSMEIER, BECKER, G.; SILVA, D. A. Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia - uma análise da cadeia produtiva. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. Vol 5, n. 2. 2014. p 168 - 181.
- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G.; SILVA, G.F.; SOARES, C.P.B.; CARNEIRO, J.A. Estimção de volumes do tronco e da copa de árvores de povoamentos mistos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 223-230, 2001.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2ed. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.
- CARDOSO, G. F.; COSTA, J. A. da; VIANA, J. da S.; TANCREDI, N. S. H. **Uso de imagens NDFI para identificar áreas de exploração irregular de madeira em ações de fiscalização**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto _SBSR, Curitiba-PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE. p. 2856-2862. 2011.

- CARVALHO, J. O. P. **Classificação em grupos ecológicos das espécies mais importantes em uma área da Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, PA.** Comunicado Técnico nº 41. Belém: Embrapa CPATU.
- CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M; LOPES, J.C.A. **Redução da densidade de uma floresta tropical úmida densa devido à exploração mecanizada.** Anais Simpósio do Trópico Úmido. Belém: Embrapa CPATU, 1986. p.269-281.
- CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M; LOPES, J.C.A. **Dinâmica da diversidade de espécies em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira relacionada à intensidade de exploração.** Simpósio Silvicultural na Amazônia Oriental: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID. Documentos Nº 123 (ISSN 0101-2835). Belém, 1999a. p. 167-173.
- CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M; LOPES, J.C.A. **Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal.** Simpósio Silvicultural na Amazônia Oriental: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID. Documentos Nº 123 (ISSN 0101-2835). Belém, 1999b. p. 174-179.
- CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M; LOPES, J.C.A. **Danos de exploração mecanizada em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira.** Simpósio Silvicultural na Amazônia Oriental: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID. Documentos Nº 123 (ISSN 0101-2835). Belém, 1999c. p. 216-220.
- CARVALHO, J.O.P.; SILVA, J.N.M; LOPES, J.C.A. Growth rate of a terra firme rain forest in brazilian amazonia over na eight-year period in responde to logging. **Acta Amazonica**, vol 34(2), 2004, p. 209-217.
- CAVIGLIA-HARRIS. J. L.; TOOMEY, M.; HARRIS, D. W.; MULLAN, K.; BELL, A. R.; SILLS, E. O.; ROBERTS, D. A. Detecting and interpreting secondary forest on an old Amazonian frontier. **Journal of Land Use Science**, Vol. 10, Iss. 4, 2014.
- CHAUVEL, A.; GRIMALDI, M. & TESSIER, D. Changes in soil pore-space distribution following deforestation and revegetation: An example from the Central Amazon Basin, Brazil. **Forest Ecology. Management**. 38:1-14, 1990.
- CLEMENT, C.R.; HIGUCHI, N. A floresta amazônica e o futuro do Brasil. **Ciência e Cultura**, 58(3):44-49. 2006.
- COSTA, D. H. M.; CARVALHO, J. O. P.; VAN DEN BERG, E. Crescimento diamétrico de Maçaranduba (*Manilkara huberi* Chevalier) após a colheita de madeira. **Amazônia Ciência e Desenvolvimento**, vol. 3, n. 5, 2007. p.65-76.
- COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de. Crescimento de árvores em uma área de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós após a colheita de madeira. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 50, 2008. p. 63-76.
- COSTA FILHO, P.P. **Exploração mecanizada da Floresta Tropical Úmida sem Babaçu.** Belém: Embrapa-CPATU, Circular Técnica, 9. 1980. 39p.
- DYKSTRA, P. D.; HEINRICH, R. **FAO model code of forest harvesting practice.** Roma: FAO. 85p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Manual de vistoria de campo para planos de**

- manejo florestal madeireiro na Amazônia.** Embrapa Amazônia Ocidental: IBAMA, 2006. 106p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Projeto TerraClass 2012. Mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal brasileira.** Brasília: novembro de 2014. Disponível em http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/TerraClass_2012_26nov2014.pdf (Acesso em 01/12/2015).
- EMMERT, F. **Combinação de dados de campo e métodos computacionais para o planejamento da exploração florestal na Amazônia.** Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, DF. 2014. 190p.
- FEARNSIDE, P. M. Amazon forest maintenance as a source of environmental services. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** n. 80. 2008. p. 101 – 114.
- FILHO, A.C. et al.. A Floresta e o Clima. In: HIGUCHI, M.IG.; HIGUCHI, N. (Eds.). **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental.** INPA/CNPq. 2004. 146p.
- FUNDAÇÃO FLORESTA TROPICAL - FFT. **Manual de Procedimentos Técnicos para Condução de Manejo Florestal e Exploração de Impacto Reduzido.** Belém: FFT, 2002.
- FUNDAÇÃO FLORESTA TROPICAL – FFT; CIKEL; PRECIOUS WOOD. Manejo florestal sustentável e exploração de impacto reduzido na Amazônia brasileira. **Revista Elo.** 2006. Disponível em www.revistaelo.com.br/downloads/manejo-sustentavel.pdf
- GACHOT, R. **O programa da Missão Florestal da FAO na Amazônia.** Anuário Brasileiro de Economia Florestal (ABEF/INP), Rio de Janeiro, v.5, p. 245-248, 1952.
- GARCIA, F.M.; MANFIO, D.R.; SANSÍGOLO, C.A.; MAGALHÃES, P.A.D. Rendimento no desdobro de toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e Tauari (*Couatari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 468-474. 2012.
- GRUPO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS AMAZÔNICOS – GEEA. Setor madeireiro e desenvolvimento sustentável na Amazônia. (org.: Adalberto Luis Val; Geraldo Mendes dos Santos). **Caderno de Debates**, Tomo III, Manaus INPA, 2010. 190p.
- GERWING, J.J.; FARIAS, D.L. Integrating liana abundance and forest stature into an estimate of aboveground biomass for an eastern Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology.** 16(3):327-336. 2000.
- GERWING, J. J.; VIDAL, E. **Degradação de florestal pela exploração madeireira e fogo na Amazônia.** Série Amazônia nº 20. Belém: Imazon, 2002. 26p.
- GONÇALVES, F. G.; SANTOS, J. R. dos. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Acta Amazonica**, vol. 38 (2), 2008. p.229-244.
- GRAAF, N. R.; ELDIK, T.V. **Sustainable Management of Tropical Rainforest: The CELOS Management System.** Precious Wood. In: WERGER, M. J. A. Paramarimbo, Suriname: Trompends International, 2011. 282 p.

- GUIMARÃES, U. S.; GOMES, A. R. **Deteccão de exploração seletiva de madeira utilizando os satélites Landsat 5 TM e ResourceSat 1 LISS-3 em áreas de manejo florestal do leste do Estado do Acre, Brasil.** INPE, Centro Regional da Amazônia. 2011.
- HEINSDIJK, D.; BASTOS, A.M. **Inventários Florestais na Amazônia.** Rio de Janeiro: Boletim do Serviço Florestal, 6: 1-100. 1963.
- HEINSDIJK, D. **Forest Inventory:** Report to the Government of Brazil. Rome: FAO, 1966. 24 p.
- HIGUCHI, N; VIEIRA, G. **Manejo sustentado da floresta tropical úmida de terra firme na região de Manaus. Um projeto de pesquisa do INPA.** In: Congresso Florestal Brasileiro, 6, Campos do Jordão, 1990. Anais do Congresso Florestal Brasileiro. Campos do Jordão: SBS/SBEF. 1990. P. 34-37.
- HIGUCHI, N. Utilização de manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas. **Acta Amazônica**, 24(3-4): 1994. p.275-288.
- HIGUCHI, N. O desmatamento insustentável na Amazônia. **Ciência Hoje**, 39: 67-71. 2006.
- HIRAI, E.H. **Avaliação da exploração de impacto reduzido em atributos físicos e químicos do solo e na regeneração natural em Paragominas, PA.** Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém – PA, 2008. 142p.
- HOLMES, T.; BLATE, G.; ZWEEDE, J.; PEREIRA JR, R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F.; BAUCH, R. Financial and ecological indicators of reduced impact logging performance in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**. 163, 2002, p.93-110.
- IHAKA, R; GENTLEMAN, R. R: a language for data analysis and graphics. **Journal of Computational and Graphical Statistics**, vol 5, 1996. p.299–314.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira:** sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo das coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2012, 275p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da extração vegetal e silvicultural.** Rio de Janeiro, v. 29, 2014. p.1-56.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sistema IBGE de recuperação Automática – SIDRA: Produção da Extração Vegetal e Silvicultural** 2014b. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pevs/default.asp?o=30&i=P> (Acesso em 03/02/2016).
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. **Seminário de Pesquisa Científica da Floresta Nacional do Tapajós.** Anais do I Seminário de Pesquisa Científica da Floresta Nacional do Tapajós. Santarém-PA: Floresta Nacional do Tapajós/ICMBio, 2011. 146p.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE ICMBio. **Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO:**

- Estatísticas.** 2016b. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/sisbio/estatisticas.html> (Acesso em 11/01/2016).
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. **Seminário de Pesquisa Científica da Floresta Nacional do Tapajós.** Anais do II Seminário de Pesquisa Científica da Floresta Nacional do Tapajós. Santarém-PA: Floresta Nacional do Tapajós/ICMBio, 2014. 304 p.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL E DA BIODIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ - IDEFLOR. **Plano Anual de Outorga Florestal do Estado do Pará 2015.** Belém: Ideflor, 2015. 42 p.
- INSTITUTO FLORESTA TROPICAL - IFT. **Manejo Florestal e Exploração de Impacto Reduzido em florestas naturais de produção da Amazônia.** Informativo Técnico do IFT 01. IFT. Belém: IFT, 2012a.
- INSTITUTO FLORESTA TROPICAL - IFT. **As concessões de florestas públicas na Amazônia Brasileira: A Lei de Gestão de Florestas Públicas e o panorama das concessões florestais na Amazônia Brasileira.** Informativo Técnico do IFT 02. IFT. Belém: IFT, 2012b.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS AMAZÔNICAS - INPA. **Histórico e relevância do LBA.** 2016. Disponível em <http://lba2.inpa.gov.br/index.php/hist%C3%B3rico> (Acesso em 11/01/2016).
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Divulgação do PRODES 2015: Taxa estimada do desmatamento da Amazônia Legal para o período ago/2014 - jul/ 2015.** Brasília, DF: novembro de 2015. Disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php> (acesso em 02/01/2016).
- IORIS, E.; M. In the trail of scientific forestry management: lumber industry and national forests. **Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi Ciências Humanas**, Dec. 2008, vol.3, no.3, p.289-309. ISSN 1981-8122
- JANKAUSKIS, J. **Avaliação de resíduos florestais oriundos da exploração mecanizada da floresta tropical densa de terra firme.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1983. 121p
- JOHNS, J. S.; BARRETO, P.; UHL, C. **Os danos da exploração de madeira com e sem planejamento na Amazônia Oriental.** Serie Amazônia, Belém: Imazon, n. 16, 1998. 42 p.
- KEENAN, R. J.; REAMS, G. A.; ACHARD, F.; FREITAS, J. V. de; GRAINGER, A.; LINDQUIST, E. Dynamics of global forest área: results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. **Forest Ecology and Management**, 352: 9-20. 2015.
- LARGE SCALA BIOSPHERE-ATMOSPHERE EXPERIMENT IN AMAZONIA – LBA. **The ecological component of an integrated Amazon study: the effect of conversion.** Workshop Report, Manaus. 55p.
- LEITE, F.S. **Estimativa do volume de madeira a partir do diâmetro da cepa em uma área explorada de floresta Amazônia de terra firme.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, DF. 2008. 74p.
- LENTINI, M.; VERÍSSIMO, L.; SOBRAL, L. **Fatos Florestais da Amazônia.** Belém: Imazon. 2003.110p.

- LENTINI, M.; PEREIRA, D.; CELENTANO, D.; PEREIRA, R. **Fatos Florestais da Amazônia 2005**. Belém: Imazon.2005. p.140.
- LUIZÃO, F. J.; NOBRE, C. A.; MANZI, A. O. Projeto LBA: Estudando as Complexas Interações da Biosfera com a Atmosfera na Amazônia. **Acta Amazonica**, vol. 35 (2), 2005.
- MACHADO, P. L. O. de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.
- MAGOSSI, D.C. **A produção florestal e a industrialização de seus resíduos na região de Jaguariaíva – Paraná**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. 88 p
- MARTINS, S.S. **Efeitos da exploração madeireira no solo, na florística e na estrutura de uma floresta semidecidual no sudeste do Paraná**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa: UFV, 1995. 119p.
- MARTINS, S. S.; COUTO, L.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. L. de. Efeitos da Exploração Seletiva em uma Floresta Estacional Semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.1, p.65-70, 2003.
- MARTINS, E. P.; OLIVEIRA, A.D.; SCOLFORO, J.R.S. Avaliação dos danos causados pela exploração florestal à vegetação remanescente, em florestas naturais. **Revista Cerne**, v.3, n.1. 1997. p. 14-27.
- MARTINS, H; FONSECA, A.; SOUZA Jr., C.; SALES, M.; VERÍSSIMO, A. **Boletim Transparência Florestal da Amazônia Legal**. Belém: Imazon. p. 12, dezembro, 2012.
- MATRICARDI, E. A. T.; SKOLE, D. L.; COCHRANE, M. A.; QI, J.; CHOMENTOWSKI, W. Monitoring selective logging in tropical evergreen forests using Landsat: Multitemporal regional analyses in Mato Grosso, Brazil. **Earth Interactions**, vol 9, 24p. 2005.
- MATRICARDI, E. A. T.; SKOLE, D. L.; PEDLOWSKI, M. A.; CHOMENTOWSKI, W.; FERNANDES, L. C. Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using Landsat imagery. **Remote Sensing of Environment**, 114, p. 1117-1129.2010.
- MATRICARDI, E. A. T.; SKOLE, D. L.; PEDLOWSKI, M. A.; CHOMENTOWSKI, W. Assessment of forest disturbances by selective logging and forest fires in the Brazilian Amazon using Landsat data. **International Journal of Remote Sensing**, 34:4, p.1057-1086. 2013.
- MATSUNAGA, A. T. **Análise econômica da cadeia produtiva oriunda de plano de Manejo Florestal: estudo de caso**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília. 2005. 66p.
- MAZZEI, L.; RUSCHEL, A. **Estoque comercial para o segundo ciclo de corte na Floresta Nacional do Tapajós - Área Experimental km 67 - Embrapa**. Seminário de Pesquisa Científica da Floresta Nacional do Tapajós. Anais do II Seminário de Pesquisa Científica da Floresta Nacional do Tapajós. Santarém-PA: Floresta Nacional do Tapajós/ICMBio, 2014. 304 p.
- MEDINA, G.; POKORNY, B. Avaliação Financeira do Manejo Florestal Comunitário. **Novos Cadernos NAEA**, v. 14, n.2. 2011. p. 25-36.

- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília-DF: Universidade de Brasília – UNB e Conselho Nacional de Pesquisa e desenvolvimento – CNPq. 2012. 266p.
- MELLO-IVO, W. M. P.; ROSS, S. Efeito da colheita seletiva de madeira sobre algumas características físicas de um Latossolo Amarelo sob floresta na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 30, p. 769-776, 2006.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Projeto Piloto de Manejo Florestal Madeireiro Comunitário na Flona do Tapajós: Projeto Ambé - manejando a floresta e colhendo conhecimentos**. Brasília, 2008. 85 p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Plano de Manejo da Floresta Nacional do Tapajós**, volume I: Informações Gerais. 2004. 580p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA; SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. **Plano Anual de Outorga Florestal 2016**. Brasília: SFB. 2015. 74 p.
- MONTEIRO, A.; SOUZA JR., C. Remote monitoring for forest management in the Brazilian Amazon. Current research, Belém: Imazon. 2012.
- MONTEIRO, A.; CARDOSO, D.; CONRADO, D.; VERISSÍMO, A.; SOUZA JR, C. **Boletim Transparência Manejo Florestal: Estado do Pará, 2011 a 2012**. Imazon: Belém, 2012, 14p.
- MONTEIRO, A. L. S.; CRUZ, D. C.; CARDOSO, D. R. S.; SOUZA JR., C. M. **Monitoramento remoto de concessões florestais na Amazônia – Flona do Jamari, Rondônia**. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu-PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. p. 6433-6440. 2013.
- MORAES, I. S. **Quantificação e avaliação de abertura no dossel em áreas de concessões florestais: Mamuru-Arapiuns-PA**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014. 73p.
- MOREIRA, F. M. T. **Análise técnica e econômica de subsistema de colheita de madeira de Eucalipto em terceira rotação**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 148p. 2000.
- NEMER, T. G. **Dinâmica da vegetação de Floresta Tropical de Terra Firme influenciada por clareiras de origem antropica, Moju, Para, Brasil**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília. 2014. 97 p.
- LOPES, J. do C. A.; CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; COSTA, H. B. da. **Sociabilidade entre 18 espécies comerciais ocorrentes na Floresta Nacional do Tapajós**. Anais do Simpósio do Trópico Úmido. Belém: Embrapa CPATU, 1986.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE MADEIRAS TROPICAIS - OIMT. **Status of Tropical Forest Management 2005**. ITTO, Yokohama. 2006. 305 p.
- OKUMURA, M. H. **Nova abordagem para a interpretação da reserva legal com auxílio da geoestatística**. Tese de Doutorado em Engenharia. São Paulo. 71pp.

- 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, 2004. p.21-34.
- OLIVEIRA, L. C.; COUTO, H. T. Z. do; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de. Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136 há na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. **Scientia Florestalis**, n. 69, p. 62-76, 2005.
- OLIVEIRA, L. C.; COUTO, H. T. Z. do; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de. 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**, 46: 195-213. 2006.
- ORGANIÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA – FAO; INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL - IBDF. **Technical Report 14: Logging and transport in the Amazon Region; forestry development and research**. Brasília: FAO-BRA/76/027, 1979. 49p.
- PAIVA, N. A. **Análise custo-benefício do manejo florestal sustentável em Roraima**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Roraima. 2011. 112p.
- PANTOJA, N. V. **Técnicas de processamento de imagens digitais para detecção de feições associadas ao corte seletivo de madeira na Amazônia**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE. 2010. 65p.
- PANTOJA, N. V.; VALERIANO, D. de M.; SOARES, J. V. **Uso de dados da câmara HRC/CBERS-2B para estudos em áreas de exploração madeireira por corte seletivo**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba-PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de maio de 2011, INPE. p. 2700-2707. 2011.
- PEREIRA JUNIOR, R. A. **Floresta Nacional do Tapajós: Experiências e Lições para a Implementação do Manejo em Unidades de Conservação**. Belém: Projeto Tapajós, 2006. 180 p.
- PEREIRA, D.; SANTOS, D.; GUIMARÃES, M. V. J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos Florestais da Amazônia**. Belém: Imazon, p. 126, 2010.
- PINAGÉ, E. R.. **Estudo dos impactos da exploração madeireira em áreas de concessão florestal utilizando imagens orbitais**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2013. 103p.
- PINAGÉ, E. R., KELLER, M., SANTOS, M. N. dos, ARAÚJO, L. S.; LONGO, M. **Dados Lidar e análise orientada a objeto no monitoramento de manejo florestal**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. 2015. p. 0834-0841.
- PINHO, G. S. C.; FIEDLER, N. C.; LISBÔA, C. D. J.; REZENDE, A. V.; MARTINS, I. S. Efeito de diferentes métodos de corte de cipós na produção de madeira em tora na Floresta Nacional do Tapajós. **Ciência Florestal**, Santa Maria, vol. 14, n.1, p. 179-192, 2004.
- PILATO, G. C.; VIEIRA, R. P.; FERREIRA, S. C. P.; MELO, L. de O.; SILVA, U. S. C. **Crescimento, ingresso e mortalidade do estrato arbóreo em uma área de manejo florestal na Flona Tapajós**. Seminário de Pesquisa Científica da Floresta

- Nacional do Tapajós. Anais do I Seminário de Pesquisa Científica da Floresta Nacional do Tapajós. Santarém-PA: Floresta Nacional do Tapajós/ICMBio, 2011. 146p.
- POKORNY, B.; ADAMS, M. **Compatibilidade de conjuntos de critérios e indicadores para avaliar a sustentabilidade do manejo florestal na Amazônia brasileira.** Belém: CIFOR 143p. 2003.
- PUTZ, F.E.; REDFORD, K.H.; ROBINSON, J.G.; FIMBEL, R.; BLATE, G.M. **Biodiversity conservation in the contexto of tropical forest management.** Washington: Wolrd Bank, 2000. 80p. (Environmental Paper, 76).
- PUTZ, F.E.; SIST, P.; FREDERICKSEN, T.; DYKSTRA, D. Reduced-impact logging: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, 256: 1427-1433. 2008.
- RADAMBRASIL. **FOLHA SA.21-Santarém: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra.** Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1976
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação In: CERRETA, C.A.; SILVA, L.S. & REICHERT, J.M. **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.v.5. p.49-134.
- RIBEIRO, R. B. S. **Quantificação e valoração de resíduos da colheita florestal na Floresta Nacional do Tapajós.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2013. 73 p.
- RODRIGUEZ, L. C. E.; BACHA, C. J. C. **Análise econômica do projeto de exploração de impacto reduzido na Floresta Nacional do Tapajós.** Piracicaba: IPEF, out. 2004. 83p.
- RUSCHEL, A. R. **Dinâmica da composição florística e do crescimento de uma floresta explorada há 18 anos na Flona Tapajós, PA.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 57p. (Documentos, 341).
- SABOGAL, C.; SILVA, J.N.M; ZWEEDE, J.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C.A. **Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de terra firme na Amazônia Brasileira.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 64).
- SABOGAL, C.; POKORNY, B.; SILVA, J.N.M; CARVALHO, J. O. P.; ZWEEDE, J.; PUERTA; R. **Diretrizes técnicas de manejo para produção madeireira mecanizada em floresta de terra firme na Amazônia Brasileira.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 217 p.
- SATO, L. Y.; MARTINS, F. da S. R. V.; CANTINHO, R. Z.; KORTING, T. S. FONSECA, L. M. G.; ALMEIDA, C. VALERIANO, D. de M. **Classificação de áreas exploradas por sistemas de corte seletivo na Amazônia.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto –SBSR, Curitiba-PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE. p. 6688-6695. 2011.
- SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. **Manejo sustentado de florestas inequidêneas heterogêneas.** Santa Maria: Imprensa Universitária-UFSM, 2000. 195p.

- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB; INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA – IPAM. **Florestas Nativas de Produção Brasileiras**. Relatório Técnico. Brasília, DF. 2011.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB. **Florestas do Brasil em resumo 2013**. Ministério do Meio Ambiente. 2013. 188pp.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB. **Panorama econômico do setor florestal**. Boletim da Gerência Executiva de Planejamento Florestal – GEPLAN. Ano 1, Edição 1. 2014.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. **Cinco Florestas Nacionais abrigam concessão florestal**. 2016. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/concessoes-florestais/florestas-sob-concessao/tres-florestas-nacionais-abrigam-concessao-florestal> (Acesso em 15/01/2016).
- SESSIONS, J. **Forest road operations in the tropics**. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007a.
- SESSIONS, J. **Harvesting operations in the tropics**. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007b.
- SILVA, J. N. M; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A.; CARVALHO, M. S. P. Equação de volume para árvores de menor diâmetro na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa Florestal** v.8/9, p.16- 25. 1984.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. O.; LOPES, J. C. A.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, L. C. **Estudos de crescimento e produção de madeira na região do Tapajós, Amazônia Central Brasileira**. Simpósio Silvicultural na Amazônia Oriental: contribuições do Projeto Embrapa/DFID. Resumos Expandidos. Belém: Embrapa-CPATU/DFID. 1999. 304p.
- SILVA, J. N. M. **Manejo de florestas tropicais: o caso da Amazônia brasileira**. In: Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal, 1, 2000. Santa Maria: Universidade de Santa Maria, Departamento de Ciências Florestais, 2000.
- SILVA, J. N. M., LOPES, J. C. A., OLIVEIRA, L. C., SILVA, S. M. A., CARVALHO, J. O. P., COSTA, D. H. M., MELO, M. S., TAVARES, M. J. M., BARROS, P. C. de. **Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém. 2006. 51p.
- SISTEMA DE AUTORIZAÇÃO E INFORMAÇÃO EM BIODIVERSIDADE - SISBIO. **Estatísticas: Cadastros e Solicitações**. <http://www.icmbio.gov.br/sisbio/estatisticas.html> (Acesso em 05/01/2016).
- SPINELLI, R.; VISSER, R. Analyzing and estimating delays in harvesting operations. **International Journal of Forest Engineering**, vol 19, n. 1, 19, 2008. p.36-41.
- SOUZA, A. A. de A.; GOMES, A. R.; BARRADAS, D. C. M.; SALUM, M. R. B.; FARIAS, T. P.; GUIMARÃES, U. S. **Avaliação das potencialidades do sensor AWFIS para a detecção de corte seletivo de madeira na Amazônia**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba-PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE. p. 1599-1605. 2011.

- SOUZA JR., C. M.; ROBERTS, D. A.; COCHRANE, M. A. Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires. **Remote Sensing of Environment**, n. 98, p. 329-343. 2005.
- SOUZA, M. P. **Estudo comparativo dos estoques das diferentes fontes geradoras de resíduos de exploração florestal em áreas manejadas nos Municípios de Anapu e Portel, PA.** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Rural da Amazônia. Belém. 2009. 123 p.
- SOUZA, S. F.; GRZEBIELUCKAS, C. **Análise Comparativa dos Custos do Manejo Florestal e da Exploração Seletiva Ilegal: Um Estudo na Fazenda Valério Neto em Novo Progresso-PA.** XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafio da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial. Belo Horizonte, 04 a 07 de outubro de 2011.
- SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA - SUDAM. **Estudos básicos para uma política de desenvolvimento dos recursos florestais na Amazônia.** Belém: SUDAM, 1974a. 86 p.
- SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA - SUDAM. **Levantamento florestais realizados pela missão FAO na Amazônia.** Trad. O.H. Knowles. Belém: SUDAM, 1974b.
- UHL, C; VIEIRA, I.C.G. Extração seletiva de madeira: impactos ecológicos em Paragominas. **Revista Pará Desenvolvimento**, Belém, n. 23, p. 46-52, jan/jun 1988.
- UHL, C; VIEIRA, I.C.G. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: a case of study from Paragominas Region of the State of Pará. **Biotropica**, 21(2), 1989. p. 98-106.
- VERÍSSIMO, A; BARRETO, P; MATTOS, M; TARIFA, R; UHL, C. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 55, p. 169-199. 1992.
- VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, J.; VEDOVETO, M.; BRANDÃO Jr.A.; BALIEIRO, C. **Plano de Manejo da Flota do Trombetas.** 196 p. Belém: Imazon/Sema. 2011.
- VIDAL, E.; GERWING, J.; BARRETO, P.; AMARAL, P.; JOHNS, J. **Redução de desperdícios na produção de madeira na Amazônia.** Ananindeua: Imazon, 1997. 18p. (Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, Série Amazônia, 5).
- WHITMORE, T.C. **Tropical rain forest of the far east.** 2ed. Oxford: Clarendon Press, 1984. 352p.
- YARED, J.A.; SOUZA, A.L. **Análise dos impactos ambientais do manejo de florestas tropicais.** Viçosa: UFV, 1993. 38p. (Documento SIF, 009).