

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DO MANEJO FLORESTAL COM BASE NA
AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR EXPLORAÇÃO DE IMPACTO REDUZIDO
(EIR) EM FLORESTA DE TERRA FIRME NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA**

FABRICIO NASCIMENTO FERREIRA

**BELÉM
Junho 2005**

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

FABRICIO NASCIMENTO FERREIRA

Engenheiro Florestal

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Plinio SIST

**BELÉM
Junho 2005**

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DO MANEJO FLORESTAL COM BASE NA
AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR EXPLORAÇÃO DE IMPACTO REDUZIDO
EM FLORESTA DE TERRA FIRME NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA

Dissertação apresentada à Universidade Federal
do Rio de Janeiro, como parte das exigências do
Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de
concentração em Manejo Florestal, para a obtenção
do título de Mestre em Ciências Florestais.

Ferreira, Fabricio Nascimento.

Análise da sustentabilidade do manejo florestal com base na avaliação de danos
causados por Exploração de Impacto Reduzido (EIR) em floresta de terra firme no
município de Paragominas-PA/ Fabricio Nascimento Ferreira. -Belém, 2005.

81 f. : il.

1. Manejo Florestal
2. Exploração de Impacto Reduzido
3. Danos da exploração
4. Intensidade de corte
5. Sistema Silvicultural Policíclico
6. Amazônia Brasileira

CDD 634.92

Prof. Dr. José Márcio Macedo Silva
3º Examinador-EMBRAPA

Prof. Dr. José Márcio Macedo Silva
3º Examinador-EMBRAPA

Paulo Sérgio de Almeida
3º Examinador-EMBRAPA

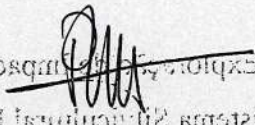
FABRICIO NASCIMENTO FERREIRA

**ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DO MANEJO FLORESTAL COM BASE NA
AVALIAÇÃO DE DANOS CAUSADOS POR EXPLORAÇÃO DE IMPACTO REDUZIDO
(EIR) EM FLORESTA DE TERRA FIRME NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA**

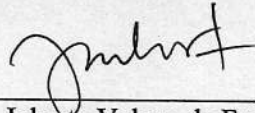
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 30 de Junho de 2005

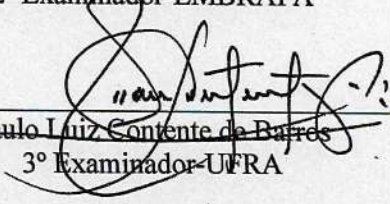
Comissão Examinadora:


Dr. Plinio Sist

Orientador-CIRAD/EMBRAPA


Prof. Dr. Joberto Veloso de Freitas
1º Examinador-UFAM/MMA


Prof. Dr. José Natalino Macedo Silva
2º Examinador-EMBRAPA


Paulo Luiz Contente de Barros
3º Examinador-UFRA

Descobrimento

para Fabricio Ferreira, o amigo

pressenti a nuvem dobrando a esquina
mas não havia chuva em meu corpo
no espelho da lua
vi que meus cabelos eram verdes
então descobri que sou uma árvore
não dessas que são transformadas
em mesas ou cadeiras
mas uma árvore daquelas
em que os bichos e as crianças sobem

Paulo Vieira

AGRADECIMENTOS

À Rita, mãe e amiga em toda minha caminhada, principalmente nas horas mais difíceis;

Ao Dr. Plínio Sist (CIRAD/EMBRAPA), pela sua orientação, incentivo e amizade tão fundamentais para a realização deste trabalho;

À equipe do projeto Ecosilva: Elton Cândido, Paulo França, João Marcílio, Paulo Marinho, Dirce e Pita pela convivência e apoio na floresta e no escritório;

Ao Grupo CIKEL Verde do Brasil pelo apoio fundamental para a realização deste estudo, especialmente aos Engenheiros Florestais Josué Evandro Ferreira e Sandra Balieiro e aos funcionários Kariri, Seu Loló, Barbudo, Pedro Bernardo, João Gordinho, Preto, Bijoca, Sapucaia, Seu Agenor, Alessandro, Hudson e Rodeira pelos esclarecimentos e suporte desde a seleção da área de estudo até a coleta final dos dados;

À Universidade Federal Rural da Amazônia, em especial a coordenação da Pós-Graduação em Ciências Florestais (Renata, Shirley e Dra. Leonildes Rosa);

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao FCR (Fonds de Coopération Regionale) pelo apoio financeiro para o treinamento na Guiana Francesa;

Aos pesquisadores da EMBRAPA Dr. José Natalino Silva, Dr. João Olegário P. Carvalho e ao Prof. Dr. Fernando Jardim da UFRA pelas discussões sobre manejo florestal;

A Dra. Izildinha Miranda (UFRA) pelas revisões e contribuições;

Ao Eng. Florestal Marcelo Santos Melo pelo apoio nas estatísticas;

Aos amigos do curso de mestrado, em especial, Elaine Cristina e Márcio Freitas;

Aos amigos que sempre me motivaram ao longo desta jornada e não me faltaram quando mais precisei: Bruna Valéria (a querida companheira Polly), Paulo Vieira (amigo e poesia), Itajacy Kishi (Tabó), Ewerton Cunha (anjo que teima em ser gente), Oskar Barboza, Edylene Monteiro (boneca), Tienne Milena, Emmanuelle Beguin, Claire Couly e Nathalie Hostiou.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	p. 7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE FOTOGRAFIAS	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
2.2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANEJO FLORESTAL NA FAZENDA RIO CAPIM, PARAGOMINAS-PA	19
2.2.1. Atividades pré-exploratórias.....	19
a) Macrozoneamento e organização espacial da área manejada.....	19
b) Microzoneamento, inventário 100% e corte de cipós.....	20
c) Instalação e primeira medição das parcelas permanentes de monitoramento.....	21
d) Seleção de árvores a explorar.....	21
e) Planejamento das atividades de exploração.....	22
2.2.2. Atividades exploratórias.....	23
a) Derruba planejada, destopamento e traçamento.....	23
b) Planejamento do arraste, carregamento e transporte de toras.....	23
2.2.3. Atividades pós-exploratórias.....	23
2.2.4. As espécies mais exploradas na Fazenda Rio Capim.....	25
2.3. SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
2.3.1. Análise do inventário florestal e dos dados pós-exploratórios.....	27
2.3.2. Checagem de campo nas áreas pré-selecionadas e verificação da intensidade de corte.....	29
2.4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E OBTENÇÃO DOS DADOS	30
2.4.1. Instalação das parcelas experimentais na área de estudo.....	30
2.4.2. Inventário pré-exploratório nas parcelas experimentais.....	32
2.4.3. Intensidade de corte e avaliação dos danos na vegetação.....	33
2.4.4. Processamento de dados e avaliação pós-exploratória.....	36
2.4.5. Avaliação de danos no chão da floresta: medição dos ramais de arraste.....	36
2.4.6. Avaliação das aberturas no dossel florestal.....	37
2.5. RECONSTITUIÇÃO DA VEGETAÇÃO REMANESCENTE APÓS A EIR	38
3. RESULTADOS	40
3.1. CARACTERÍSTICAS DA FLORESTA MANEJADA: DENSIDADE, DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA, ÁREA BASAL, VOLUMETRIA E ABERTURA DO DOSSEL	40
3.2. OS IMPACTOS DA EXPLORAÇÃO SOBRE A FLORESTA	43
3.2.1. As características da exploração de impacto reduzido.....	43
3.2.2. Os danos causados pela exploração de impacto reduzido.....	44
3.2.2.1. Descrição geral dos danos causados à vegetação original.....	44
3.2.2.2. A relação entre a intensidade de corte e os danos na vegetação.....	45
3.2.2.3. Os tipos e a distribuição dos danos na vegetação remanescente.....	46
3.2.3. Os impactos da exploração no chão da floresta.....	51
3.2.4. Os impactos da exploração no dossel florestal.....	52
3.2.5. A taxa de reconstituição das árvores exploráveis.....	53
4. DISCUSSÃO	55
5. CONCLUSÃO	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1. Localização da área de estudo e organização espacial da Fazenda Rio Capim – PA.....	17
Figura 2. Média mensal da precipitação pluviométrica baseada em 20 anos de observações (1980-2000) na estação pluviométrica do município de Paragominas-PA.....	18
Figura 3. Desenho esquemático de uma Unidade de Trabalho padrão (UT) na Fazenda Rio Capim, Paragominas - PA.....	20
Figura 4. Organização espacial da UPA 7, explorada parcialmente em 2003 na Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA.....	28
Figura 5. Desenho esquemático dos transectos com a distribuição aleatória das subparcelas, na UT 14 da UPA 7, Fazenda Rio Capim Paragominas –PA.....	31
Figura 6. Protocolo de avaliação visual de danos aplicado nas parcelas experimentais da UT 14 na UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA.....	35
Figura 7. Densímetro esférico côncavo e a representação visual da sua utilização no campo para determinação da abertura do dossel (área não escurecida pela vegetação) nas parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA.....	37
Figura 8. Valores percentuais de densidade, área basal e volume em pé dos indivíduos comerciais e não comerciais com DAP \geq 20 cm em 18 parcelas na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas –PA.....	41
Figura 9. Densidade total e área basal correspondente dos indivíduos com DAP \geq 20 cm em 18 parcelas experimentais (100 m x 100 m) na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.....	42
Figura 10. Valores médios e desvio padrão dos indicadores de intensidade de corte em 18 parcelas de 1 ha na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.....	43
Figura 11. Proporção média da vegetação inicial (DAP \geq 20 cm) danificada pela exploração em 18 parcelas na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.....	44
Figura 12. Regressão linear entre intensidade de corte e a proporção de árvores pela exploração de impacto reduzido em 18 parcelas na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.....	46
Figura 13. Proporção de cada tipo de dano causada pela exploração florestal nos indivíduos com DAP \geq 20 cm da UT 14, na UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.....	47
Figura 14. As causas de mortalidade durante a exploração de impacto reduzido em 18 parcelas na UT 14, da UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.....	47
Figura 15. Distribuição diamétrica da proporção de árvores com DAP \geq 20 cm que foram danificadas, mortas ou destruídas durante a exploração de impacto reduzido em 18 parcelas na UT 14, da UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.....	49
Figura 16. Distribuição diamétrica (DAP \geq 20 cm) do percentual de árvores com danos na copa, no tronco, na casca ou madeira ou que foram inclinadas durante a exploração de impacto reduzido em 18 parcelas na UT 14, da UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.....	50
Figura 17. Mapeamento dos ramais de arraste criados pela exploração de impacto reduzido numa parcela experimental de 1ha da UT 14, na UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.	51
Figura 18. Proporção de medições de abertura do dossel antes e depois da exploração de impacto reduzido nos transectos da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.....	53
Figura 19. Taxa de reconstituição média das árvores exploráveis em diferentes cenários nas 18 parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA....	54
Figura 20. Estimativa da intensidade de corte média em diferentes cenários nas 18 parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.....	54

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1. Sistema silvicultural aplicado na Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.....	24
Tabela 2. Taxa de corte (TC) e volume derrubado das espécies mais exploradas em 2002 e 2003 na Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.....	25
Tabela 3. Protocolo de avaliação de danos das parcelas experimentais da UT 14 -UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas- PA.....	34
Tabela 4. Valores médios de densidade, área basal, volume em pé e abertura do dossel antes e depois da exploração florestal em 18 parcelas na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas -PA.....	40
Tabela 5. Regressão linear entre os indicadores de intensidade de corte e danos em 18 parcelas na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim,Paragominas - PA.....	45
Tabela 6. Proporção e distribuição de árvores danificadas por cada categoria de danos nas 18 parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas - PA.....	48
Tabela 7. Intensidade de corte, volume extraído, proporção de árvores destruídas na exploração convencional na região de Paragominas-PA.....	56
Tabela 8. Taxa de reconstituição média das árvores exploráveis em diferentes cenários nas 18 parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas - PA.....	59

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	p.
Fotografia 1. Medições do diâmetro, altura, coordenadas relativas e pintura da numeração das árvores inventariadas nas 18 parcelas experimentais da UT 14 da UPA 7, Fazenda Rio Capim Paragominas -PA.....	32
Fotografia 2. Medição dos ramais de arraste nas parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA.....	36

RESUMO

Os danos causados pela exploração florestal planejada usando técnicas de redução de impactos foram avaliados em 18 parcelas experimentais de 1ha em floresta de terra firme certificada na região de Paragominas-PA. Em média foram removidas 6,3 árvores.ha⁻¹ ou 21m³.ha⁻¹ de madeira em tora. A exploração florestal danificou 16% da vegetação inicial, 6,6% do chão da floresta e aumentou em duas vezes a abertura inicial do dossel. Foi encontrada uma correlação significativa entre a intensidade de corte e os danos causados à vegetação inicial. Isto confirma que os benefícios das técnicas de impacto reduzido só podem ser mantidos sob intensidades de corte moderadas. A sustentabilidade da produção de madeira no sistema silvicultural aplicado foi avaliada através do cálculo da taxa de reconstituição do estoque comercial em três cenários diferentes. No cenário mais otimista, após 30 anos, apenas 50% do estoque comercial seria reconstituído, o que provocaria uma redução drástica na intensidade de exploração para o segundo ciclo. As simulações sugeriram que o estoque de árvores comerciais poderia ser mantido em níveis tecnicamente aceitáveis (3-4 árvores.ha⁻¹) em um ciclo de corte de 40 anos com a implementação de tratamentos silviculturais pós-exploratórios para estimular o crescimento das árvores potenciais de futura colheita.

Palavras-chave: Exploração de impacto reduzido, danos da exploração, intensidade de corte, Manejo Florestal, Sistema Silvicultural Policíclico, Amazônia Brasileira.

ABSTRACT

Damage caused by reduced impact logging has been assessed in 18 plots 1ha each in a terra firme rain forest of the Eastern Amazon (Brazil, Paragominas). Mean logging intensity was 6,3 trees ha⁻¹ and the resulting commercial volume 21 m³ ha⁻¹. Logging damage affected 16% of the original stand, 661m² ha⁻¹ of forest floor and increased by twice the original canopy opening. There was a significant correlation between harvesting intensity and the damage caused to the original stand. This confirms that the benefits of reduced impact logging techniques are maintained only under moderate harvesting intensities. The sustainability of reduced impact logging was evaluated through the calculation of the commercial stand recovery rates in three different scenarios. In the most optimistic scenario, after 30 years, only 50% of the commercial stand would recover provoking a drastic reduction of the harvesting intensity at the second felling cycle. The simulations suggested the stock of commercial trees could be maintained at a technically acceptable level (3-4 trees ha⁻¹) only within a felling cycle of 40 years and under the implementation of post-logging silvicultural treatments to stimulate the growth of potential crop trees.

Key-words: Reduced impact logging, logging damage, harvesting intensity, Forest Management, Polycyclic Silvicultural System, Brazilian Amazon.

1. INTRODUÇÃO

A maior parte dos recursos da floresta tropical úmida ainda pertence à Amazônia brasileira, apesar da grande mudança no paradigma da exploração florestal e da expansão da indústria madeireira a partir das décadas de 60 e 70. Nesse período, a exploração manual tradicional e seletiva, que se concentrava nas florestas de várzea às margens dos rios, foi substituída por uma exploração convencional mecanizada e de alta pressão sobre um grande número de espécies (VERÍSSIMO et al., 1992). Este modelo predatório foi intensificado em diferentes partes da região, fomentado pela abertura de novas estradas que deram acesso a extensos maciços florestais, o que desencadeou um avanço desordenado da colonização da fronteira amazônica (ULH e VIEIRA, 1989), e causou impactos profundos na vida dos habitantes nativos da região.

A exaustão dos recursos florestais de imensas áreas que foram convertidas em pastagens ou agricultura sustentou um notável crescimento da indústria madeireira na região. Em consequência, foi registrado um desflorestamento estimado em 15%, que reduziu a floresta original (80%) para algo em torno de 65% nas últimas três décadas (ARIMA e VERÍSSIMO, 2002). Cerca de 90% do desmatamento tem-se concentrado nos limites de 100 km da malha rodoviária principal, ao redor dos eixos e pólos de desenvolvimento dos anos 70 e 80 (INPE, 2000).

Dados recentes indicam que apesar de sua vasta cobertura vegetal, o Brasil já ocupa o quinto lugar no ranking de países emissores de gases causadores do efeito estufa na atmosfera e que 75% destas emissões originam-se das mudanças no uso da terra e florestas, sobretudo na região amazônica (MCT, 2004). Além do desmatamento propriamente dito (“corte raso” da floresta), registrado pelas imagens de satélite, incêndios florestais e a exploração madeireira representam formas de “desmatamento oculto” que deixam várias árvores ainda em pé e são, portanto, mais difíceis de detectar (NEPSTAD et al., 1999; ALENCAR et al., 2004).

A exploração madeireira convencional, predominante na região, causa impactos substanciais na floresta remanescente, reduz a cobertura do dossel e a densidade de árvores além de aumentar a quantidade de biomassa vegetal que pode servir como combustível em incêndios subseqüentes (UHL e KAUFFMAN, 1990). Estes impactos são intensificados nas frentes de exploração mais antigas, onde a combinação da escassez de madeira com o alto custo de transporte das toras de florestas cada vez mais distantes desencadeia o processo de “mineração florestal” descrito por Uhl et al. (1997), onde aproximadamente todos os

indivíduos remanescentes de espécies comerciais são removidos em breves cortes sucessivos (mesmo aqueles que foram previamente poupados por serem julgados pequenos).

Frente essa problemática, muitos esforços de pesquisa se concentram na busca de um cenário de eficiência e sustentabilidade para este importante setor produtivo para a geração de empregos e divisas na região. Entretanto, mesmo com os grandes avanços alcançados nas últimas décadas, não é correto afirmar que se dispõe de um modelo ideal para as características da Amazônia, ainda que existam experiências e conhecimentos técnicos disponíveis que sustentem mudanças no panorama atual de uso indiscriminado do seu patrimônio florestal (SOUZA, 2002).

A redução dos danos à vegetação remanescente com vistas à conservação das condições pré-exploratórias como garantia de manutenção da biodiversidade e funcionamento do ecossistema florestal é a base para uma exploração viável de longo prazo e eixo central das técnicas de exploração de impacto reduzido experimentadas na Amazônia e em outras florestas tropicais do mundo (SIST, 2000; FREDERICKSEN e PUTZ, 2003).

Não se questiona a contribuição destas técnicas para aumentar a qualidade de um sistema de manejo florestal que busque sustentabilidade, com ou sem pretensões dos benefícios da certificação florestal. Entretanto, a regeneração da população remanescente requer um sistema silvicultural mais completo do que a aplicação isolada da exploração de impacto reduzido para garantir o desenvolvimento adequado do estoque comercial para futuras colheitas nos sistemas policíclicos (SIST et al, 2003).

A regulação da produção madeireira pela aplicação do critério de diâmetro mínimo de corte para todas as espécies, por exemplo, é sempre apontada como uma fraqueza dos sistemas silviculturais nos trópicos (LAMPRECHT, 1993; DUPUY et al., 1999; WADSWORTH, 1997; ALDER, 2000; PUTZ et al, 2001). Definido essencialmente em função das exigências do mercado e da capacidade técnica das indústrias de transformação, não leva em consideração nenhum critério ecológico ou de silvicultura, impondo limites às práticas conservacionistas na região, que abriga inúmeras espécies com comportamentos ecológicos e distribuições diamétricas distintas.

Pesquisas desenvolvidas em outras florestas tropicais (SIST et al., 1998; VAN DER HOUT, 1999) demonstram que os benefícios da exploração de impacto reduzido são limitados pela intensidade da exploração. Até pouco tempo, esta relação não seria preocupante para a Amazônia, uma vez que a intensidade de corte relatada na região sempre foi considerada baixa, quando comparada com outras florestas tropicais, especialmente as florestas do Sudeste da Ásia.

Entretanto, alguns estudos têm revelado que a intensidade de corte em áreas exploradas com planejamento pode alcançar valores que variam desde 2 até 16 árvores.ha⁻¹ a nível local da exploração em determinados locais da floresta (SILVA et al., 1996; VU, 2002; GERWING, 2002; FREITAS, 2004; SILVA, 2004; OLIVEIRA, 2005). Com esse aumento de pressão sobre a floresta, são ainda maiores as incertezas sobre a capacidade de essas técnicas garantirem ciclos de cortes sucessivos sem alteração da diversidade das espécies e produtividade das florestas amazônicas.

Embora haja consenso de que todo processo dinâmico da floresta é baseado na formação de clareiras, existem poucas informações sobre a variabilidade do tamanho e da distribuição espacial das aberturas criadas pela exploração florestal, seja no modo convencional, seletivo ou sob impacto reduzido (HENDRISON, 1990; VERÍSSIMO et al., 1995; WINKLER, 1997; COLSON, 2003), assim como sobre os fatores que podem influenciar nesta variabilidade, entre eles a intensidade de corte a que a floresta manejada é submetida. Sob o ponto de vista científico, o comportamento da floresta remanescente em resposta às diversas intensidades de exploração ainda não foi suficientemente estudado, persistindo a carência de informações relativas aos impactos ecológicos dessas atividades.

Em um contexto pretendido de sustentabilidade da produção volumétrica a longo prazo, estas informações são fundamentais para a formulação de novas recomendações técnicas que permitam um melhor controle dos distúrbios causados pela exploração e da manutenção da biodiversidade em florestas tropicais manejadas.

De acordo com a Teoria da Perturbação Intermediária (CONNEL, 1978), a coexistência de um grande número de espécies depende da criação de condições ambientais variadas (principalmente luminosidade) durante a sucessão florestal. Grandes ou freqüentes perturbações no dossel florestal favorecem as espécies pioneiras com um histórico de adaptação a distúrbios severos (rápido crescimento, baixa longevidade) em detrimento das espécies tolerantes a sombra (entre elas espécies comerciais) de crescimento lento que não alcançarão à maturidade. Em níveis de perturbação intermediária existirão muitos nichos disponíveis, permitindo que muitas espécies coexistam (MOLINO e SABATIER, 2001).

Uma iniciativa promissora de cooperação técnica entre a Embrapa Amazônia Oriental e o Departamento Florestal do Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), vem desenvolvendo pesquisas no âmbito do projeto ECOSILVA (Melhoria das técnicas de exploração e silvicultura nas florestas de terra firme da Amazônia Oriental), no intuito de contribuir na definição de novas práticas silviculturais baseadas sobre o conhecimento das características e das exigências ecológicas

das espécies madeireiras. Desde 2001, o projeto concentra suas atividades em uma área certificada com florestas manejadas de acordo com as recomendações técnicas da exploração de impacto reduzido em Paragominas no nordeste do Estado do Pará.

Resultados preliminares do projeto indicam correlação positiva entre a intensidade de corte e os danos na população remanescente na exploração de impacto reduzido, além de uma grande variabilidade no tamanho das clareiras (31 a 6.622 m²) em uma área de 100 ha, explorada com intensidade de corte média de 3,8 árvores.ha⁻¹ em 2001 (VU, 2002). Entretanto, a análise dos dados pós-exploratórios da empresa indica que a intensidade de corte atingiu 7 árvores.ha⁻¹ em 2003, considerando-se apenas as áreas com 100 ha, tamanho padrão recomendado e que foram totalmente exploradas. Uma vez que o nível de danos está diretamente relacionado com a intensidade da exploração, há suspeitas de que os benefícios da exploração de impacto reduzido não sejam mantidos com este aumento considerável de intensidade de corte sobre a floresta.

Diante deste cenário, neste estudo se propõe a investigar os impactos decorrentes das operações de derruba e arraste na vegetação, no chão da floresta e na abertura do dossel de uma área onde se aplicou técnicas de exploração de impacto reduzido, sob intensidades de corte crescentes e calcular a taxa de reconstituição das árvores potenciais para a safra futura, a fim de contribuir para decisões sobre limitação da intensidade de corte em manejo florestal na região amazônica.

OBJETIVO GERAL

Avaliar as capacidades da exploração de impacto reduzido em limitar os danos na vegetação, no chão da floresta e na abertura do dossel em diferentes intensidades de corte e estimar a capacidade de reconstituição das árvores exploráveis com vistas às safras futuras em uma floresta de terra firme no município de Paragominas-PA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os tipos, o grau de severidade e a distribuição diamétrica dos danos causados pela exploração de impacto reduzido na vegetação original;
- Avaliar a relação entre a intensidade de corte e os danos causados na vegetação original;
- Determinar qual o melhor indicador dos danos causados pela exploração de impacto reduzido à vegetação original;
- Avaliar os danos da exploração de impacto reduzido no chão da floresta;
- Avaliar os danos da exploração de impacto reduzido no dossel florestal;
- Estimar a capacidade de reconstituição das árvores exploráveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido na Fazenda Rio Capim, Área de Manejo Florestal de propriedade da Empresa CIKEL Brasil Verde (48° 28' - 48° 54' W e 3° 18' - 3° 50' S - Figura 1), no município de Paragominas, distante aproximadamente 320 km de Belém, na região nordeste do Estado do Pará. A área é banhada pelas bacias dos rios Capim (que a limita à Noroeste) e do Surubiju (que a limita ao Sul). Há ainda outros rios que drenam a área, como os rios Cauaxi, Candiru-Açu, Potiritá, Água Boa, Camaoi, Timbó-Açu, Matamatá, Piriá e Uraim.

A topografia do terreno é plana a levemente ondulada com altitude média em torno de 20m. Localiza-se no Domínio Morfoestrutural dos Planaltos em seqüências sedimentares não dobradas com superfícies aplainadas. Os solos predominantes em Paragominas são Latossolos Amarelos de textura média e muito argilosa e Argissolos Amarelos de boas propriedades físicas como profundidade e drenagem (SILVA, 1997; MORAIS CRUIA et al., 1999), sendo também encontrados Plintossolos, Gleissolos e Neossolos. Em geral, esses solos apresentam baixa fertilidade e alta saturação de alumínio (SCS, 2001).

A maior parte da cobertura vegetal da Fazenda Rio Capim consiste em floresta ombrófila densa de terra firme (70%), com a altura do dossel em torno de 35 m, árvores emergentes atingindo até 40 m, incluindo espécies como *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier (Sapotaceae), *Piptadenia suaveolens* Miq. (Leguminosae), *Couratari oblongifolia* Ducke et Kunth (Lecythidaceae), *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae) e *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex A.DC.) Standl. (Bignoniaceae) e em menores proporções (2%) aparecem florestas ombrófilas densas aluviais de várzeas (PINHEIRO, 2004; SCS, 2001).

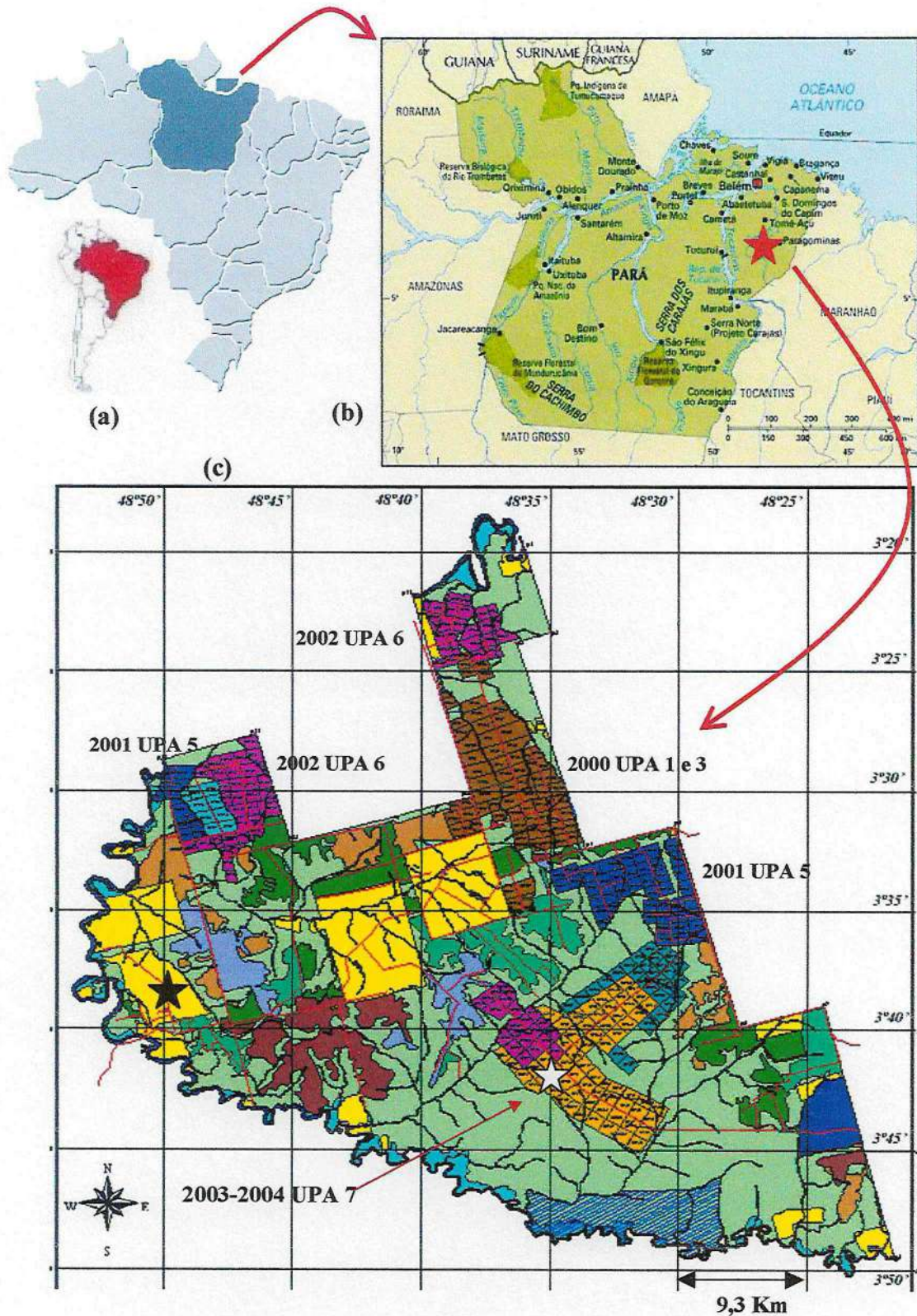


Figura 1. Localização da área de estudo e organização espacial da Fazenda Rio Capim - PA: (a) divisão política do Brasil; (b) mapa do Pará e localização da área de estudo (estrela vermelha); (c) a Fazenda Rio Capim e a indicação das Unidades de Produção Anual (ano de exploração, UPA), da serraria (estrela preta) e da UT 14 na UPA 07 (estrela branca).

De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima dominante da região é classificado como do tipo “Am”, tropical chuvoso, com temperatura média anual variando de 24 a 26° C e umidade relativa do ar entre 80 e 85%. A precipitação média anual é de 1773 (Intervalo de Confiança = 346 mm ano⁻¹; n= 12; α =0.05; dados mensais de Paragominas de 1980 a 2000, Palmeira, 2004). A estação chuvosa em Paragominas inicia em dezembro se estendendo até maio e a época seca ocorre de junho a dezembro como mostra a Figura 2. É neste período de estiagem que ocorre a maior parte da exploração madeireira na região.

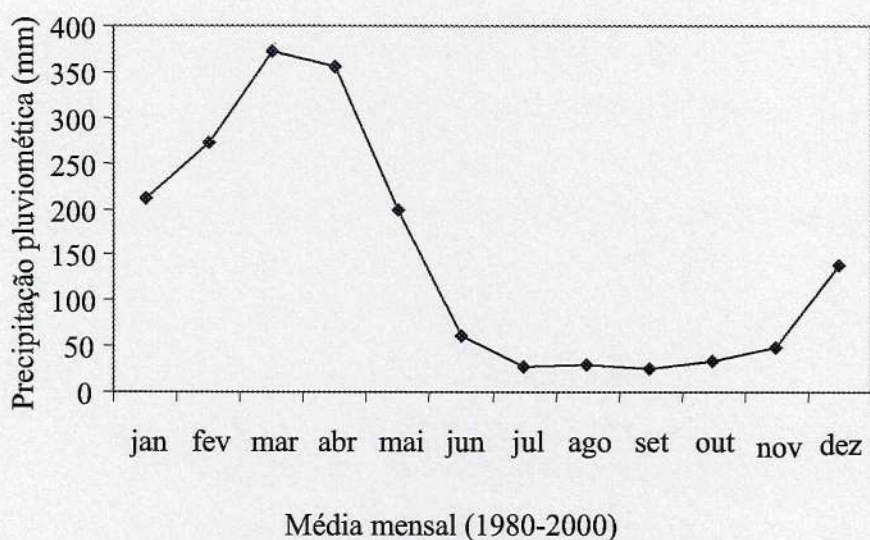


Figura 2. Média mensal da precipitação pluviométrica baseada em 20 anos de observações (1980-2000) na estação pluviométrica do município de Paragominas-PA.(Adaptado de Palmeira, 2004).

Em 1988, 34% da cobertura vegetal de Paragominas estava alterada, como resultado das principais atividades praticadas no município. Da sua área total, 1.600.000 hectares eram cobertos de floresta natural, incluindo 242.000 hectares de florestas exploradas pela atividade madeireira; 263.000 hectares de capoeira; enquanto 352.000 hectares eram áreas abertas dedicadas à atividade agropecuária (WATRIN e ROCHA, 1992; ALMEIDA e UHL, 1998). Entretanto, estudos mais detalhados, baseados em análises multi-temporais de imagens de satélite de vários anos e entrevistas com proprietários de terras, revelaram que até 1998, apenas 160.000 hectares de florestas de Paragominas não tinham sido submetidas a fogo ou extração madeireira (NEPSTAD et al., 1999).

2. 2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANEJO FLORESTAL NA FAZENDA RIO CAPIM, PARAGOMINAS-PA.

O Manejo Florestal conduzido na Fazenda Rio Capim, recebeu em maio de 2001 os certificados de Floresta Bem Manejada e o Certificado de Cadeia de Custódia da SCS (*Scientific Certification Systems*), organização credenciada pelo FSC (*Forest Stewardship Council*) para certificação das operações de manejo florestal que cumpriram os critérios e indicadores internacionais e, concomitantemente, os definidos pelo Grupo de Trabalho – Brasil, para o Manejo Florestal em Terra Firme na Amazônia Brasileira.

O plano de manejo florestal empresarial da Fazenda Rio Capim prevê um sistema policíclico baseado na regeneração natural, com ciclos de corte de 30 anos e seleção de espécies comerciais até uma intensidade de exploração prevista em torno de 13 e 16 m³ha⁻¹.

A Cikel desenvolve suas atividades de acordo com um plano de manejo florestal, cumprindo com as exigências impostas pelo processo de certificação de suas florestas. A adoção das técnicas de exploração de impacto reduzido por parte da empresa, é baseada no planejamento das operações, no treinamento dos recursos humanos e nos investimentos em manejo florestal. Para um maior entendimento do tratamento a que foi submetida a área de estudo, informações importantes sobre as operações e procedimentos realizados antes, durante e após a exploração florestal são apresentadas a seguir.

2.2.1. Atividades pré-exploratórias

a) Macrozoneamento e organização espacial da área a ser manejada

O macrozoneamento, realizado com o apoio de imagens de satélite fornece um mapeamento amplo dos diferentes ambientes fitoecológicos e do uso do solo da propriedade a ser manejada, o que facilita a delimitação física de Áreas de Preservação Permanente (APP) e da Área de Manejo Florestal (AMF, com 140.000 ha no caso da Fazenda Rio Capim). Em seguida, a AMF é organizada em Unidades de Produção Anual (UPA), a serem exploradas anualmente de acordo com o Plano Operacional Anual (POA) da empresa.

As estradas principais (largura máxima = 5 m) e de acesso (largura máxima = 8 m) são logo planejadas e construídas, facilitando o deslocamento das equipes de inventário. Para aperfeiçoar a programação e ter um controle mais detalhado e preciso das atividades, cada UPA é dividida em Unidades de Trabalho (UT), que são delimitadas no campo a partir de uma picada-base (previamente estabelecida no sentido norte-sul, preferencialmente),

considerando as condições topográficas da área. Sempre que possível, as dimensões de 100 ha e o formato regular quadrado são mantidos. Para facilitar o deslocamento das máquinas e o trabalho do pessoal durante a exploração, a UT é subdividida em 16 blocos de 250 x 250 m (6,25ha), denominados blocos de arraste (área achuriada na Figura 3).

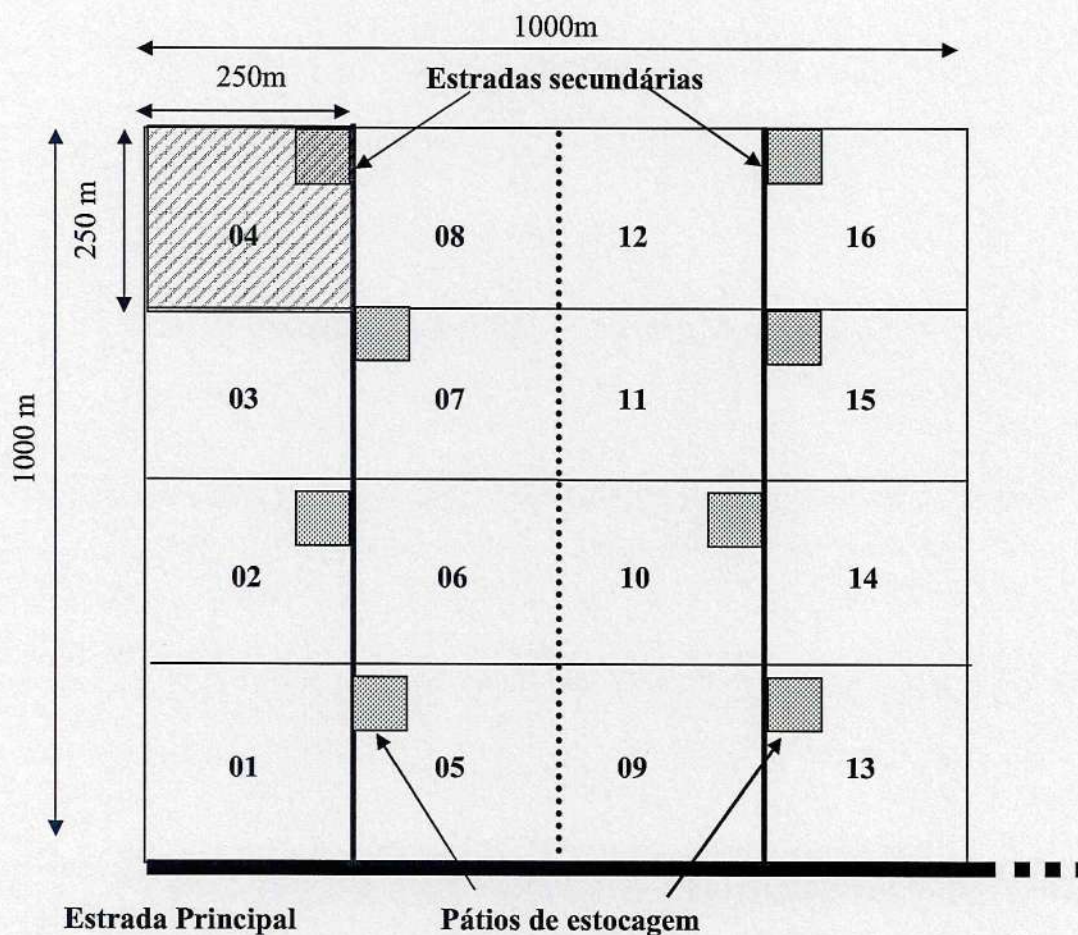


Figura 3. Desenho esquemático de uma Unidade de Trabalho padrão (UT) na Fazenda Rio Capim, Paragominas - PA.

b) Microzoneamento, inventário 100% e corte de cipós

O microzoneamento de cada UT busca mapear as características topográficas e hidrográficas e é associado com o inventário florestal 100% que objetiva localizar as árvores a serem exploradas ou remanescentes e obter uma estimativa de volume comercial utilizável por árvore e por unidade de área. O inventário florestal 100% da Cikel é atualmente terceirizado por uma empresa prestadora de serviços, capacitada para tal atividade.

A partir de picadas de orientação com largura máxima de 0,75 m (a cada 50 metros), são inventariadas todas as árvores com DAP a partir de 45 cm. Um parabolânico atribui o

nome vulgar de cada indivíduo, que é medido (toma-se a circunferência a altura do peito com fita métrica) e tem sua altura comercial estimada visualmente. A localização (coordenadas relativas x, y) de cada árvore é estimada pelo ajudante lateral e pelo anotador, que se deslocam nas picadas paralelas da faixa de floresta que está sendo inventariada. Cada árvore recebe uma numeração seqüencial da UT em placas de alumínio que são pregadas no tronco. Também são avaliadas a qualidade de fuste e copa, e quando há suspeitas, realiza-se um teste sonoro de detecção de oco nos indivíduos mais grossos (batida com a lateral do facão no tronco da árvore).

Se a incidência de cipós for baixa, o corte de cipós (quando necessário) é realizado durante o inventário. Caso contrário, outra equipe é destacada exclusivamente para esta atividade. Visto como a primeira intervenção silvicultural na floresta, o corte de cipós pré-exploratório é uma medida de mitigação dos danos às árvores remanescentes e do tamanho das clareiras, além de garantir uma maior segurança operacional das atividades posteriores, facilitando, especialmente o direcionamento da derruba.

O inventário 100% é realizado preferencialmente um ano antes do início das atividades de exploração, tempo suficiente para que o corte de cipós cause o efeito desejado e para o processamento e análise das informações coletadas. Trata-se da principal ferramenta de planejamento da exploração de impacto reduzido. A utilização dos mapas resultantes reduz a movimentação das equipes de corte e equipamento de arraste dentro da floresta, contribuindo, assim, para a redução dos impactos ambientais sobre a vegetação remanescente (SABOGAL et al., 2000), e dos custos de extração das árvores derrubadas.

c) Instalação e primeira medição das parcelas permanentes de monitoramento

De acordo com as diretrizes da Embrapa Amazônia Oriental (SILVA e LOPES, 1984), o monitoramento da dinâmica florestal (incremento médio anual, mortalidade, regeneração) é realizado através de parcelas permanentes e, conforme a recomendação de Alder e Synnott (1992), para cada 1.000 ha de florestas exploradas são instaladas 4 parcelas de 0,25 ha. As parcelas quadradas de 50 m x 50 m são divididas em subparcelas de 10 m x 10 m, onde são medidas todas as árvores com DAP maior ou igual a 10 cm. Cinco subparcelas são sorteadas para a medição de arvoretas ($5 \text{ cm} \leq \text{DAP} \leq 10 \text{ cm}$).

d) Seleção de árvores a explorar

Para a seleção de árvores a explorar, a empresa obedece aos seguintes critérios:

- A partir do inventário, são selecionadas as espécies que já tem mercado garantido (por exemplo, das 101 espécies inventariadas em 2003, 57 foram exploradas - APÊNDICE A);
- O diâmetro das árvores deve ser superior a 55 cm para todas as espécies, pois abaixo deste diâmetro existem limitações no maquinário da indústria processadora;
- O fuste deve ter qualidade 1 ou 2, em alguns casos, somente 1, como aquelas espécies de laminação;
- São excluídas árvores localizadas nas áreas de preservação permanente e árvores-ninho;
- Busca-se evitar a exploração de árvores muito agregadas na floresta;
- As árvores remanescentes são consideradas como matrizes e o estoque mais jovem da floresta é preservado (DAP entre 45 e 55 cm), além de algumas árvores com fuste do tipo 1 e com DAP elevado, assim como aquelas selecionadas para corte que apresentarem oco no momento da derruba;
- Considera-se árvore rara, aquela de uma mesma espécie, localizada numa UT, cujo número de ocorrência é igual ou inferior a 3, ou seja, deve-se deixar no mínimo 3 árvores com DAP igual ou maior que 45 cm por espécie sem derrubar numa UT;
- Agrupam-se ao máximo os indivíduos de uma espécie para facilitar a polinização e grupos de árvores de uma mesma espécie muito distantes entre si são evitados;
- Espécies dióicas, como *Bagassa guianensis* Aubl (Moraceae), *Sclerolobium paraense* Huber (Leguminosae) são consideradas raras quando ocorrem em número igual ou inferior a 5 indivíduos na mesma UT.

e) Planejamento das atividades de exploração

O planejamento das atividades exploratórias tem como principal ferramenta os dados obtidos no inventário 100%. Consiste em indicar as árvores a serem cortadas e preservadas e definir um limite de volume total a ser explorado por hectare. Neste estágio também são planejadas e construídas as estradas secundárias (largura máxima = 4,5 m) e os pátios de estocagem (com dimensões de 20 m x 25 m até 25 m x 30 m), que devem totalizar com as estradas principais, uma área máxima de 2,5% de exposição do solo da UT. São utilizados tratores de esteira *Caterpillar D6* na construção de todas as estradas e pátios da área a ser explorada.

Após a escolha das árvores a serem exploradas, são confeccionados o mapa base (100 ha) e os mapas de corte e arraste (6,25 ha) de cada UT. Estes mapas apresentam a localização,

numeração e nome vulgar abreviado das árvores a serem derrubadas e remanescentes (em cores diferenciadas), além do planejamento das estradas secundárias, pátios de estocagem e características de relevo e hidrografia da área.

Os mapas auxiliam na localização das árvores e na tomada de decisão final do motosserrista no momento da derruba, contribuindo para um direcionamento da queda da árvore que diminua os impactos à vegetação remanescente e facilite o arraste das toras.

2.2.2 Atividades exploratórias

a) Derruba planejada, destopamento e traçamento

Quando justificável, realiza-se o teste de oco com a motosserra na base da árvore. O motosserrista também faz uma reavaliação das condições de fuste e outros fatores pertinentes para tomar a decisão final sobre o corte de determinada árvore. Com o auxílio de cunha e técnicas adequadas, procura-se orientar a queda das árvores para reduzir os danos aos indivíduos remanescentes e facilitar o arraste. Após o abate da árvore, é realizado o destopamento (separação da copa e tronco) e o traçamento das toras de acordo com as exigências para processamento na indústria.

b) Planejamento do arraste, carregamento e transporte de toras

Com base nas indicações da equipe de derruba contidas nos mapas de corte, a equipe de planejamento de arraste indica no campo, usando uma sinalização com fitas coloridas, a orientação para a abertura dos ramais de arraste.

A abertura dos ramais e o arraste de toras para o pátio é realizado com trator florestal *Caterpillar 518C* equipado com guincho. O carregamento das toras é feito com carregadeiras de rodas *Caterpillar 938* ou *Caterpillar 966*, com garras adaptadas. As toras são transportadas desde os pátios até a indústria na própria Fazenda Rio Capim em carretas biarticuladas *Volvo FM12, 410 cv*.

2.2.3. Atividades pós-exploratórias

Após a exploração florestal, a empresa realiza a remedição das parcelas permanentes e a manutenção da rede viária florestal. Estão sendo conduzidos alguns experimentos de tratamentos silviculturais nas árvores potenciais para a futura colheita. Estes tratamentos combinam anelamento, desbaste de liberação (com ou sem o uso de arboricidas), corte de cipós e plantios em clareiras.

2.2.4 As espécies mais exploradas na Fazenda Rio Capim

Apesar da lista de espécies comerciais da Cikel incluir cerca de 60 espécies (APÊNDICE A), apenas 10 (destacadas em negrito na Tabela 2) foram responsáveis por 55% e 65% do volume total derrubado¹ nos anos de 2002 e 2003, respectivamente. Estes valores foram calculados partir dos dados pós-exploratórios da empresa na UPA 6 (6.415 ha explorados) e na UPA 7 (3.859 ha explorados). A taxa de corte percentual (TC) foi obtida dividindo-se o número total de árvores abatidas de cada espécie pelo seu respectivo número de árvores planejadas para corte.

TABELA 2. Taxa de corte (TC) e volume derrubado das espécies mais exploradas em 2002 e 2003 na Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.

Nome científico	UPA6 (2002)			UPA7 (2003)		
	TC	m ³ .ha ⁻¹	%vol	TC	m ³ .ha ⁻¹	%vol
<i>Manilkara spp</i>	67%	2,79	19,8	78%	5,33	28,3
<i>Manilkara paraensis</i> (Huber) Standley	65%	1,55	11,0	71%	1,49	7,9
<i>Hymenaea courbaril</i> L	74%	0,71	5,1	75%	0,97	5,1
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	70%	0,67	4,7	82%	1,11	5,9
<i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.	70%	0,39	2,8	70%	0,58	3,1
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke et Kunth	57%	0,37	2,6	67%	0,35	1,8
<i>Protium altsonii</i> Sandwith*	57%	0,36	2,6	-	-	0,0
<i>Lecythis paraensis</i> Huber	39%	0,35	2,5	52%	0,27	1,4
<i>Parkia nitida</i> Ducke	65%	0,34	2,4	62%	0,21	1,1
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	58%	0,31	2,2	71%	0,63	3,4
<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.	65%	0,13	0,9	66%	0,68	3,6
<i>Chrysophyllum</i> sp.	65%	0,09	0,7	61%	0,59	3,2
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	34%	0,18	1,3	44%	0,44	2,4
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	44%	0,16	1,1	46%	0,44	2,3
Média	59%	0,60	-	65%	1,01	-

(*) Espécie não explorada em 2003

Existem variações na classificação das espécies mais importantes nos dois anos observados, destacando-se o gênero *Manilkara* com 3 espécies distintas: *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier, *Manilkara bidentata* (A. Dc. Chev) ssp. Surinamensis (Miq.) Pennington e *Manilkara paraensis* (Huber) Standley. As duas primeiras são agrupadas pelo nome vulgar “maçaranduba”, apontada como espécie madeireira dominante na região (GAYOT e SIST, 2004). Espécies como *Hymenaea courbaril* L, *Astronium lecointei* Ducke, *Parkia pendula*

(1) Volume = (((DAP²/100) x HT) x 0,517897) + 0,077476; onde DAP=diâmetro a altura do peito(m) e HT=altura total(m). Fórmula para o cálculo do volume em pé aplicada pela empresa.

Benth. ex Walp e *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. também desempenham papel importante na produção da empresa, aparecendo entre as mais exploradas nas duas safras.

O aumento da taxa de corte indica melhorias no rendimento da exploração que se repercute em maior volume derrubado por hectare, mesmo com a redução da área total a ser manejada. Isto significa um aumento de pressão sobre a floresta, relacionado com variações na taxa de corte, demandas do mercado e composição florística das áreas analisadas. Estas observações já sugerem tendência no aumento da intensidade de corte (número de árvores derrubadas por hectare) a nível operacional (escala da UT).

2.3. SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.3.1. Análise do inventário florestal e dos dados pós-exploratórios

Os dados dos inventários que forneceram informações sobre a distribuição diamétrica e espacial das árvores a serem derrubadas e as intensidades de exploração previstas para cada UT, orientaram parcialmente na definição do sítio de estudo. Nem todas as árvores selecionadas para corte seriam abatidas e não existem métodos confiáveis que permitam assegurar, antes da exploração, quais os indivíduos pré-selecionados que seriam derrubados. Portanto, não era possível prever, com precisão, qual a intensidade de corte seria aplicada em certa área durante a exploração. Desta forma, não seria confiável, tão somente com base nestes dados, definir uma área representativa para a realização do presente estudo.

Como estratégia para superar estas limitações e assegurar maior representatividade (em termos de intensidade de corte) da área de estudo, foram analisados os dados pós-exploratórios (mapas de corte e arraste) de áreas manejadas pela empresa nos três últimos anos. Nestes mapas, a equipe de derruba (um operador de motosserra e um ajudante) registram as árvores abatidas e, quando necessário, os motivos que justificam porque árvores pré-selecionadas para corte não foram derrubadas.

Uma avaliação detalhada dos mapas de corte da UPA 05 (3.398ha, dividida em 36 UTs e explorada em 2001), indicou uma intensidade de corte média de 3,4 árvores.ha⁻¹ e revelou que 50% das árvores previamente selecionadas para corte não foram derrubadas. Em 2002, quando foram explorados 6.415 ha em 72 UTs da UPA 06, não foi notada uma grande diferença (3,7 árvores.ha⁻¹ e taxa de corte de 52% do planejado).

Para a safra de 2003, foi planejada a exploração de 7.585 ha da UPA 07, dividida em 73 UTs. Entretanto, a exploração de apenas metade desta área (3.859 ha) foi suficiente para atender a demanda da indústria. Foram exploradas apenas 37 UTs com taxa de corte de 68% e intensidade de corte média de 4,8 árvores.ha⁻¹ (n=37, s = 2,18). Até a definição da UT experimental, apenas 30 UTs haviam sido exploradas e 15 apresentaram uma área real explorada de 100 ha (marcadas com círculos azuis na Figura 4). A intensidade de corte nestas 15 UTs foi em média de 7 árvores.ha⁻¹ (Intervalo de Confiança = 3,6 árvores.ha⁻¹; n=15; α = 0.05), o que confirma um aumento considerável na intensidade de exploração na escala operacional.

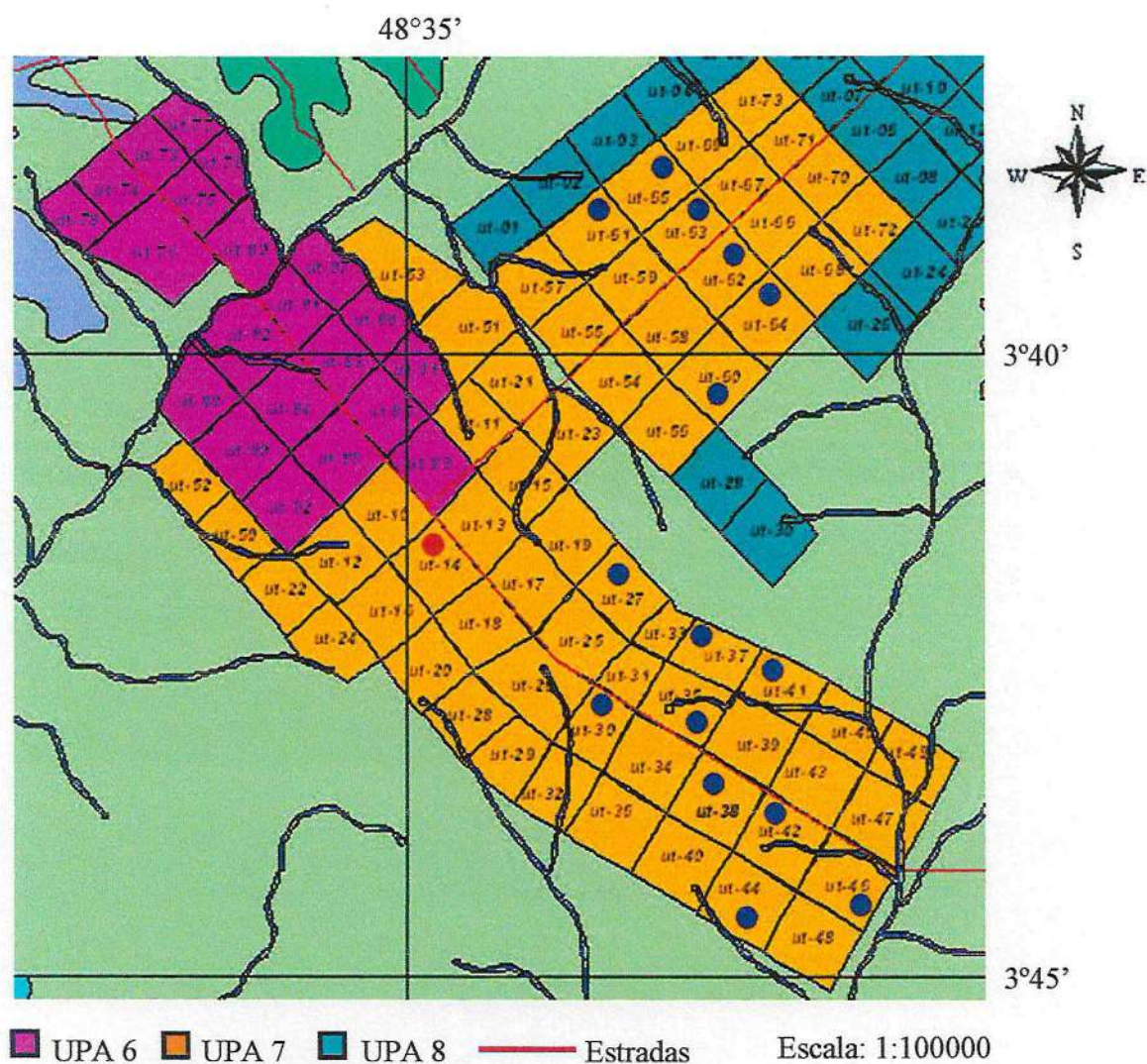


Figura 4. Organização espacial da UPA 7, explorada parcialmente em 2003 na Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA. (Círculos azuis: UTs com 100 ha exploradas em 2003; círculo vermelho: área selecionada para realização deste estudo). Mapa original: Sandra Baliero.

2.3.2. Checagem de campo nas áreas pré-selecionadas e verificação da intensidade de corte

Entre as UTs da UPA 07 destinadas para exploração em 2004, foram pré-selecionadas aquelas que apresentavam área total de 100 ha e formato regular. Em seguida, realizou-se uma checagem de campo, que teve como objetivo avaliar se fatores naturais (ocorrência de grotas e/ou áreas cipoálicas) ou antrópicos (sinais de perturbação em virtude de exploração de áreas vizinhas ou construção de estradas), poderiam interferir na homogeneidade e intensidade de corte da área experimental.

Para uma confirmação prévia da intensidade de corte da área pré-selecionada (UT 14, UPA 7), foram avaliadas todas as árvores indicadas para corte antes da instalação das parcelas experimentais. Com o auxílio dos mapas de corte, um motosserrista experiente da empresa realizou antecipadamente os procedimentos recomendados para a tomada de decisão final sobre o abate das árvores indicadas para corte.

Além de realizar o teste de oco (quando necessário), o motosserrista avaliou a qualidade do fuste, o diâmetro, a localização, a incidência de cipós e fatores de risco envolvidos na derruba de cada árvore para confirmar ou não seu corte. Tomou-se a orientação da inclinação natural das árvores confirmadas para corte pelo motosserrista e com um dispositivo laser (*LaserAce 300, Measurement Devices Ltd., Aberdeen, Scotland*) mediu-se a altura comercial (até a inserção dos primeiros galhos).

2.4. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E OBTENÇÃO DOS DADOS

2.4.1. Instalação das parcelas experimentais na área de estudo

Para avaliar o efeito da intensidade de corte nos danos causados na estrutura da vegetação remanescente, foi selecionada a Unidade de Trabalho 14 na UPA 7 (círculo vermelho na Figura 4), explorada em 2004 com intensidade de corte média nos arrastes (checada antes da exploração) de 7 árvores.ha⁻¹ (n=16, s= 1). Esta unidade possui uma superfície total de 100 ha, formato regular e condições homogêneas quanto a sua topografia e composição florística.

Em junho de 2004, antes da exploração, com auxílio de bússola e cabo de agrimensor, foram instalados dois transectos no sentido leste-oeste, paralelos às estradas secundárias, medindo 100 m x 900 m cada, totalizando uma superfície de 18 hectares. Os transectos foram instalados a uma distância mínima de 50 metros dos limites da UT para evitar influências das áreas de entorno (Figura 5).

Cada transecto foi dividido em 9 parcelas amostrais de 100 m x 100 m (1ha), subdivididas em 16 quadrados de 25 m x 25 m (0,625 ha), delimitadas por piquetes de madeira enumerados em cada ângulo. Foram inventariados e avaliados todos os indivíduos com DAP \geq 20 cm em toda a área de cada uma das parcelas, e em subparcelas aleatorizadas de 25 m x 50 m (0,125 ha), fez-se a amostragem dos indivíduos com DAP \geq 10 cm (Figura 5).

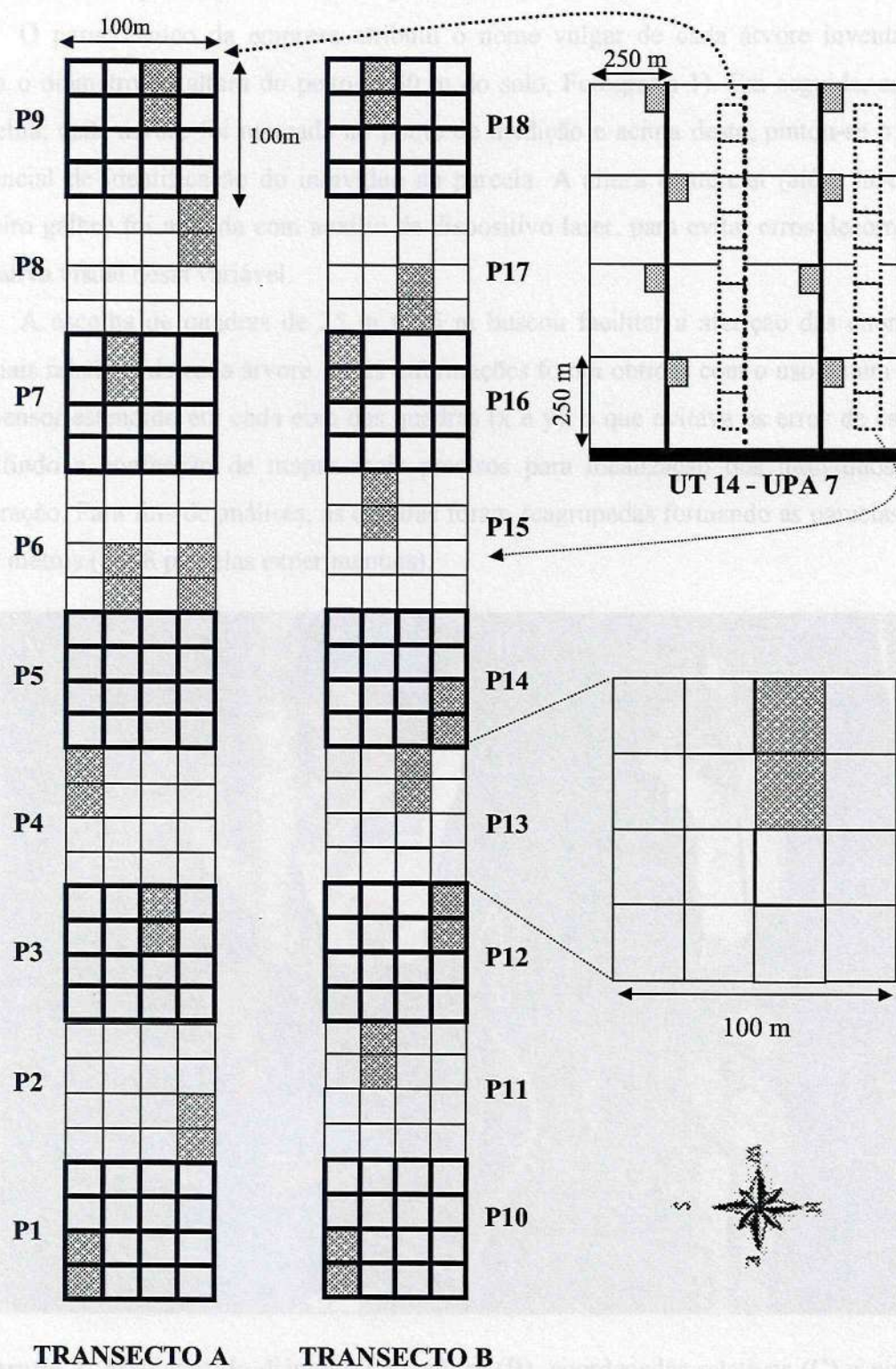


Figura 5. Desenho esquemático dos transectos com a distribuição aleatória das subparcelas (em cinza), na UT 14 da UPA 7, Fazenda Rio Capim Paragominas –PA.

2.4.3. Intensidade de corte e avaliação de danos na vegetação

As parcelas experimentais foram instaladas em uma UT de 100 ha submetida à exploração madeireira em julho de 2004. Portanto, não estavam livres de danos causados pela derruba e arraste de árvores externas (localizadas até 20 metros de distância das bordas de cada parcela). Ao mesmo tempo, algumas árvores que estavam localizadas dentro da área delimitada (100 m x 100 m) foram derrubadas para fora da parcela, sem infligir danos à vegetação inventariada. Para neutralizar estas trocas e calcular o número de árvores que deveria ser relacionado com os danos, fez-se uma criteriosa verificação de campo após as operações de derruba para checar quais as árvores que, de fato, incidiram sobre cada parcela.

Neste estudo, serão considerados dois indicadores de danos distintos, calculados com base no número de árvores derrubadas para cada uma das parcelas. O primeiro está relacionado exclusivamente com o número de árvores que estavam dentro de cada parcela e foram derrubadas e extraídas durante a exploração e será chamado de “Intensidade de Extração” (IE). O segundo, será denominado “Intensidade de Corte” (IC) e diz respeito ao número de árvores derrubadas que incidiram sobre a área de cada parcela infligindo danos à sua vegetação, levando-se em conta se as árvores que estavam localizadas nas bordas de determinada parcela caíram dentro ou fora da sua respectiva área delimitada (100 m x 100 m).

A abordagem geral dos impactos da exploração nas subparcelas de 25 m x 50 m (amostragem a partir de 10 cm de DAP) facilita comparações diretas com outros estudos. Entretanto, qualquer tentativa de extrapolação destes resultados resultava em estimativas imprecisas de danos na escala das parcelas que não haviam sofrido aquela mesma pressão das operações de derruba e arraste em toda a sua extensão. Por este motivo, as investigações dos impactos da exploração sobre a vegetação se concentraram nas informações coletadas na área total das parcelas, considerando apenas os indivíduos com $DAP \geq 20$ cm.

Os critérios para classificação de danos eventualmente observados de acordo com o seu tipo e grau de severidade são apresentados na Tabela 3. A avaliação e diagnóstico visual destes danos nas árvores inventariadas foi conduzida no campo com o apoio das ilustrações representadas na Figura 6.

TABELA 3. Protocolo de avaliação de danos das parcelas experimentais da UT 14 -UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas- PA.

Tipo de danos /Código	Descrição	Grau de severidade
Danos no tronco		
T1	Quebrado com altura < 3 m	Morto
T2	Quebrado com altura > 3 m	Morto
T3	Quebrado com altura > 3 m e rebroto	Severo
Danos na copa		
C1	Apenas pequenos galhos quebrados	Leve
C2	Galhos médios quebrados	Médio
C3	No mínimo metade da copa destruída	Severo
Árvores inclinadas		
I1	Ângulo de inclinação < 20°	Leve
I2	Ângulo de inclinação de 20° até 45°	Médio
I3	Ângulo de inclinação > 45°	Severo
Casca e madeira		
CM1	Apenas parte da casca removida	Leve
CM2	Casca e madeira afetadas	Médio
CM3	Casca e madeira afetadas (grande faixa do tronco)	Severo
Raiz arrancada (AR)	Raiz completamente arrancada	Morto

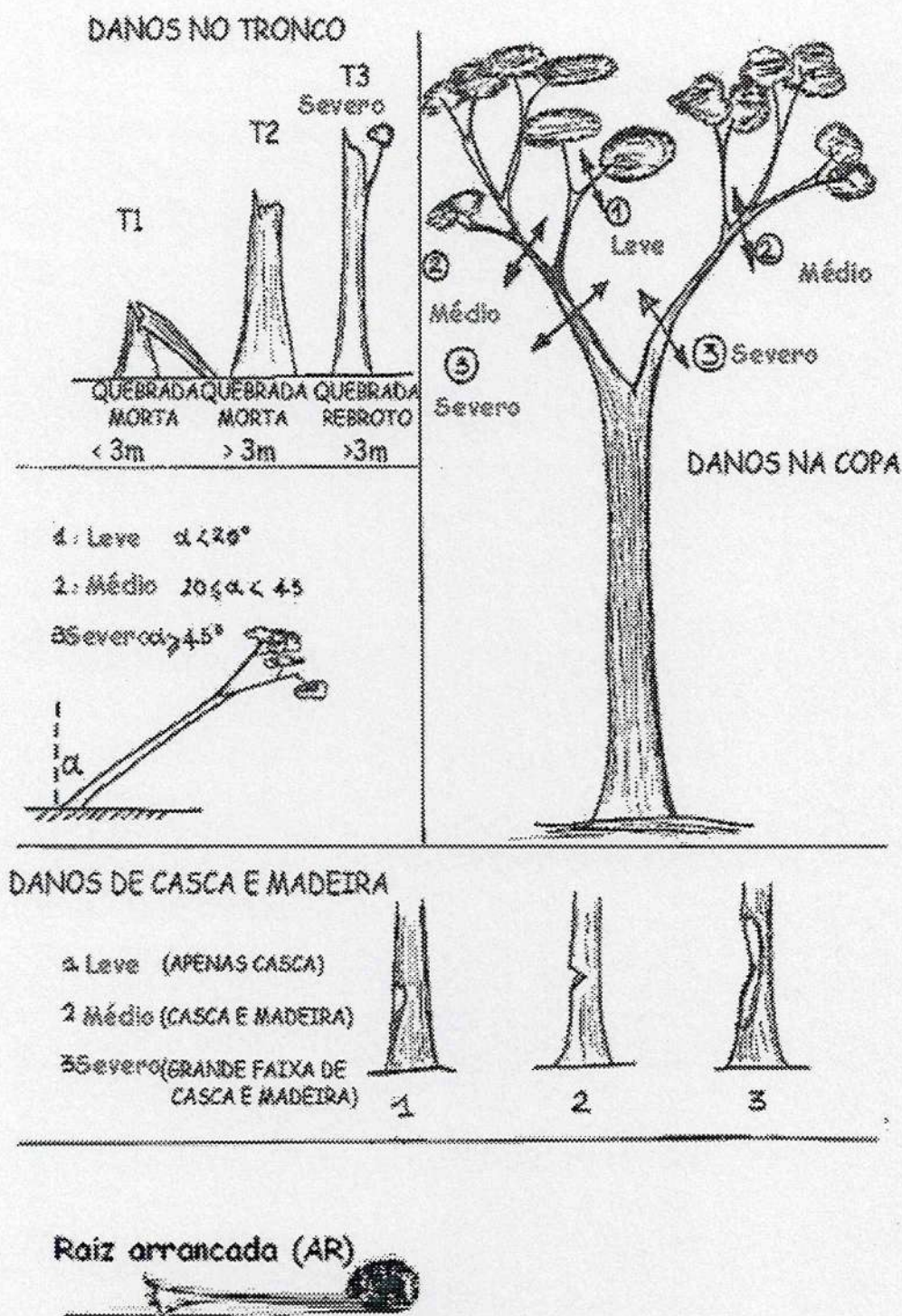


Figura 6. Protocolo de avaliação visual de danos aplicado nas parcelas experimentais da UT 14 na UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA.

2.4.4. Processamento de dados e avaliação pós-exploratória

Todas as observações foram anotadas em fichas de campo (APÊNDICES B e C) e posteriormente tabuladas em planilhas eletrônicas do Excel[®] para facilitar as análises no programa MINITAB[®]. Logo após o encerramento das atividades exploratórias, em agosto de 2004, os transectos foram reinstalados com a substituição dos piquetes quebrados pela queda de árvores e movimentação das máquinas. A avaliação dos impactos das operações de manejo na vegetação remanescente foi realizada durante os meses de setembro e outubro que se sucederam após a exploração.

2.4.5. Avaliação de danos no chão da floresta: medição dos ramais de arraste

A estimativa da área do chão da floresta afetada pela abertura dos ramais de arraste nas parcelas experimentais foi verificada cinco meses após a exploração.

Mediu-se a largura do arraste (lados de um trapézio) com um cabo de agrimensor, sem intervalos regulares de medição pré-estabelecidos (Fotografia 2). Esta largura correspondia à máxima extensão de distúrbios no solo, avaliada visualmente desde o ponto inicial do arraste. Caminhava-se sobre o ramal e quando se percebia mudança na faixa perturbada, outra medição era realizada, e assim sucessivamente, até o fim do ramal ou de sua influência na parcela. A distância entre dois pontos sucessivos (altura do trapézio) foi obtida com o dispositivo laser. Dessa forma, a área ocupada por um ramal incidente na parcela, correspondeu à soma das áreas dos trapézios sucessivos que o formavam.



Fotografia 2. Medição dos ramais de arraste nas parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA. Foto: Fabricio Ferreira

2.4.6. Avaliação das aberturas no dossel florestal

Antes da exploração, sobre os piquetes de delimitação das quadras, a cada 25 metros, mediu-se a densidade do dossel, uma medida indireta do regime de luz da floresta. A densidade do dossel é proporção do hemisfério de céu escurecido pela vegetação, quando observado de um só ponto (JENNINGS et al., 1999). Então, a diferença entre 100% e a densidade é igual ao percentual de abertura do dossel neste ponto.

A perda de dossel associada a todas as atividades de exploração foi estimada pela diferença entre a cobertura do dossel antes e cinco meses após a exploração, ao longo dos transectos da UT 14 na UPA 7. Em cada piquete, com um densiômetro esférico côncavo (Figura 7) obteve-se a média de 4 leituras distantes 90° entre si (nos sentidos Leste, Oeste, Norte e Sul). No total, foram 370 pontos de coleta distribuídos nas 5 linhas delimitadoras de cada transecto de 900 metros (Figura 5).

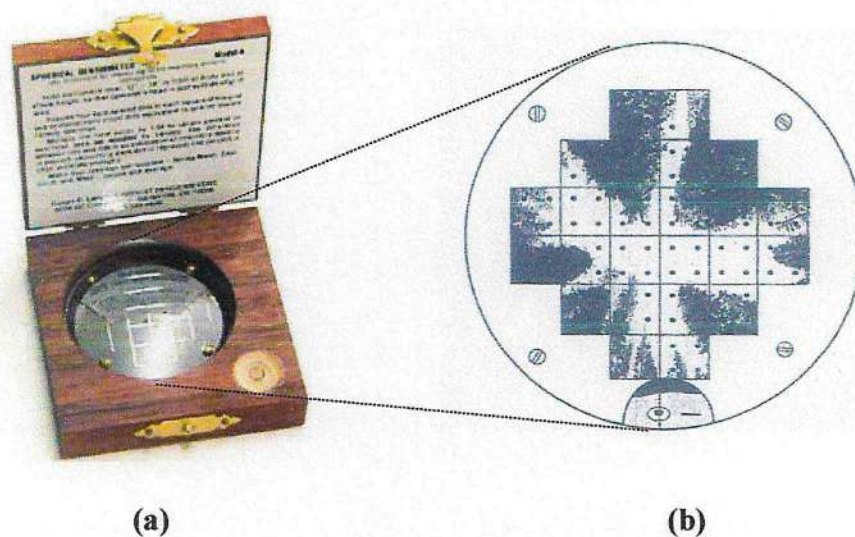


Figura 7. Densiômetro esférico côncavo (a) e a representação visual da sua utilização no campo (b) para determinação da abertura do dossel (área não escurecida pela vegetação) nas parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA.

2.5. RECONSTITUIÇÃO DA VEGETAÇÃO REMANESCENTE APÓS A EXPLORAÇÃO DE IMPACTO REDUZIDO

Este trabalho simulou a dinâmica do estoque comercial da vegetação remanescente em um sistema de manejo florestal policíclico com ciclos de corte de 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 e 60 anos. Portanto, para estimar o número de árvores exploráveis ao fim de cada ciclo, calculou-se a taxa de reconstituição (TR) da vegetação inicialmente apta para o abate.

Foi adaptada a fórmula proposta por Durrieu de Madron e Forni (1997), que se baseia na estrutura diamétrica da população, nos crescimentos individuais médios e na mortalidade ao longo dos anos:

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

Onde:

N_a = efetivo potencial remanescente após a exploração: número de árvores de espécies comerciais vivas que não sofreram danos severos com diâmetro na classe $[\text{DMC} - T \times \Delta D_{\text{médio}}; \text{DMC}]$, com:

DMC = Diâmetro mínimo de corte (55 cm na área estudada) e,

T = tempo transcorrido após a exploração (25 a 60 anos);

$\Delta D_{\text{médio}}$ = crescimento anual médio em diâmetro (0,25, 0,35 e 0,5 cm/ano);

N_0 = efetivo explorável: número de árvores de espécies comerciais antes da exploração com $\text{DAP} \geq 55 \text{ cm}$ a $T = 0$;

m = taxa de mortalidade anual: 1% (otimista, com base em florestas naturais intactas).

Oliveira (2005), na Floresta Nacional do Tapajós e Gourlet-Fleury et al. (2004) na área experimental de Paracou (Guiana Francesa), observaram taxas de crescimento diamétrico entre 0,3 e 0,6 cm/ano na população de árvores potenciais da colheita futura. Nestas pesquisas, as florestas foram submetidas à exploração planejada com diâmetro mínimo de corte de 55 cm, resultando em intensidades de corte entre 10 e 11 árvores.ha⁻¹.

Na ausência de indicadores locais de crescimento do sítio do presente e esperando-se uma intensidade de corte média menor do que nas áreas mencionadas acima, definiu-se hipoteticamente taxas de crescimento diamétrico 0,25 cm/ano até 0,5 cm/ano para o cálculo da taxa de reconstituição na Fazenda Rio Capim. Com isso, buscou-se formular cenários que simulem a dinâmica dos efetivos comerciais das 18 parcelas experimentais com ou sem a realização de intervenções silviculturais pós-exploratórias ao longo dos anos. Desta forma, os cenários ficaram assim definidos:

C1: Exploração de impacto reduzido sem intervenção silvicultural pós-exploratória

C2: Exploração de impacto reduzido + 1 intervenção silvicultural pós-exploratória

C3: Exploração de impacto reduzido + intervenções silviculturais repetidas

Para estimar a intensidade de corte futura das parcelas em cada um destes cenários, o número de árvores de espécies comerciais que atingiriam o diâmetro mínimo de corte foi multiplicado pela taxa de corte média das parcelas na primeira exploração. Esta taxa, por sua vez, foi calculada como a razão entre o número de árvores extraídas e o número de árvores aptas para o abate em cada parcela (espécies comerciais com $DAP \geq 55$ cm) e selecionadas para a derruba de acordo com o inventário pré-exploratório.

3. RESULTADOS

3.1. CARACTERÍSTICAS DA FLORESTA MANEJADA: DENSIDADE, DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA, ÁREA BASAL, VOLUMETRIA E ABERTURA DO DOSSEL.

Antes da exploração, a UT 14, correspondia a uma floresta primária com densidade de indivíduos com DAP ≥ 20 cm igual a 183 árvores.ha⁻¹ (n=18, s=13,3), relativa a uma área basal média de 23,4 m².ha⁻¹ (n=18, s=3,4) e um volume em pé médio de 299 m³.ha⁻¹ (n=18, s=48, Tabela 4). A partir dos dados obtidos na sub-amostragem dos indivíduos com DAP ≥ 10 cm obteve-se uma densidade calculada de 480 árvores.ha⁻¹ (n=18, s=96,7), área basal média de 28 m².ha⁻¹ (n=18, s=4) e um volume em pé médio de 355 m³.ha⁻¹ (n=18, s=54).

Em torno de 30% da área basal e 33% do volume iniciais são atribuídos às espécies comerciais (Figura 8). Com relação aos indivíduos passíveis de corte (espécies comerciais e com DAP ≥ 55 cm), estes são responsáveis por uma área basal média explorável de 4,7 m².ha⁻¹ (n=18, s=2,2), o que corresponde a 20 % da área basal total das parcelas.

TABELA 4. Valores médios de densidade, área basal, volume em pé e abertura do dossel antes e depois da exploração florestal em 18 parcelas na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas -PA. (Valores médios seguidos do desvio padrão).

<i>Variável</i>	<i>Antes da exploração</i>	<i>Depois da exploração</i>
Densidade (árvores.ha ⁻¹)	183 \pm 13,3	157 \pm 13,5
Volume (m ³ .ha ⁻¹)	299 \pm 48	226 \pm 27
Área basal (m ² .ha ⁻¹)	23 \pm 3,4	18 \pm 2,1
Abertura do dossel (%)	4,9 \pm 1	10,8 \pm 1,9

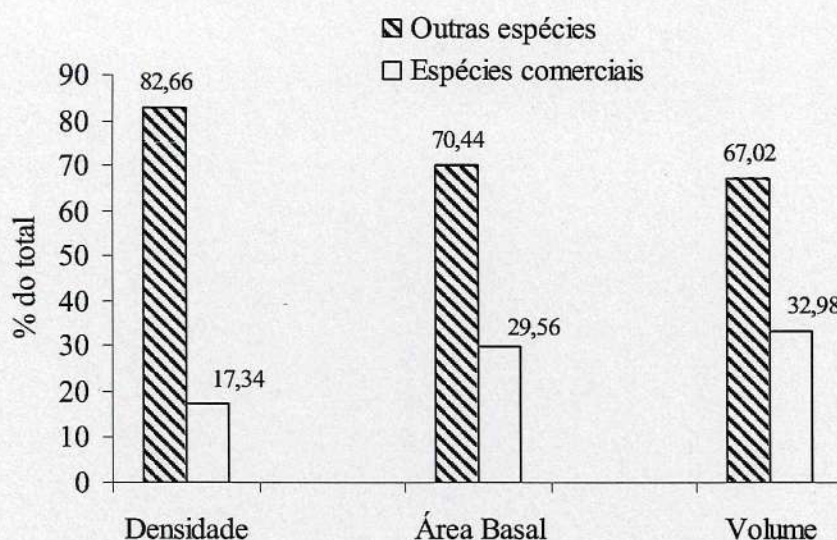


Figura 8. Valores percentuais de densidade, área basal e volume em pé dos indivíduos comerciais e não comerciais com DAP ≥ 20 cm em 18 parcelas na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas –PA.

Considerando todo o povoamento, verificou-se uma correlação positiva entre a densidade e a área basal média ($r=0,76$; $p<0,01$, Figura 9), com uma grande variabilidade entre as parcelas. Os valores de densidade vão desde 155 árvores.ha⁻¹ (P8) até 208 árvores.ha⁻¹ (P10), enquanto que a área basal varia entre 16,4 m².ha⁻¹ (P8) e 33 m².ha⁻¹ (P10). O percentual médio de abertura do dossel nas parcelas foi de 4,9% ($n=18$, $s=1,1$, APÊNDICE D) com variações desde 3,2 % (P10 e P17) até 6,7 % (P2).

De fato, na UT 14, grande parte da área basal pode ser explicada pela densidade de indivíduos de cada parcela, mas a área basal também depende do número de árvores em cada classe diamétrica. As parcelas P2 e P9 apresentam a mesma densidade (177 árvores), porém, tem valores de área basal distintos (respectivamente 20,6 m².ha⁻¹ e 25,2 m².ha⁻¹). Por outro lado, a parcela 10 (208 árvores.ha⁻¹ e 33 m².ha⁻¹) apresenta uma área basal e uma proporção de dossel aberto duas vezes maior que a parcela 8 (155 árvores e 16,4 m².ha⁻¹), o que pode ser um indicativo de diferentes estágios sucessionais na floresta (fases de clareira, construção e madura).

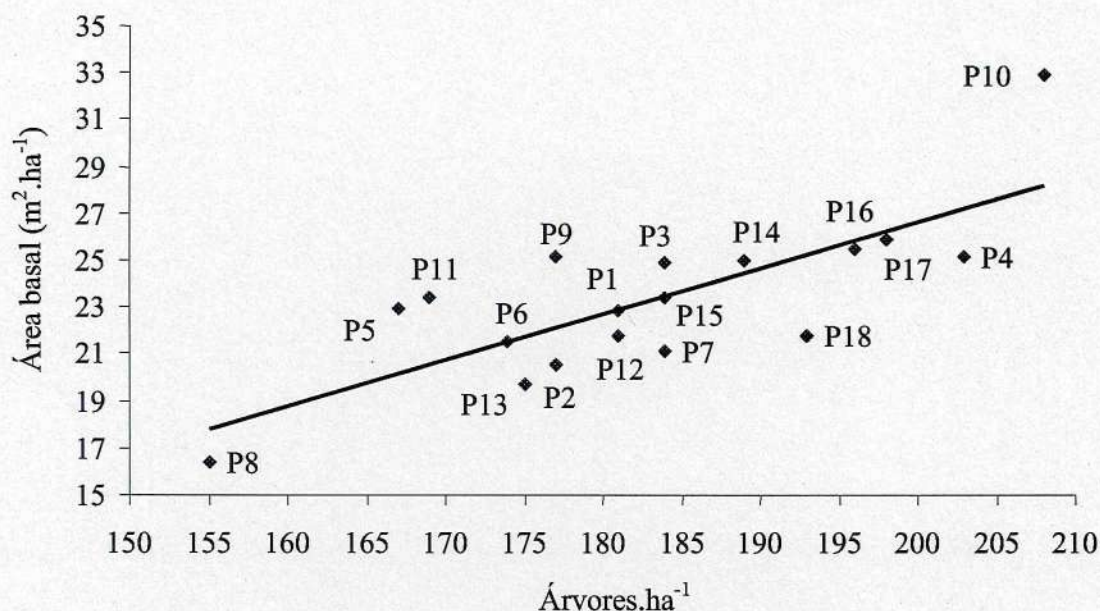


Figura 9. Densidade total (número de árvores.ha⁻¹) e área basal correspondente dos indivíduos com DAP ≥ 20 cm em 18 parcelas experimentais (100 m x 100 m) na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA. (Equação geral da reta: $y = 0,1962x - 12,57$; $r = 0,7638$; $p < 0,01$).

A distribuição da densidade da vegetação original segue uma tendência decrescente, na forma clássica de “j-invertido”, e nesse aspecto, as parcelas não apresentam diferenças significativas entre si ($\chi^2=70,56$, $p= 0,39$, $gl= 68$). Entretanto, análises dos valores de frequência revelam que a proporção de árvores mais grossas (DAP ≥ 60 cm) foi maior nas parcelas 3, 10 e 11. O número total de árvores por classe diamétrica, assim como a área basal, o volume em pé e a abertura do dossel em cada uma das parcelas antes e depois da exploração florestal são apresentados respectivamente nos APÊNDICES D e E.

3.2. OS IMPACTOS DA EXPLORAÇÃO SOBRE A FLORESTA

3.2.1. As características da exploração de impacto reduzido

A intensidade de extração nas parcelas ocorreu na faixa entre 2 e 11 árvores.ha⁻¹, com a retirada de 3 a 30 m³.ha⁻¹ de madeira (volume geométrico das toras, calculado no pátio), demonstrando uma distribuição do volume comercial bastante heterogênea na floresta natural. Em média, foram removidas 6,3 árvores.ha⁻¹ (n=18, s = 2,5), o que representa um volume médio de 21,3 m³.ha⁻¹ (n=18, s=9,8) de madeira em tora (Vol.tora) ou 51,4 m³.ha⁻¹ (n=18, s=29,7) do volume em pé das parcelas (Vol.pé), como ilustra a Figura 10. O diâmetro médio das árvores derrubadas foi 79,5 cm (n=113, s= 24,1) e para cada árvore extraída foram obtidos 3,4 m³ (n=113, s=2,2) de madeira em tora. A taxa de corte nas parcelas foi em média de 67,7% (n=18, s=20,8).

Apenas a derruba de árvores para obtenção de madeira significou uma redução média de 3,4 m².ha⁻¹ (n=18, s=2) na área basal das parcelas¹ (G_{red}), ou seja, 14% da área basal inicial de todos os indivíduos² com DAP ≥ 20 cm (%G₀) e 70% (n=18, s=18,6, Máx.= 100) da área basal das árvores passíveis de corte³ (%GC) presentes na floresta no início do estudo (Figura 10 e APÊNDICE F).

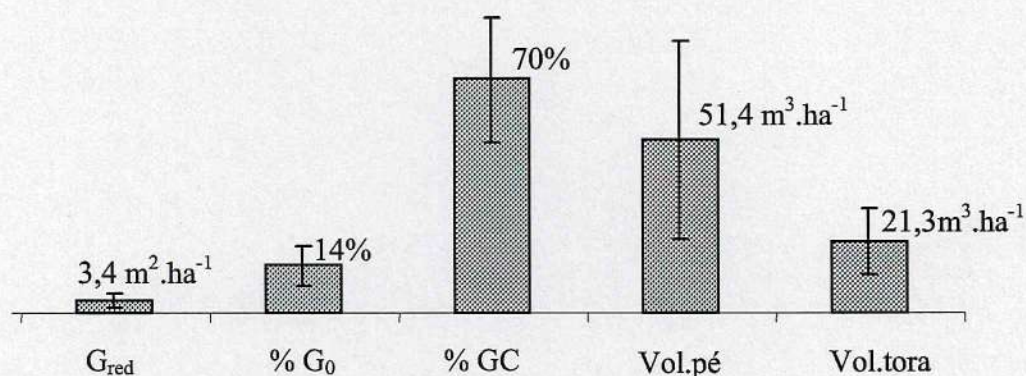


Figura 10. Valores médios e desvio padrão (nas barras) dos indicadores de intensidade de corte em 18 parcelas de 1 ha na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.

(1) G_{red} = área basal das árvores com DAP ≥ 20 cm removida das parcelas;

(2) %G₀ = proporção de redução na área basal inicial das parcelas;

(3) %GC = Proporção de redução na área basal inicial das árvores passíveis de corte: espécies comerciais com DAP ≥ 55 cm).

3.2.2. Os danos causados pela exploração de impacto reduzido

3.2.2.1. Descrição geral dos danos causados à vegetação original

Considerando apenas os indivíduos com DAP ≥ 10 cm presentes nas subparcelas (0,125 ha cada), tem-se que em média 22,1% (107 árvores.ha⁻¹) da vegetação inicial foi danificada durante as operações da exploração de impacto reduzido. A maior parte desse total (16,1%) diz respeito a árvores mortas e o restante é representado por indivíduos que apresentaram danos leves (2,0%), médios (2,3%) ou severos (1,7%) após a exploração.

Em média, 20,6 % (38 árvores.ha⁻¹) dos indivíduos inventariados (DAP ≥ 20 cm) foram danificados durante a exploração de impacto reduzido. Desse total, 13,9% foram mortos e 6,7% apresentaram algum tipo de dano, seja leve (2,2%), médio (2,3%) ou severo (2,2%, Figura 11). Para cada árvore que foi extraída, 4 foram mortas e 2 foram danificadas durante as operações de exploração florestal. Somando-se as perdas de árvores extraídas e destruídas (mortos + danos severos), tem-se uma redução média de 23,4% (n=18, s=9,1) na área basal total das parcelas (APÊNDICE F).

A proporção de árvores de espécies comerciais com DAP entre 35 e 55 cm (árvores do futuro considerando um ciclo de corte de 40 anos com crescimento médio de 0,5 cm/ano) que foram mortas ou severamente danificadas foi de 13%, isto significa que, para cada hectare manejado, em média 2 árvores (n=18, s=0,9) com potencial para a próxima safra foram destruídas.

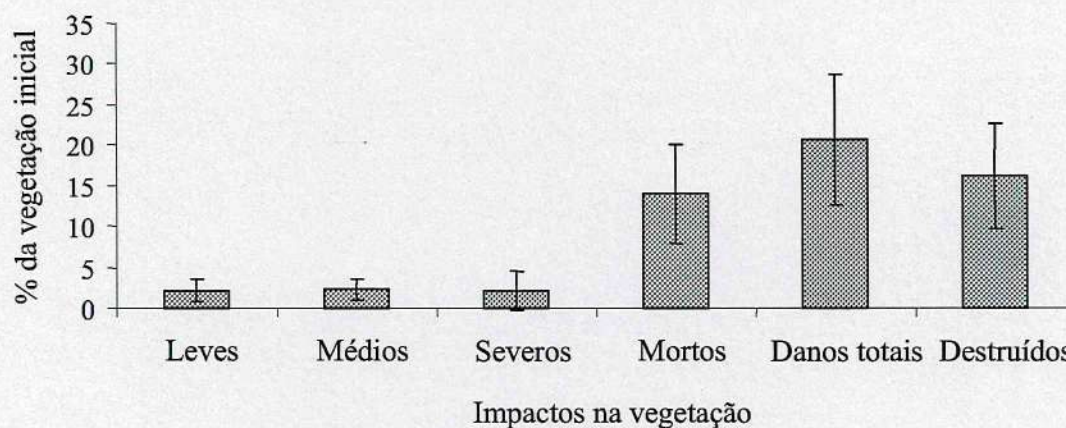


Figura 11. Proporção média (desvio padrão nas barras) da vegetação inicial (DAP ≥ 20 cm) danificada pela exploração em 18 parcelas na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.

3.2.2.2. A relação entre a intensidade de corte e os danos na vegetação

A pressão da exploração de impacto reduzido sobre a vegetação foi expressa em função do número (árvores.ha⁻¹), da área basal (m².ha⁻¹) e do volume (m³.ha⁻¹) das árvores extraídas, mas nem todos estes indicadores explicaram a proporção de danos causados nas parcelas, como mostra a Tabela 5. As médias de intensidade de extração (IE) e intensidade de corte (IC) apresentaram diferenças significativas entre si (teste t pareado=2,401, p<0,05, gl=17).

Baixos coeficientes de correlação indicaram que o número de árvores derrubadas nas parcelas, representado pela Intensidade de Extração (IE), não foi um bom indicador da proporção de árvores danificadas ou destruídas (Tabela 5). Por outro lado, a intensidade de corte (IC) mostrou correlação positiva com a proporção de árvores danificadas nas parcelas, com variação desde 6,5% (10 árvores.ha⁻¹, P8, IC= 2 árvores.ha⁻¹) até 39,5% (66 árvores.ha⁻¹, P5, IC= 14 árvores.ha⁻¹). A proporção de árvores mortas ou destruídas também foi diretamente proporcional à intensidade de corte (Figura 12), variando desde 5,8% (9 árvores/ha, P8, IC= 2 árvores.ha⁻¹) até 30% (50 árvores.ha⁻¹, P5, IC= 14 árvores.ha⁻¹, APÊNDICE F).

O percentual de redução da área basal inicial das parcelas (%G₀) se mostrou diretamente relacionado com a proporção de árvores danificadas ou destruídas pela exploração. O efeito da exploração na redução da área basal do povoamento apto para o corte (espécies comerciais com DAP ≥ 55 cm) também foi investigado (%GC), mas não explicou a proporção de danos nas parcelas. O volume total em tora extraído (Vol.tora) mostrou uma correlação de 62% com a proporção de árvores danificadas e o volume em pé (Vol.pé) explicou 57% da proporção de árvores destruídas nas parcelas experimentais (Tabela 5).

TABELA 5. Regressão linear entre os indicadores de intensidade de corte e danos em 18 parcelas na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.

Variável dependente(y)	Variável independente(x)	
	% de árvores danificadas	% de árvores destruídas
IC (árvores.ha ⁻¹)	y = 1,38706x + 4,3248, r = 0,81(p<0,05)	y = 1,5337x + 2,6909, r = 0,83(p<0,01)
IE (árvores.ha ⁻¹)	r = 0,42(p>0,05)	r = 0,45(p>0,05)
(%G ₀)	y = 0,7415x + 10,291, r = 0,55(p<0,05)	y = 0,6459x + 7 0533, r = 0,6(p<0,05)
%GC	r = 0,4(p>0,05)	r = 0,36(p>0,05)
Vol.tora (m ³ .ha ⁻¹)	y = 0,5096x + 9,7905, r = 0,62(p<0,05)	r = 0,39(p>0,05)
Vol.pé (m ³ .ha ⁻¹)	r = 0, 1(p>0,05)	y = 0,1241x + 9,6842, r = 0,57(p<0,05)

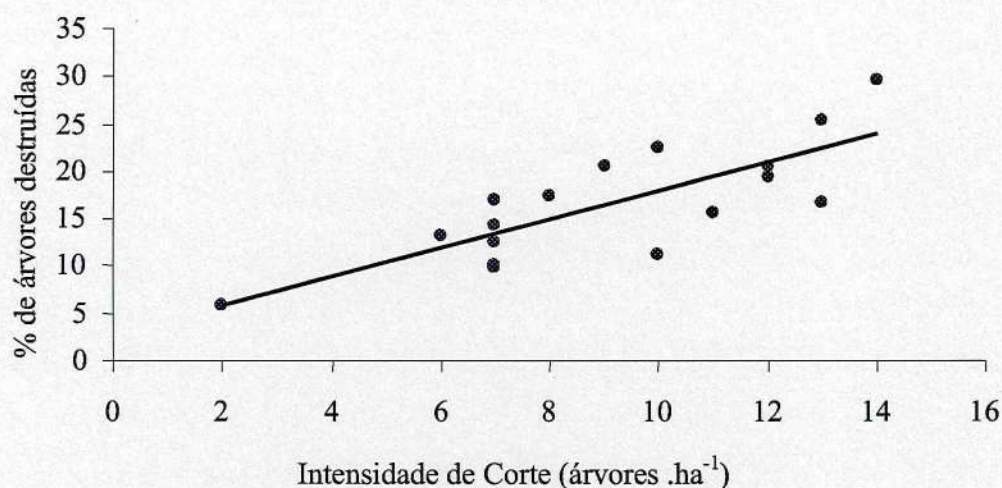


Figura 12. Regressão linear entre intensidade de corte e a proporção de árvores destruídas ($y = 1,5337x + 2,6909$, $r=0,83$, $p<0,01$) pela exploração de impacto reduzido em 18 parcelas na UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.

3.2.2.3. Os tipos e a distribuição dos danos na vegetação remanescente

No total de árvores danificadas que permaneceram vivas após a exploração, a maior frequência de danos (83% do total) foi observada na copa e no tronco (casca ou madeira), enquanto que árvores inclinadas ou com o tronco quebrado são representadas em menores proporções (Figura 13). Boa parte do total das árvores mortas apresentou o tronco quebrado (45% do total) enquanto os demais tiveram a raiz completamente arrancada ou foram cortadas durante a exploração (Figura 14).

Tão importante quanto observar a proporção de cada tipo de dano é compreender como estes impactos foram distribuídos sobre a estrutura geral da vegetação. O teste não paramétrico do Qui-Quadrado (χ^2) verificou se a incidência de cada tipo de dano seguiu (-) ou não (+) a distribuição diamétrica do povoamento original (Tabela 6). Para a obtenção dos valores teóricos, o percentual médio de cada categoria de dano foi aplicado sobre as densidades iniciais efetivas de cada classe de diâmetro. Para tanto, as árvores cortadas foram excluídas da densidade inicial do povoamento, uma vez que as classes diamétricas superiores ($DAP \geq 55$ cm) já sofrem pressão diferenciada em função da derruba.

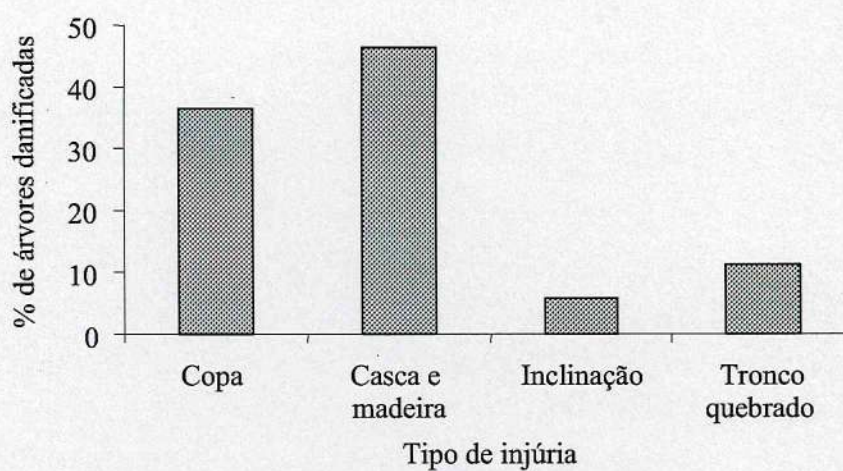


Figura 13. Proporção de cada tipo de dano causada pela exploração florestal nos indivíduos com DAP ≥ 20 cm da UT 14, na UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.

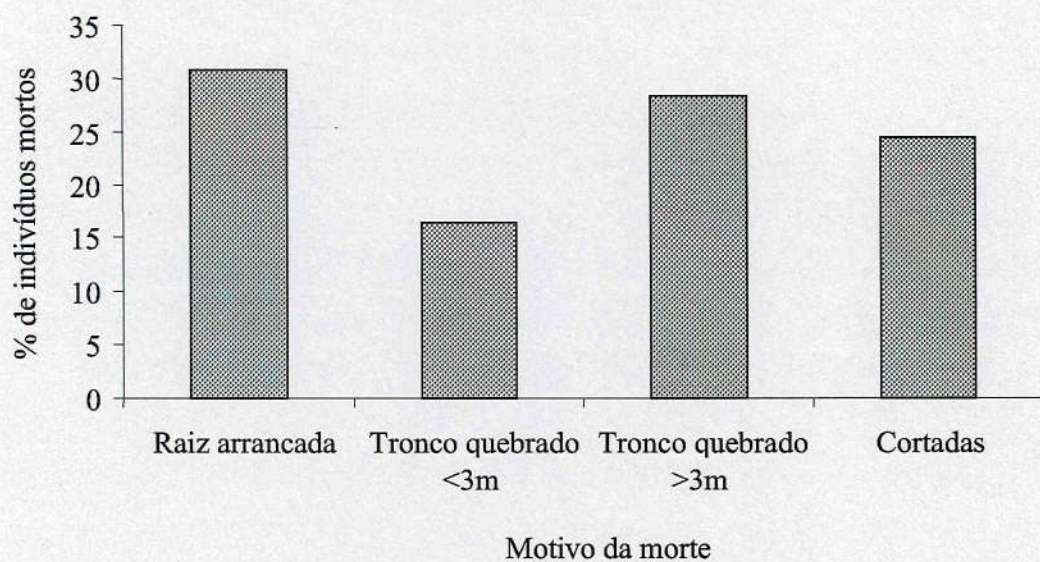


Figura 14. As causas de mortalidade durante a exploração de impacto reduzido em 18 parcelas na UT 14, da UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.

TABELA 6. Proporção e distribuição de árvores danificadas por cada categoria de danos nas 18 parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.

Tipo de dano	Proporção de árvores danificadas pela exploração florestal (número de indivíduos danificados / densidade inicial)						
	Copa	Casca e madeira	Tronco quebrado	Inclinação	Danos totais	Mortos	Destruídas
Média ± s	2,44 ± 1,8	3,11 ± 1,6	0,77 ± 1,3	0,38 ± 0,5	20,6 ± 8,1	13,9 ± 6,1	16,05 ± 6,5
Mínimo	0	0,54	0	0	6,45	3,55	5,81
Máximo	5,43	5,52	4,52	1,71	39,5	27,5	29,74
<i>Teste χ^2</i>	-	+	-	-	-	-	-
Figura	16a	16c	16b	16d	15a	15b	15c

As distribuições diamétricas das árvores que foram danificadas, mortas ou destruídas indicam que os valores observados superam os teóricos principalmente entre os indivíduos de menor diâmetro (20 a 29,9 cm, Figura 15). Ainda assim, a repartição da densidade total dos danos em todo o povoamento não apresentou diferenças significativas do padrão observado no povoamento original ($\chi^2=9,01$, $p= 0,17$, $gl= 6$ para danificadas; $\chi^2=8,11$, $p= 0,15$, $gl= 5$ para mortas e $\chi^2=5,47$, $p= 0,36$, $gl= 5$ para destruídas, Tabela 5).

Maiores proporções de danos na copa ocorreram nas árvores com diâmetro entre 30 e 49,9 cm, enquanto que danos no tronco foram mais frequentes nas árvores com diâmetro entre 40 e 59,9 cm (Figura 16). Apesar das diferenças dentro de algumas classes, as distribuições destes tipos de danos e das árvores inclinadas acompanharam a distribuição inicial da densidade ($\chi^2=1,01$, $p=0,91$, $gl=4$ para copa; $\chi^2= 1,24$ $p= 0,54$, $gl= 2$ para tronco e $\chi^2=0,54$ $p= 0,46$, $gl= 1$ para inclinadas, Tabela 6). Apenas as árvores com danos na casca ou madeira apresentaram distribuição diamétrica significativamente distinta ($\chi^2=8,95$, $p= 0,03$, $gl= 3$) com maiores contrastes nas classes de 20 a 29,9 cm e 40 a 49,9 cm .

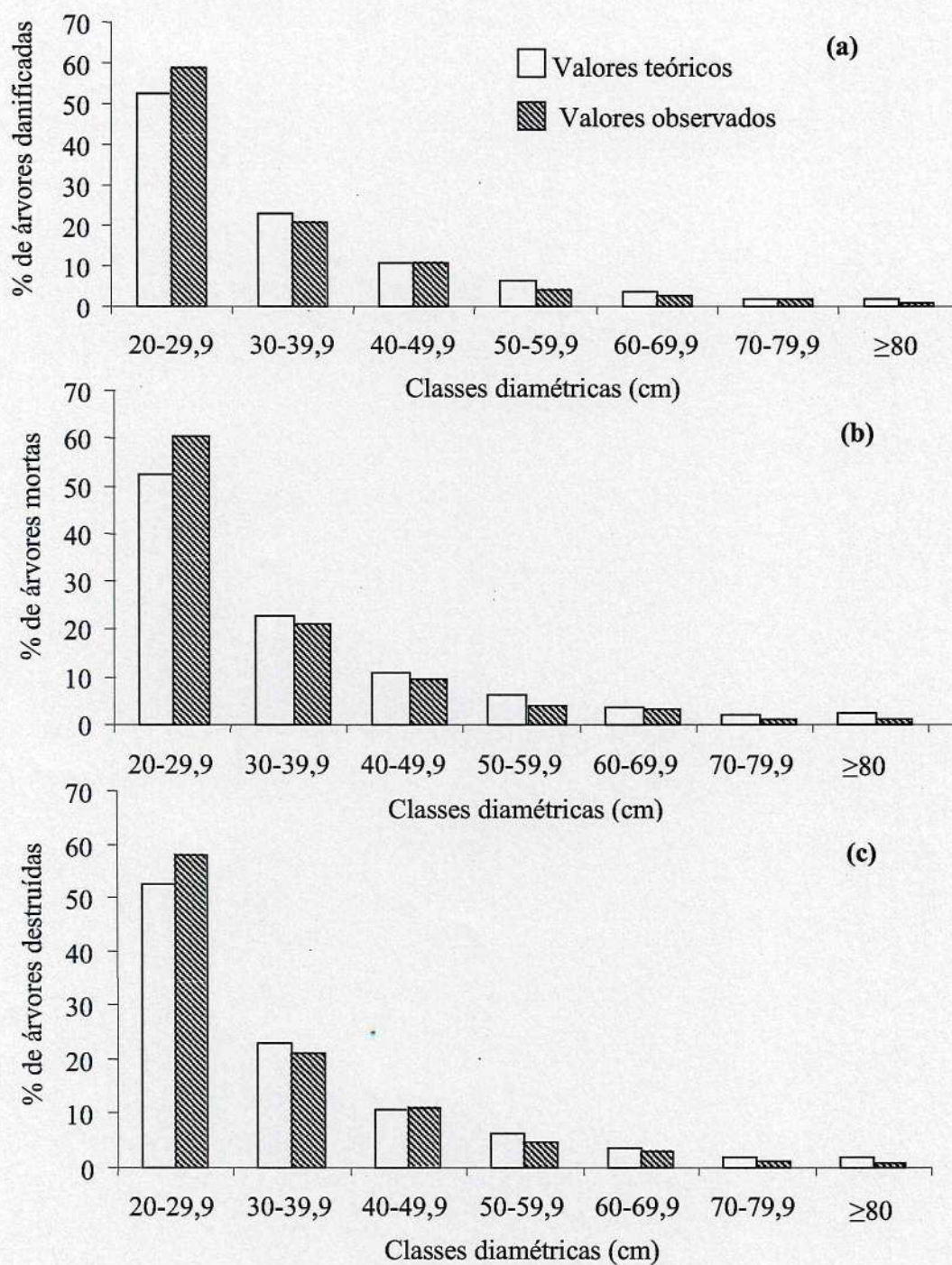


Figura 15. Distribuição diamétrica da proporção de árvores com DAP ≥ 20 cm que foram danificadas (a), mortas (b) ou destruídas (c) durante a exploração de impacto reduzido em 18 parcelas na UT 14, da UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.

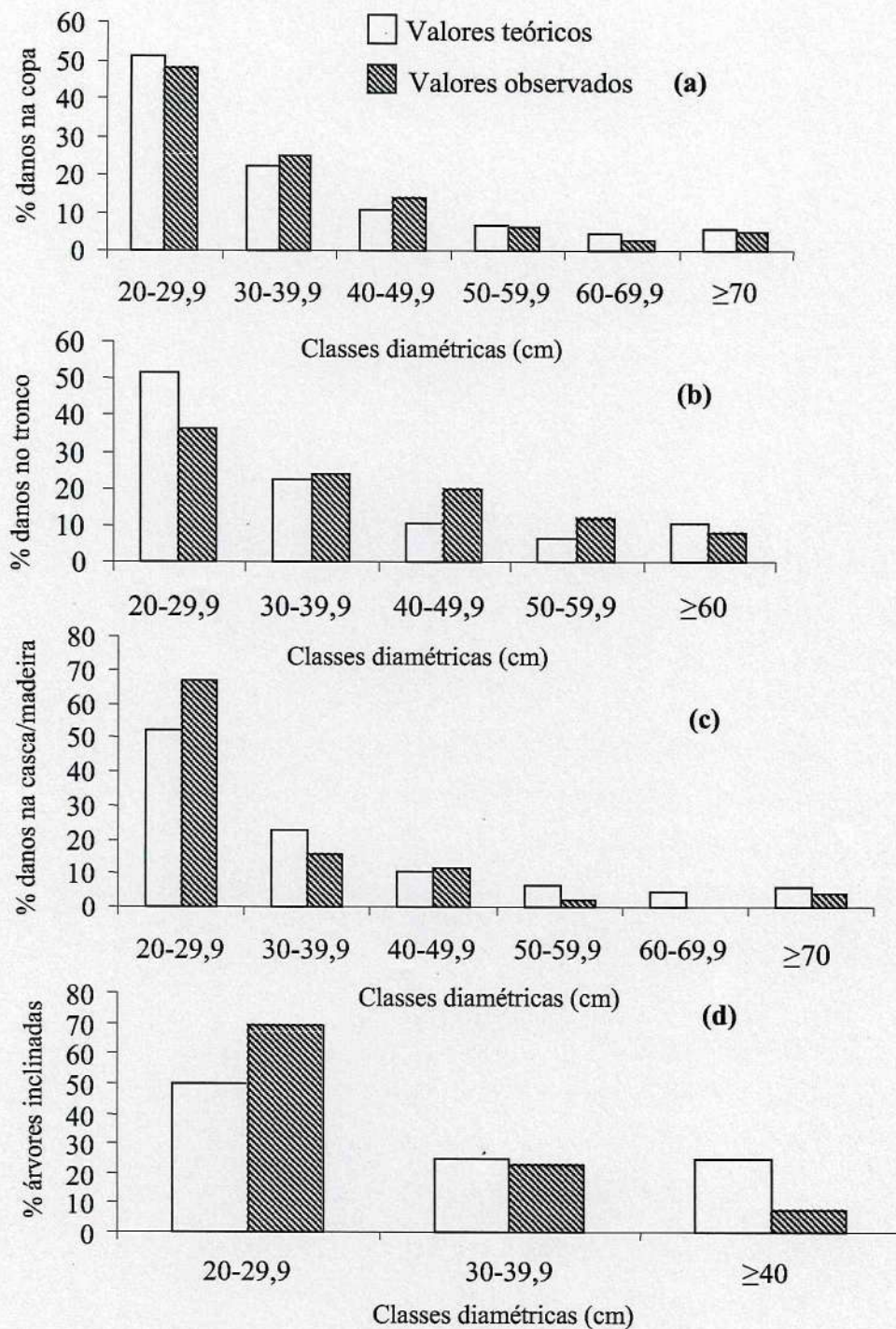


Figura 16. Distribuição diamétrica (DAP \geq 20 cm) do percentual de árvores com danos na copa (a), no tronco (b), na casca ou madeira (c) ou que foram inclinadas (d) durante a exploração de impacto reduzido em 18 parcelas na UT 14, da UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.

3.2.3. Os impactos da exploração no chão da floresta

Nas 18 parcelas, um total de 11.909 m² do chão da floresta foi perturbado pela passagem do trator florestal durante a construção dos ramais e arraste das toras. Menos da metade (4.845 m²) correspondem a ramais principais e 60% (7.064 m²) são atribuídos a ramais secundários. Em média, o total de terreno afetado por hectare foi 661 m² (n=18, s=247), ou seja, 6,6% (n=18, s=2,2) da área total de cada parcela foi alterada pela infra-estrutura temporária de exploração. Uma projeção dos ramais de arraste que foram medidos e mapeados numa parcela experimental é apresentada na Figura 17.

Foi observada diferença altamente significativa (teste t =9,745, p<0, 01, gl=84) entre as áreas totais ocupadas pelos ramais principais (média=302,8 m², s=118, n=16) e secundários (média=101 m², s=61, n=70). Por outro lado, suas respectivas larguras médias (3,42 m, s=0,34, n=16 e 3,29 m, s=0,36, n=70) são semelhantes entre si (teste t =1,132, p=0,19, gl=84).

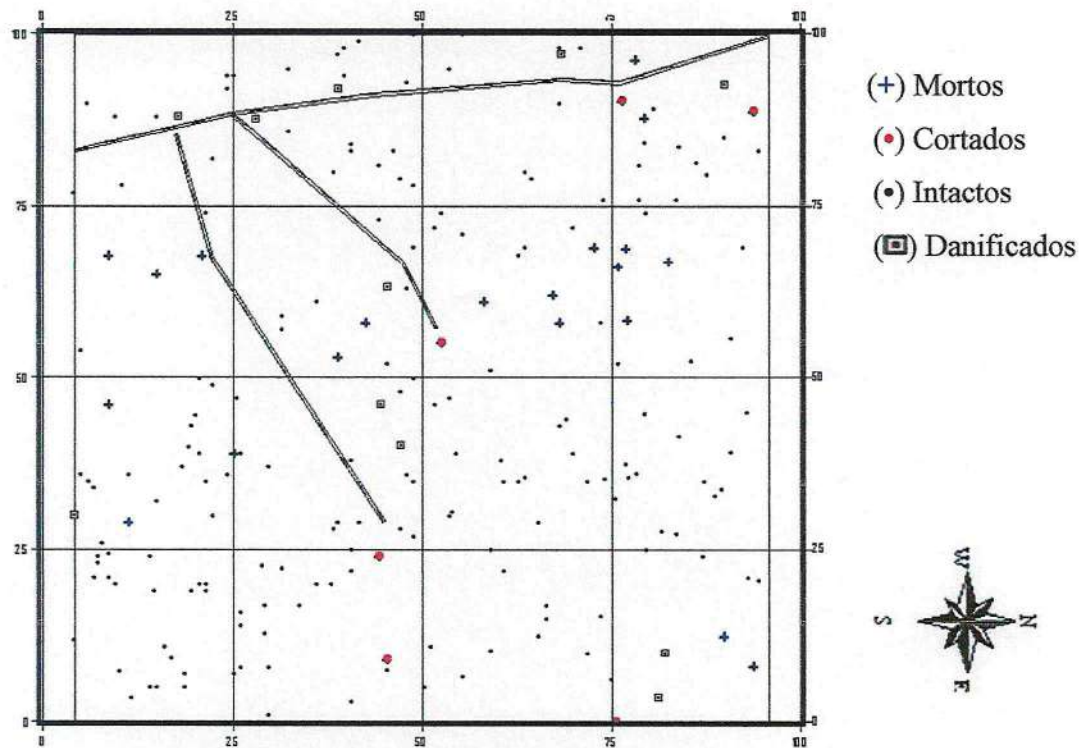


Figura 17. Mapeamento dos ramais de arraste criados pela exploração de impacto reduzido numa parcela experimental de 1ha da UT 14, na UPA 7, Fazenda Rio Capim-Paragominas-PA.

Para cada metro cúbico de madeira extraído, em média 44,2 m² (n=18, s= 53,6) de trilhas de exploração foram abertas na floresta. A área de terreno afetada por árvore extraída foi em média de 122,6 m² (n=18, s=80,9). O total de área de solo afetada pela exploração não mostrou correlação significativa com o número de árvores extraídas (r=0,46; p>0,05, gl=17) nem com o volume total de madeira em tora obtido nas parcelas experimentais (r=0,29; p>0,05, gl=17). A densidade de ramais de arraste também não explicou a proporção de árvores danificadas (r=0,07; p>0,05, gl=17), mortas (r=0,01; p>0,05, gl=17), ou destruídas (r=0,06; p>0,05) pela exploração florestal.

3.2.4. Os impactos da exploração no dossel florestal

Antes da exploração, quase todas as medições (91% do total) foram registradas na menor classe de abertura do dossel (0-5%), em contraste com o que foi observado na floresta explorada, que teve maiores proporções de abertura atribuídas às classes que representam uma maior penetração de luz no ambiente florestal ($\chi^2=134,95$, p= 0, gl= 4, Figura 18).

Em virtude da exploração, o percentual médio de abertura do dossel nas parcelas experimentais passou de 4,9 % (n=18, s=1,1) para 10,8 % (n=18, s=1,9), o que significa um incremento médio de 131% (n=18, s=58) de entrada de luz na floresta. Em algumas parcelas, a abertura final do dossel estava até 3 vezes maior do que as condições previamente registradas (P11 e P17, APÊNDICES D e E).

A abertura de dossel associada à exploração não esteve relacionada com o número (r=0,40, p>0,05, gl=17) ou com o diâmetro médio das árvores derrubadas (r=0,39, p>0,05, gl=17), mas pode ser explicada pelo volume médio em tora (r=0,49, p<0,05, gl=17), em pé (r=0,67, p<0,05, gl=17) ou pela área basal total extraída das parcelas (r=0,65, p<0,05, gl=17).

O percentual de abertura do dossel das parcelas após a exploração apresentou correlação linear significativa com a proporção de árvores danificadas (r=0,61, p<0,01, gl=17) e destruídas (r=0,71, p<0,01, gl=17) pela derruba e arraste de árvores exploradas.

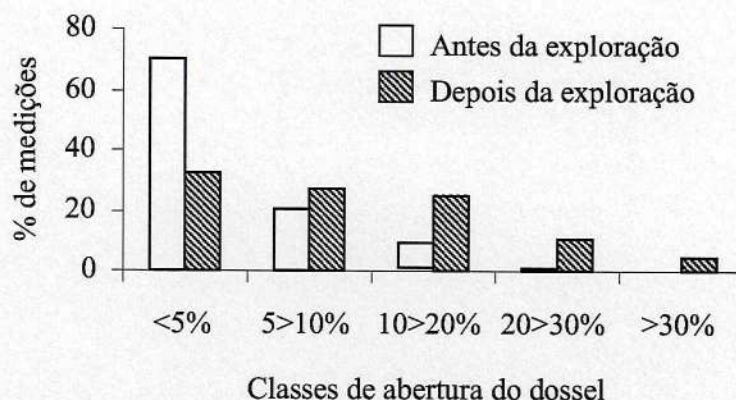


Figura 18. Proporção de medições de abertura do dossel antes e depois da exploração de impacto reduzido nos transectos da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.

3.2.5. A taxa de reconstituição das árvores exploráveis

A partir do estabelecimento de cenários de crescimento e mortalidade da vegetação, buscou-se avaliar a dinâmica das árvores de espécies comerciais que estariam aptas para a derruba na colheita futura. O cenário (C1), com menor crescimento diamétrico (0,25 cm/ano), simulou a recuperação natural do estoque de interesse econômico das parcelas após a exploração planejada. Para um ciclo de corte de 30 anos, o número esperado de indivíduos exploráveis seria equivalente a apenas 27% do número de árvores comerciais encontradas nas parcelas antes da primeira exploração e em 60 anos essa proporção não alcançaria 40% (Figura 19). Admitindo-se uma taxa de crescimento de 0,35 cm/ano (C2), em média 44% da vegetação estaria restabelecida nos próximos 45 anos, o que permitiria uma intensidade de corte média estimada em 2,6 árvores.ha⁻¹ para a segunda safra.

Com uma taxa de crescimento constante de 0,5 cm/ano (C3), o número máximo esperado de indivíduos exploráveis em 30 anos seria 50% do estoque comercial original, o que permitiria a retirada de 2,9 árvores.ha⁻¹, se a taxa de corte média das parcelas calculada na primeira exploração em 67,7% (n=18, s=20,8) fosse mantida (Figura 20). Em 35 anos, com uma taxa de reconstituição média de 61% este valor poderia chegar a 3,5 árvores.ha⁻¹. Com o aumento da duração do ciclo de corte para 40 anos, já seria possível praticar uma intensidade de corte de 4 árvores.ha⁻¹, mas seriam necessários no mínimo 60 anos para que 94% da vegetação de interesse madeireiro fosse recuperada (Figura 19).

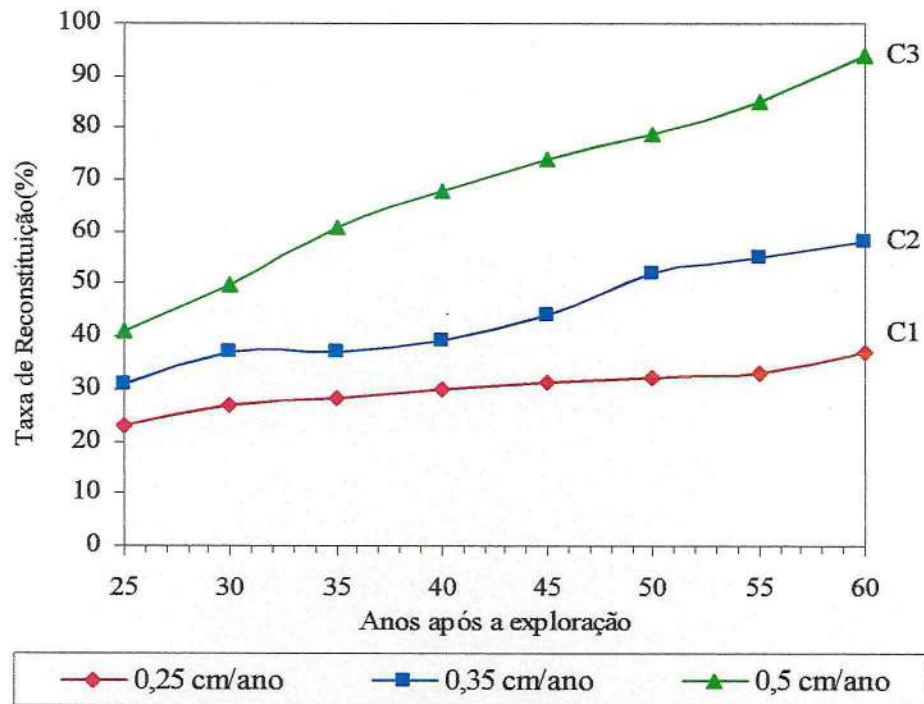


Figura 19. Taxa de reconstituição média das árvores exploráveis em diferentes cenários nas 18 parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.

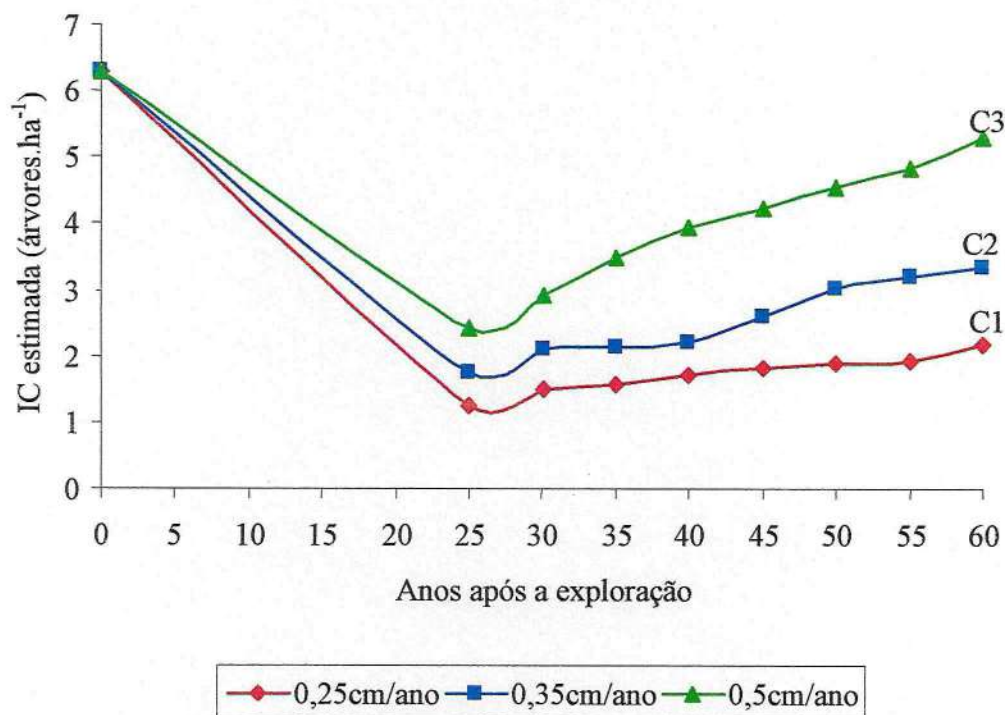


Figura 20. Estimativa da intensidade de corte média em diferentes cenários nas 18 parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.

4. DISCUSSÃO

A densidade e área basal média das árvores com DAP ≥ 20 cm nas parcelas experimentais são comparáveis aos resultados obtidos no inventário pré-exploratório realizado por Vu, 2002 (195 árvores.ha⁻¹; 22,3 m².ha⁻¹) e Pinheiro, 2004 (197 árvores.ha⁻¹; 22,9 m².ha⁻¹), ambos na Fazenda Rio Capim. A distribuição diamétrica da densidade da vegetação original seguiu uma tendência decrescente, na forma clássica de “j-invertido”, padrão típico de florestas tropicais (MEYER, 1952; JARDIM, 1985; ALDER, 1995). Observar a estrutura de uma floresta a ser manejada é fundamental para entender sua capacidade de regeneração e de reconstituição e definir melhor o ciclo de corte, o volume a ser explorado e as técnicas de regeneração a serem utilizadas.

Gourlet-Fleury et al. (2004), justificam as variações de parâmetros da estrutura florestal (área basal e densidade) em sítios tropicais, argumentando que a densidade é maior quando há um grande número de árvores pequenas e diminui quando ocorrem árvores grandes, o que não é verdadeiro para a área basal. Valores altos desta variável podem ser atribuídos a distribuições diamétricas com muitas árvores pequenas, algumas árvores de tamanho médio ou poucas árvores grandes. Estas diferenças é que vão determinar a capacidade de reconstituição do estoque madeireiro em cada área e devem ser levadas em conta na definição do número de árvores a serem exploradas ou preservadas para as safras futuras.

Portanto, a exploração florestal deve ser planejada considerando a variação destes parâmetros e precisa ser vista não somente como uma etapa do processo produtivo, mas também como uma intervenção silvicultural de maior importância que vai causar perturbações na floresta alterando sua estrutura e, a mais longo prazo, a sua composição florística.

Um exemplo das implicações destas variações no desempenho das atividades florestais pode ser observado neste estudo. A grande variabilidade no número de árvores exploradas nas parcelas (2 a 11 árvores.ha⁻¹) foi determinada por estes parâmetros (distribuição diamétrica e espacial de árvores de espécies comerciais aptas para a derruba), por fatores naturais dendrológicos (ocorrência de oco e rachaduras) ou operacionais que influenciaram na decisão final do motosserrista e resultaram em uma taxa de corte média de 67,7%, que mostrou uma diferença considerável entre o que foi planejado e executado durante a exploração.

A aplicação de um único diâmetro mínimo de corte prevendo um ciclo de corte comum para todas as espécies não considerou as características específicas dos indivíduos explorados e resultou em uma intensidade média de 6,3 árvores.ha⁻¹, que pode ser considerada alta, uma vez que a intensidade da exploração de impacto reduzido na região sempre foi em torno de 3-4 árvores.ha⁻¹ (JOHNS et al., 1996; BARRETO et al., 1998; SILVA et al., 2001; HOLMES et al., 2002), sobretudo pelas restrições incluídas nos critérios de seleção de árvores para derruba e a fraca densidade de ocorrência das espécies comerciais na região (VU, 2002). Entretanto, a média de volume total em tora extraído nas parcelas (21m³.ha⁻¹) revelou uma produtividade mais baixa, em comparação com os outros casos de exploração planejada citados acima.

Na verdade, esta intensidade de corte se aproxima dos valores relatados em pesquisas realizadas em áreas próximas, exploradas convencionalmente (Tabela 7). Com este aumento de pressão sobre a floresta e considerando a variabilidade entre as parcelas, os benefícios da exploração de impacto reduzido serão mantidos? Será garantida a produtividade do sistema no prazo previsto de 30 anos?

TABELA 7. Intensidade de corte, volume extraído, proporção de árvores destruídas na exploração convencional na região de Paragominas-PA.

Estudo	Árvores.ha ⁻¹	m ³ .ha ⁻¹	%destruídos	Região
Veríssimo et al., 1992	3,0	18,0	27,0	Paragominas-PA
Veríssimo et al., 1992	6,9	35,0	35,0	Paragominas-PA
Veríssimo et al., 1992	9,3	62,0	43,0	Paragominas-PA
Johns et al., 1996	5,6	30,0	27,0	Paragominas-PA
Pereira jr. et al, 2002	6,4	Nd ¹	nd	Paragominas-PA
Pereira jr. et al, 2002	3,7	23,3	nd	Paragominas-PA
Barreto et al., 1998	5,6	29,7	nd	Paragominas-PA
Gerwing, 2002	10,0	69,0	nd	Paragominas-PA
Gerwing, 2002	5,7	35,0	nd	Paragominas-PA
Média	6,2	37,8	33,0	
Desvio	2,3	18,8	7,7	

(1) nd = Dados não disponíveis

Na Amazônia, são muitos os estudos sobre os impactos da exploração na população de árvores, mas entre eles existem grandes diferenças nas metodologias adotadas, sistemas de exploração avaliados, critérios de seleção e distribuição espacial de árvores para a derruba, variáveis que descrevem a intensidade de exploração e forma de avaliação dos danos. Estas variações influenciam nos danos observados e impõem limites à uniformização e comparação das pesquisas entre si. A partir de pesquisas recentes, Valle et al. (comunicação pessoal¹) argumenta que em média 12% e no máximo 16% do povoamento original com DAP ≥ 10 cm são destruídos pela exploração de impacto reduzido.

O nível médio de danos observado das parcelas experimentais na Fazenda Rio Capim ($16,1\% \pm 6,5$) atinge valores extremos, e quando mais de 7 árvores são derrubadas por hectare, a proporção de árvores destruídas ($20\% \pm 5,3$) se aproxima do valor médio calculado para o desempenho observado na exploração convencional com intensidades de corte semelhantes ($26\% \pm 9,0$ de danos com $6,8$ árvores.ha⁻¹), com base nos resultados de Veríssimo et al.(1992), Johns et al.(1996) e Higuchi et al.(1997).

Sendo a proporção de árvores destruídas diretamente relacionada ao número de árvores que foram derrubadas, a redução de danos à vegetação não depende apenas da implementação das técnicas de impacto reduzido, mas também da limitação da intensidade de corte em florestas manejadas para fins madeireiros. Estes resultados estão em consonância com pesquisas realizadas em outras florestas tropicais que mostram que apenas em intensidades moderadas de extração (até 8 árvores.ha⁻¹), os métodos da EIR são bem sucedidos na redução de danos (SIST et al., 1998 e 2003 nas florestas asiáticas com alta densidade de dipterocarpaceas e VAN DER HOUT, 1999, na Guiana, onde se destaca a espécie comercial *Chlorocardium rodiei* com notável padrão de agregação de indivíduos).

Vale lembrar que esta intensidade de corte não diz respeito unicamente ao número de árvores que foram extraídas de cada parcela (que não apresentou correlação significativa com os danos, ver Tabela 4), mas também inclui as árvores adjacentes que incidiram na área experimental ocasionando danos na vegetação inventariada. Dessa forma, não seria correto, apenas com estes resultados já determinar uma intensidade de corte máxima para as explorações planejadas na Amazônia, até mesmo porque um único sítio de estudo não pode representar adequadamente a grande variação dos tipos florestais da região.

(1) VALLE, D.; SIST, P.; BEGUIN, E. Looking for RIL damage thresholds in the terra firme forests of the Amazon: A state of knowledge. Manuscrito ainda não publicado.

Dentre as variáveis analisadas (área basal, volume e outras), a intensidade de corte calculada com base no número de árvores derrubadas que incidiram sobre as parcelas experimentais e expressa em número de árvores por hectare, se mostrou como melhor indicador da proporção de danos à vegetação causados pela exploração. Esta variável tem uma vantagem operacional: pode ser controlada em atividades planejadas a partir do mapeamento logístico das árvores a serem derrubadas. Dessa forma, pode ser usada no monitoramento da qualidade de sistemas de exploração, por parte do manejador e órgãos de gestão ou certificação florestal. Com base nos dados pós-exploratórios, o avaliador poderia associar a intensidade de corte praticada com o nível de dano máximo aceitável para determinada floresta ou sistema de exploração.

Todas as operações que envolveram a exploração florestal na área de estudo foram planejadas de modo a reduzir os danos à floresta remanescente. Ainda assim, a derruba e o arraste de árvores ocasionaram maiores proporções de danos severos e árvores mortas do que danos leves e médios (Figura 11). Árvores com danos severos tem crescimento bastante inferior em relação a árvores com pouco ou nenhum dano, que devem ser as primeiras eliminadas na realização de desbastes (SILVA et al., 1999; COSTA, 2000). Além disso, árvores danificadas são mais susceptíveis ao ataque de agentes xilófagos que diminuem seu valor comercial e aumentam a taxa de mortalidade (JACKSON et al., 2002; SIST e NGUYEN-THÉ, 2002).

Em termos gerais, a exploração planejada causou menos mortes ou danos severos nas árvores com diâmetro entre 35 cm e 55 cm (13%) em comparação com todo o povoamento (16%). A maior causa de mortalidade foi a quebra do tronco das árvores, e a distribuição diamétrica deste tipo de dano demonstra que entre as árvores com diâmetro entre 30 cm e 60 cm, os valores teóricos foram sempre menores do que os valores observados (Figura 16). O mesmo pode ser dito para danos na copa nas árvores com diâmetro entre 30 cm e 50 cm ou danos na casca ou madeira para as árvores com diâmetro entre 40 cm e 50 cm.

As árvores potenciais com diâmetro entre 35 cm e 45 cm também devem merecer atenção diferenciada durante a derruba e o arraste, mas não são destacadas nos mapas de exploração que orientam as equipes de campo, o que impõem limites à prevenção de danos por parte do motosserrista no direcionamento do abate e do operador de skidder, que sempre procura o caminho de menor resistência da floresta.

Estas observações sugerem que a realização de inventário florestal a partir de 45 cm não seria suficiente para garantir a proteção das árvores remanescentes e das árvores potenciais da colheita futura. Deve-se considerar que reduzir o diâmetro mínimo do inventário

florestal requer uma avaliação criteriosa dos impactos desta mudança na relação de custos e benefícios da exploração de impacto reduzido.

As simulações da dinâmica das árvores do futuro mostram que mesmo no melhor cenário de crescimento, um ciclo de corte de 30 anos não seria suficiente para garantir uma segunda colheita produtiva. Mesmo que fosse atingido um crescimento constante de 0,5 cm/ano, a taxa de reconstituição média das parcelas no fim desse período seria de 50%, com uma intensidade de corte estimada duas vezes menor do que a da primeira exploração (Figura 20).

Nessas condições, a sustentabilidade econômica do sistema de produção poderia ser questionável. Contudo, há de se reconhecer que a taxa de reconstituição calculada pelo modelo de simulação aplicado neste estudo é otimista, uma vez que os danos causados pela derruba e arraste de árvores durante a exploração aumentam a mortalidade e a taxa de crescimento das espécies comerciais e estes valores tendem a declinar com o passar dos primeiros anos (De GRAFF, 1986; SILVA, 1989; HIGUCHI et al., 1997; SIST e NGUYEN-THÉ, 2002).

TABELA 8. Taxa de reconstituição média das árvores exploráveis em diferentes cenários nas 18 parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas – PA.

Ciclo de corte (anos)	Crescimento em diâmetro (cm/ano)		
	0,25	0,35	0,5
25	23%	31%	41%
30	27%	37%	50%
35	28%	37%	61%
40	30%	39%	68%
45	31%	44%	74%
50	32%	52%	79%
55	33%	55%	85%
60	37%	58%	94%

Considerando o efeito positivo de desbastes seletivos repetitivos para favorecer o crescimento em diâmetro das árvores potenciais em 0,5 cm/ano, depois de 40 anos já seria possível um segundo corte produtivo, com a extração de em média 4 árvores.ha⁻¹. A análise detalhada dessa projeção, mostra como combinar a análise prévia da variabilidade na

densidade de árvores potenciais no inventário 100% (para este cenário: espécies comerciais com $35\text{cm} \geq \text{DAP} < 55\text{cm}$) com a avaliação dos danos pós-exploratórios é importante para planejar a safra futura. A taxa de reconstituição será duas vezes maior nas parcelas com o maior número de árvores potenciais que não foram mortas ou severamente danificadas após a exploração ($t=1,188$, $p<0,05$, $n=16$; para as médias de efetivos intactos após a exploração).

Portanto, o sucesso do sistema silvicultural não depende somente da capacidade natural de regeneração e de reconstituição da floresta remanescente, mas também da redução dos danos gerais provocados pela extração de madeira, assim como da realização de tratamentos silviculturais para estimular o crescimento das árvores comerciais. Dessa forma, a aplicação isolada das técnicas de impacto reduzido baseadas em um diâmetro mínimo de corte de 55 cm que não corresponde às exigências ecológicas das espécies não é garantia de sustentabilidade.

Antes da primeira exploração o manejador já precisa saber quais as árvores a serem protegidas para a próxima safra, e então será possível projetar cenários futuros com modelos de simulação como o que foi aplicado neste estudo, que estimem a taxa de reconstituição das árvores exploráveis e permitam assegurar que a primeira exploração não vai remover da floresta um número excessivo de árvores, e conseqüentemente comprometer o ciclo seguinte. Com base no cenário mais produtivo deste estudo (ciclo de corte de 40 anos e crescimento de 0,5 cm/ano) e considerando um diâmetro mínimo de corte de 55 cm, este planejamento só seria possível se o DAP mínimo do inventário florestal fosse 35 cm. Vale ressaltar que uma redução no DAP mínimo do inventário florestal causaria impactos econômicos que devem ser contabilizados nos custos e benefícios da EIR.

Estas reflexões atestam a relevância das informações dos inventários pré-exploratórios, não apenas para o planejamento das estradas, ramais e pátios, mas também como ponto de partida para a elaboração das estratégias silviculturais a serem adotadas. O conhecimento prévio da floresta deve ser combinado com a análise dos dados pós-exploratórios para avaliar o desempenho da exploração na redução de danos nas árvores de interesse comercial. Neste viés, o monitoramento dos indicadores de crescimento da floresta nas parcelas permanentes é indispensável para a tomada de decisões silviculturais por parte do manejador.

A densidade de ramais de arraste nas parcelas foi bastante variável, mas a área total do chão da floresta afetada pela exploração se manteve dentro dos limites observados em outros casos de exploração planejada na região ($436 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ - $807 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$, para intensidade de corte de $6 \text{ árvores}.\text{ha}^{-1}$; Valle, comunicação pessoal). Como não foi encontrada correlação linear

entre o número de árvores extraídas e a área total afetada por hectare manejado, não foi possível supor qual seria a intensidade de corte máxima para limitar a área de solo a ser ocupada por ramais em uma exploração planejada.

A densidade de ramais não foi capaz de explicar a proporção de danos à vegetação. Isto aconteceu porque na exploração de impacto reduzido, o planejamento e construção de ramais de arraste diferenciados (principal, secundário, terciário), evitam que uma árvore a mais a ser extraída signifique uma área proporcional de trilhas a ser construída. Dessa forma, um número menor de árvores é arrancado ou ferido pela movimentação do skidder. Este aspecto também é bastante positivo sob o ponto de vista econômico, uma vez que a construção dos ramais de arraste representa boa parte dos custos da malha viária florestal em explorações planejadas (HOLMES et al., 2002).

Além de se preocupar com os danos na vegetação e no solo, a exploração também objetivou diminuir os impactos das operações florestais no regime de luz da floresta. A abertura do dossel nos transectos antes da exploração se mostrou duas vezes maior do que foi observado em outra floresta natural de Paragominas (GERWING, 2002). Contudo, este contraste é explicado pelo fato de que os pátios e as estradas secundárias da UT 14 foram construídas antes das medições deste estudo. Grandes mudanças na distribuição de medições em cada classe de abertura do dossel foram registradas após a exploração, mas estas alterações não estiveram relacionadas com a quantidade ou diâmetro das árvores extraídas em cada parcela.

5. CONCLUSÃO

- A exploração de impacto reduzido aplicada na área estudada danificou severamente em média 16% da vegetação original das parcelas experimentais;
- O número de árvores derrubadas sobre as parcelas foi o melhor indicador de danos causados pela exploração planejada. Assim sendo, a limitação da intensidade de corte em florestas de terra firme na Amazônia é fundamental para manter os benefícios da implementação das técnicas de impacto reduzido na região;
- Um ciclo de corte de 30 anos não é suficiente para garantir uma segunda colheita produtiva no sítio de estudo com a aplicação isolada das técnicas de exploração de impacto reduzido sem considerar a variabilidade da floresta natural;
- A manutenção do estoque comercial em níveis tecnicamente aceitáveis para uma segunda safra em 40 anos depende do efeito positivo de tratamentos silviculturais pós-exploratórios que estimulem o crescimento diamétrico das árvores potenciais e remanescentes;
- Conhecer a taxa de reconstituição das árvores exploráveis obtidas com base no inventário pré-exploratório é fundamental para planejar a exploração e evitar cortes excessivos. Estas projeções devem ser combinadas com a análise dos dados pós-exploratórios e dos indicadores de crescimento observados nas parcelas permanentes para auxiliar na tomada de decisões silviculturais por parte do manejador;
- Um diâmetro mínimo de 35 cm nos inventários pré-exploratórios previne os danos ao estoque comercial e projeção de cenários futuros, devendo-se considerar os impactos desta mudança na relação de custos e benefícios da EIR;
- A densidade de ramais de arraste nas parcelas se mantém dentro dos limites observados em outros casos de exploração planejada na região e não pôde ser explicada pela intensidade de corte;
- A exploração de impacto reduzido causa grandes mudanças no regime de luz da floresta, mas estas alterações independem do número ou diâmetro das árvores extraídas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDER, D. Growth Modelling for Mixed Tropical Forests. Oxford. University of Oxford. Tropical Forestry. Papers N°. 30, 1995. 231p.
- ALDER, D. Some issues in the yield regulation of moist tropical forests. Oxford. Oxford Forestry Institute - O.F.I. Occasional Papers 52, 2000. 27p.
- ALDER, D.; SYNNOTT, T.J. Permanent Sample Techniques for Mixed Tropical. Oxford. Oxford Forestry Institute. Tropical Forestry Paper 25, 1992.
- ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V.; FILHO, B. S. Desmatamento na Amazônia: indo além da “Emergência Crônica”. Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2004. 85 p.
- ALMEIDA, O. T; UHL, C. Planejamento do Uso do Solo do Município de Paragominas. Série Amazônia N° 09 - Belém: Imazon, 1998. 46p.
- ARIMA, E.; VERÍSSIMO, A. Brasil em Ação: Ameaças e oportunidades econômicas na Fronteira Amazônica. Série Amazônia N° 19 - Belém: Imazon, 2002. 22p.
- BARRETO, P.; AMARAL, P.; VIDAL, E.; UHL, C. Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management*. v. 108, p. 9-26, Aug. 1998.
- COLSON, F. Characterization and localisation of canopy gaps in humid tropical rainforest (Counami, French Guiana). University of Antwerp, 2003. 57p.
- CONNELL, J.H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1978. p.1302-1310.
- COSTA, D.H.M. Dinâmica da composição florística e crescimento em uma área de floresta de terra firme na Flona do Tapajós após a colheita de madeira. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará- FCAP. Belém: 2000, 81p.

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

DUPUY, B.; MAÎTRE, H-F; MSALLEN, I. Tropical forest management techniques: A review of the sustainability of forest management practices in tropical countries. Rome. FAO/Forestry Policy and Planning Division. Report. 1999. 37p.

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

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

FREITAS, J. V. Improving tree selection for felling and retention in natural forest in Amazonia through spatial control and targeted seed tree retention: a case study of a forest management project in Amazonas state, Brazil. D. Phill. Thesis. Department of Agriculture and Forestry. University of Aberdeen. 2004. 189p.

Forest Stewardship Council- FSC. www.fsc.org.br. Acessado em 19 de Janeiro de 2005.

GAYOT, M.; SIST. P. Vulnérabilité des espèces de maçaranduba face à l'exploitation em Amazonie brésilienne: nouvelles normes d'exploitation a definir. Bois et forêts des tropiques, 280 (2): 2004. p. 75-90.

GERWING, J.J. Degradation of forest through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon. Forest Ecology and Management 157, 2002. p.131-141.

GOURLET-FLEURY, S.; GUEHL, J.M.; LAROUSSINIE, O. Ecology and management of a neotropical rainforest. Lessons drawn from Paracou, a long-term experimental research site in French Guiana. Elsevier SAS, Paris, 2004. 311p.

HENDRISON, J. Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname. 1990. 204p.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; FREITAS, J. V.; VIEIRA, G.; COIC, A.; MINETTE, L. J. Crescimento e incremento de uma floresta amazônica de terra-firme manejada experimentalmente. Relatório Final Projeto Bionte - Biomassa e nutrientes florestais, INPA, DFID, 1997. p.89 – 131.

HOLMES, T.P., BLATE, G.M., ZWEEDE, J.C., 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.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite 1998-1999, *Separata*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brazil. 2000.

JACKSON, S.M., FREDERICKSEN, T.S., MALCOLM, J.R. Area disturbed and residual stand damage following logging in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management* 166, 2002. p. 271-283.

JARDIM, F. C. da S. Estrutura da floresta equatorial úmida do INPA. Dissertação de mestrado. Manaus, 1985. 195p.

JENNINGS, S.B., BROWN N.D., SHEIL, D. Assessing forest canopies and understory illumination: canopy closure, canopy cover and other measures. *Forestry* 72 (1), 1999. p. 59-73.

JOHNS, J.-F.; BARRETO, P.; UHL, C. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, 89: 1996. p.59-77.

KÖPPEN, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

LAMPRECHT, H. *Silviculture in the Tropical Natural Forests*. IN: Pancel, L. (Ed.), *Tropical Forestry Handbook*. Springer-Verlag. Berlin, 1993. p. 728-810.

MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia, Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília, 2004. 276p.

MEYER, H. A. Structure, growth and drain in balanced unevenaged forests. *J. For.*, nº 21, 1952. p. 98-108.

MOLINO, J. F.; SABATIER, D. Tree diversity in tropical rain forests: a validation of the Intermediate Disturbance Hypothesis. *Science*, 2001. 294: 1702-1704.

MORAIS CRUIA, A. P. de O.; VEIGA, J. B. da; LUDONINO, R. M. R.; SIMÃO NETO, M.; TOURRAND, J. F. Caracterização dos sistemas de produção da agricultura familiar de Paragominas-PA: a pecuária e propostas de desenvolvimento. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. Documento, 5. 1999, 55p.

NEPSTAD, D. C.; VERÍSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; MENDOZA, E.; COCHRANE, M.; BROOKS, V. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature*, 1999. 398, p.505-508.

OLIVEIRA, L. C. Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós. Tese doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, 2005. 183p.

PALMEIRA, A. F. Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à gestão do território do município de Paragominas (Estado do Pará). Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE., 2004. 265p.

PEREIRA, R. JR.; ZWEEDE, J.; ASNER, G.P. & KELLER, M. Forest canopy damage and recovery in reduced impact and conventional selective logging in eastern Pará, Brazil. *Forest Ecology and management*, 2002.168: p.77-89.

PINHEIRO, K. A. O. Fitossociologia de uma área de preservação permanente na Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA. Belém:2004. 80p.

PUTZ, F. E.; BLATE, G. M.; REDFORD, K. H.; FIMBEL, R.; ROBINSON, J. Tropical Forest Management and Conservation of Biodiversity: an Overview. *Conservation Biology* 2001. 15(1): 7-20.

SABOGAL, C.; SILVA, J. N. M.; ZWEED, J.; PEREIRA JR., R.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C. A. Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de terra firme na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental Documentos, 64. 2000. 52p.

SCS. Sumário público: Avaliação de certificação do manejo florestal das florestas naturais da CIKEL Brasil Verde S.A. - Fazenda Rio Capim. Paragominas - Pará - Brasil. Scientific Certification Systems, Califórnia-USA. 2001. 39p.

SILVA, E. J. V. Dinâmica de florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia oriental. São Carlos, 2004. 148p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SILVA, J.N.M. The behaviour of tropical rainforest of Brazilian Amazon after logging. Tese Doutorado. Oxford University, 1989.302p.

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

SILVA, J. N. M., Carvalho, J.O.P., Oliveira, R. P., Oliveira, L.C., 1996. Growth and yield studies in the Tapajós region, Central Brazilian Amazon. *International forestry review*.75.

SILVA, J. N. M., SILVA, S.M.A. da; COSTA, D.H.M., BAIMA, A.M.V.; OLIVEIRA, L.C. de; CARVALHO, J.O.P. de; J. do C.A. Crescimento, mortalidade e recrutamento em florestas de terra-firme da Amazônia Oriental: observações nas regiões do Tapajós e Jarí. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999 (Pôster).

SILVA, R. das C. Contribuição de levantamento de solo a caracterização dos sistemas naturais e ambientais na região de Paragominas-Estado do Pará. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará- FCAP. Belém:1997. 107p.

SILVA, S.M.A. da; SILVA, J.N.M.; BAIMA, A.M.V.; LOBATO, N.M.; THOMPSON, I.S.; COSTA-FILHO, P.P. Impacto da exploração madeireira em floresta de terra firme no Município de Moju, Estado do Pará. In: SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. de; YARED, J.A.G. A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID, 2001. p.309-323.

SIST, P.; NOLANT, T.; BERTAULT, J. -G.; DYKSTRA, D. Harvest intensity versus sustainability in Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 1998.108: 251-260.

SIST, P. Reduced-Impact logging in the tropics: objectives, principles and impact of research. *International Forestry Review*, 2000. 2 (1): p.3-10.

SIST, P.; NGUYEN-THÉ. Logging damage and the subsequent dynamics of a dipterocarp forest in east Kalimantan (1990-1996). *Forest Ecology and Management*, 2002. 165: p.86-103.

SIST, P.; FIMBEL, R.; SHEIL, D.; NASI, R.; CHEVALLIER, M.-H. Towards sustainable management of mixed dipterocarp forests of Southeast Asia: moving beyond minimum diameter cutting limits. *Environmental Conservation*, 2003. 30(4): 364-374.

SOUZA, A. L. L. (de). Desenvolvimento sustentável, manejo florestal e o uso dos recursos madeireiros na Amazônia: desafios, possibilidades e limites. Belém: UFPA/ NAEA. 2002.

UHL, C.; VIEIRA, I.C.G. Ecological impact of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region of the state of Pará. *Biotropica*, 1989. 21:p.98-106.

UHL, C.; KAUFFMAN, J.B. Deforestation fire susceptibility and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. *Ecology* 71, 1990. p.437-449.

UHL, C.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, A.; VIDAL, E.; AMARAL, P.; BARROS, A.C.; CARLOS SOUZA, J.; JOHNS, J.; GERWING, J. Natural resource management in the Brazilian Amazon: an integrated research approach. *BioScience* 47, 1997. p.160-168.

VAN DER HOUT, P. Reduced impact logging in the tropical rain forest of Guyana: ecological, economical, and silvicultural consequences. PhD Thesis Utrecht University. Tropenbos Guyana Series 6. 1999.

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*, 55, 1992. p.169-199.

VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; TARIFA, R.; UHL, C. Extraction of a high-value natural resource in the Amazonia: the case of mahogany. *Forest Ecology and Management* 72, 1995. p.39-60.

VU, THI-TAM. Caractérisation des dégâts d'exploitation de la canopée dans une forêt amazonienne de terre ferme (Brésil). DESS de l'université de Paris XII. 2002.

WADSWORTH, F. H. Forest Production for Tropical Forest. Washington USDA - Forest Service. 1997.

WATRIN, O. dos S.; ROCHA, A. M. A. Levantamento da vegetação natural e do uso da terra no município de Paragominas (PA) utilizando imagens TM/LANDSAT. Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 124. Belém, 1992. 40p.

WINKLER, N. Report of a case study on "environmentally sounds forest harvesting": testing the applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Draft Report, 1997. 59 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Lista das espécies comerciais exploradas na Fazenda Rio Capim do Grupo CIKEL Brasil Verde, Paragominas-PA.

FAMÍLIA/NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR
ANACARDIACEAE	
<i>Anacardium giganteum</i> W.Hancock ex Engl.	Cajú-açú
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Muiracatiara
ARALIACEAE	
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. et Frodin	Morototó
BIGNONIACEAE	
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex A.DC.) Standl.	Ipê-roxo
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) Nichols	Ipê-amarelo
BOMBACACEAE	
<i>Bombax longipedicellatum</i> (Robyns) Ducke	Sumaúma
BORAGINACEAE	
<i>Cordia</i> sp.	Freijó
BURSERACEAE	
<i>Protium altsonii</i> Sandwith	Breu-vermelho
<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.	Breu-sucuruba
CELASTRACEAE	
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba
COMBRETACEAE	
<i>Terminalia argentea</i> (Cambess) Mart.	Tanibuca

APÊNDICE A. Lista das espécies comerciais exploradas na Fazenda Rio Capim do Grupo CIKEL Brasil Verde, Paragominas-PA.

FAMÍLIA/NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR
FLACOURTIACEAE	
<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichl.	Melancieiro
HUMIRIACEAE	
<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Uxi
LAURACEAE	
<i>Licaria cannella</i> (Meissner) Kosterm.	Louro-preto
<i>Ocotea costulata</i> (Nees) Mez	Louro-amarelo
<i>Ocotea dissimilis</i> C.K. Allen,	Louro-canela
<i>Ocotea rubra</i> Mez	Louro-vermelho
<i>Ocotea sp.</i>	Louro-abacate
LECYTHIDACEAE	
<i>Couratari oblongifolia</i> Ducke et Kunth	Tauari
<i>Lecythis paraensis</i> Huber	Sapucaia
LEGUMINOSAE	
<i>Andira stipulacea</i> Bent.	Angelim-coco
<i>Bowdichia nitida</i> Spruce	Sucupira-pele de sapo
<i>Cedrelinga cataeniformis</i> Ducke	Cedroarana
<i>Copaifera sp.</i>	Copaíba
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Angelim-vermelho
<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff var. <i>leptophylla</i> (Kleinh.) Amshoff	Sucupira-preta
<i>Diploptropis sp.</i>	Sucupira-folha grande
<i>Dipteryx odorata</i> Aubl.	Cumarú
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá
<i>Hymenolobium petraeum</i> Ducke	Angelim-pedra
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Currupixa
<i>Parkia gigantocarpa</i> Ducke	Faveira-rosa

APÊNDICE A. Lista das espécies comerciais exploradas na Fazenda Rio Capim do Grupo CIKEL Brasil Verde, Paragominas-PA.

FAMÍLIA/NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR
LEGUMINOSAE	
<i>Parkia multijuga</i> Benth.	Fava-arara-tucupi
<i>Peltogyne</i> cf. <i>lecointei</i> Ducke	Roxinho
<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq.	Timborana
<i>Platymiscium filipes</i> Benth.	Macacaúba
<i>Stryphnodendron guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Fava de paca
<i>Sweetia nitens</i> (Vog.) Benth	Perobinha
<i>Vatairea guianensis</i> Aublet	Sucupira-amarela
<i>Vatairea paraensis</i> Ducke	Angelim-amargoso
<i>Parkia oppositifolia</i> Spruce ex Benth	Fava-coré
MELIACEAE	
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Andiroba
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro-rosa
MORACEAE	
<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	Tatajuba
<i>Brosimum acutifolium</i> Huber ssp. <i>Acutifolium</i>	Inharé
<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Amapá
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Pranch. & Endl.) Rusby	Inharé
MYRISTICACEAE	
<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	Ucuúba da terra firme
PROTEACEAE	
<i>Roupala glabrata</i> Klotzsch	Louro-faia
RUBIACEAE	
<i>Capirona huberiana</i>	Escorrega-macaco

APÊNDICE A. Lista das espécies comerciais exploradas na Fazenda Rio Capim do Grupo CIKEL Brasil Verde, Paragominas-PA.

FAMÍLIA/NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR
RUTACEAE	
<i>Euxylophora paraensis</i> Huber	Pau-amarelo
SAPOTACEAE	
<i>Chrysophyllum lucentifolium</i> Cronquist ssp. <i>pachycarpum</i> Pires et T.D.Penn.	Goiabão
<i>Manilkara bidentata</i> (A. Dc. Chev) ssp. <i>Surinamensis</i> (Miq.) Pennington	Maçaranduba
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Chevalier	Maçaranduba
<i>Manilkara paraensis</i> (Huber) Standl.	Maparajuba
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Currupixa
<i>Pouteria pachycarpa</i> Pires	Goiabão
SIMAROUBACEAE	
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupá

APÊNDICE C. Modelo de ficha de campo para medição da abertura do dossel com densiômetro nas parcelas experimentais da UT 14, UPA 7, Fazenda Rio Capim Paragominas-PA.

T	L	PIQUETE	N	S	E	W	OBSERVAÇÃO
1	1	0					
1	1	25					
1	1	50					
1	1	75					
1	1	100					
1	1	125					
1	1	150					
1	1	175					
1	1	200					
1	1	225					
1	1	250					
1	1	275					
1	1	300					
1	1	325					
1	1	350					
1	1	375					
1	1	400					
1	1	425					
1	1	450					
1	1	475					
1	1	500					
1	1	525					
1	1	550					
1	1	575					
1	1	600					
1	1	625					
1	1	650					
1	1	675					
1	1	700					
1	1	725					
1	1	750					
1	1	775					
1	1	800					
1	1	825					
1	1	850					
1	1	875					
1	1	900					

T= Transecto; L= Linha

APÊNDICE D. Distribuição diamétrica da densidade, área basal (G), volume em pé (Vol.) e percentual de abertura do dossel (AD) antes da exploração florestal nas parcelas experimentais da UT 14, na UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA.

Parcela	Classes diamétricas (cm)																		Total			Vol. AD m ³ .ha ⁻¹ %
	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	≥120	n	G m ² .ha ⁻¹	Vol. m ³ .ha ⁻¹	AD %							
1	94	40	19	13	6	1	4	2	0	1	1	181	22,9	294	5,7							
2	106	37	12	8	4	4	2	0	2	1	1	177	20,6	264	6,7							
3	88	39	24	8	13	6	2	3	0	1	0	184	24,9	315	6,3							
4	95	53	22	15	8	3	4	0	2	1	0	203	25,2	324	5,0							
5	73	42	20	12	8	5	4	1	1	1	0	167	23,0	299	4,8							
6	85	46	18	10	7	3	3	0	0	0	2	174	21,5	273	4,5							
7	100	44	15	9	9	4	1	0	0	1	1	184	21,1	286	5,4							
8	88	31	14	11	4	5	2	0	0	0	0	155	16,4	202	6,4							
9	81	31	29	15	7	6	3	3	0	2	0	177	25,2	352	5,8							
10	101	48	18	13	14	4	4	1	2	1	2	208	33,0	425	3,2							
11	84	27	25	8	12	7	2	2	1	0	1	169	23,4	295	3,5							
12	104	30	17	15	8	3	1	0	0	2	1	181	21,8	270	4,0							
13	97	40	15	9	7	3	0	1	1	1	1	175	19,7	241	4,8							
14	89	44	18	16	8	11	2	0	0	0	1	189	25,0	330	4,4							
15	99	38	20	9	5	4	5	0	2	1	1	184	23,5	309	5,2							
16	95	48	20	11	6	9	1	4	1	1	0	196	25,5	322	3,4							
17	93	44	24	16	7	9	2	2	1	0	0	198	25,9	321	3,2							
18	101	47	14	16	9	2	2	1	0	0	1	193	21,8	258	5,0							
Média	93	41	19	12	8	5	2	1	1	1	1	183	23,3	299	4,9							
Desvio	8,7	7,2	4,4	3,0	2,8	2,6	1,3	1,3	0,8	0,6	0,7	13,3	3,4	47,9	1,1							

APÊNDICE E. Distribuição diamétrica da densidade, área basal (G), volume em pé (Vol.) e percentual de abertura do dossel (AD) depois da exploração florestal nas parcelas experimentais da UT 14, na UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA.

Parcela	Classes diamétricas (cm)																		Total n	G m ² .ha ⁻¹	Vol. m ³ .ha ⁻¹	AD %
	20 30	30 40	40 50	50 60	60 70	70 80	80 80	80 90	90 100	100 100	100 110	110 120	≥120									
1	85	36	16	11	4	1	4	1	1	0	0	0	0	158	17,5	223	9,5					
2	89	35	11	7	3	3	1	0	0	1	1	1	1	152	17,1	217	11,7					
3	80	39	21	7	7	3	2	2	0	0	0	0	0	161	18,8	226	12,2					
4	75	45	20	15	4	2	3	0	0	1	0	0	0	165	19,0	235	13,4					
5	52	30	17	10	6	4	1	1	1	0	0	0	0	121	15,4	199	12,8					
6	71	38	15	6	4	1	2	0	0	0	0	0	2	139	16,1	202	11,4					
7	82	39	13	7	4	2	1	0	0	0	0	0	1	149	15,5	202	12,8					
8	85	29	13	11	4	4	1	0	0	0	0	0	0	147	14,9	182	7,7					
9	78	27	26	13	5	6	2	1	1	0	1	1	0	159	20,1	273	11,6					
10	80	40	15	9	10	3	1	1	1	0	1	1	0	160	18,7	221	11,0					
11	82	27	25	8	12	4	2	1	1	1	0	0	1	163	21,2	260	10,3					
12	95	29	14	13	7	1	0	0	0	0	0	0	1	160	16,6	194	10,2					
13	84	38	14	8	5	2	0	1	1	0	1	1	1	154	16,6	200	9,6					
14	71	41	17	15	6	5	1	0	0	0	0	0	1	157	19,6	256	9,3					
15	86	33	18	9	3	2	4	0	0	2	0	0	1	158	19,1	244	13,9					
16	87	44	19	9	5	8	0	4	0	0	1	0	0	177	21,8	270	9,3					
17	87	41	23	13	5	6	1	0	0	0	0	0	0	176	19,6	234	9,7					
18	93	44	13	14	7	2	2	1	1	0	0	0	1	177	19,8	232	7,5					
Média	81	36	17	10	6	3	2	1	1	1	1	1	1	157	18	226	10,8					
Desvio	9,8	6,0	4,3	2,9	2,4	2,0	1,1	1,0	0,5	0,0	0,3	0,3	0,3	13,5	2,1	26,8	1,9					

APÊNDICE F. Diâmetro médio das árvores extraídas e indicadores de intensidade de corte nas parcelas experimentais da UT 14, na UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA.

Parcela	DAP cm	IE árvores.ha ⁻¹	IC árvores.ha ⁻¹	G _{red} ¹ m ² .ha ⁻¹	%G ₀ ² %	%GC ³ %	Vol.pé m ³ .ha ⁻¹	Vol.tora m ³ .ha ⁻¹
1	84,4	6	6	3,7	16,2	83,0	50,4	31,2
2	84,1	3	7	1,7	8,3	61,0	24,6	9,8
3	74,8	10	12	4,6	18,4	78,2	72,2	33,9
4	81,5	6	10	3,3	13,1	44,4	53,1	24,8
5	88,1	7	14	4,4	19,2	87,6	63,0	38,2
6	69,0	6	9	2,3	10,7	51,3	34,0	17,2
7	73,4	8	12	3,5	16,7	91,4	56,8	17,5
8	81,9	2	2	1,1	6,4	34,8	15,1	9,1
9	80,3	6	8	3,2	12,8	71,0	52,5	20,9
10	101,9	9	13	9,6	29,0	81,4	144,5	36,5
11	80,7	4	2	2,1	8,9	56,8	34,1	11,9
12	86,4	6	7	3,7	17,1	100,0	57,9	23,5
13	73,1	5	7	2,2	11,1	67,9	31,0	15,6
14	73,4	9	13	3,8	15,4	91,7	57,5	21,4
15	79,1	6	11	3,1	13,3	60,3	50,1	21,2
16	70,0	7	7	2,9	11,3	65,4	44,7	17,4
17	77,7	11	10	5,4	20,8	82,5	76,7	30,2
18	59,8	2	7	0,6	2,6	44,9	7,6	3,2
Média	78,9	6,28	8,7	3,4	14,0	69,6	51,4	21,3
Desvio	9,1	2,5	3,5	2,0	6,0	18,6	29,7	9,8

(1) G_{red} = Área basal dos indivíduos com DAP ≥ 20 cm removida das parcelas;

(2) %G₀ = Proporção de redução na área basal inicial das parcelas (DAP ≥ 20 cm) e,

(3) %GC = Proporção de redução na área basal inicial das árvores passíveis de corte (espécies comerciais com DAP ≥ 55 cm).

APÊNDICE G. Proporção de danos da exploração de impacto reduzido na vegetação de 18 parcelas experimentais da UT 14, na UPA 7, Fazenda Rio Capim, Paragominas-PA.

Parcela	Leves	Médios	Severos	Mortos	Destruidos ¹	Danos totais ²	↓G ³
1	2,2	2,8	0,6	12,7	13,3	18,2	23,8
2	4,5	1,7	2,8	14,1	16,9	23,2	21,2
3	1,1	2,2	8,2	12,5	20,7	23,9	32,7
4	1,5	2,0	3,9	18,7	22,7	26,1	27,8
5	5,4	4,8	2,4	27,5	29,9	39,5	35,0
6	3,4	2,3	0,6	20,1	20,7	26,4	25,5
7	0,0	2,2	0,5	19,0	19,6	21,7	27,0
8	0,6	0,0	0,6	5,2	5,8	6,5	10,5
9	2,3	1,7	7,3	10,2	17,5	21,5	26,4
10	1,9	4,3	2,4	23,1	25,5	32,2	45,3
11	0,6	0,6	2,4	3,6	5,9	7,1	10,7
12	3,9	2,8	2,8	11,6	14,4	21,0	26,2
13	2,9	2,9	0,6	12,0	12,6	18,3	16,0
14	3,2	3,7	0,0	16,9	16,9	23,8	21,5
15	2,2	2,7	1,6	14,1	15,8	20,7	21,7
16	1,0	2,0	0,5	9,7	10,2	13,3	15,2
17	1,5	0,0	0,0	11,1	11,1	12,6	24,4
18	2,1	3,6	1,6	8,3	9,8	15,5	9,5
Média	2,2	2,3	2,2	13,9	16,1	20,6	23,4
Desvio	1,4	1,3	2,3	6,1	6,5	8,1	9,1

(1) Destruidos = mortos + danos severos.

(2) Danos totais = mortos + danos severos, médios e leves.

(3) ↓G = Percentual de redução na área basal inicial das parcelas causado pela destruição e extração de árvores durante a exploração florestal.