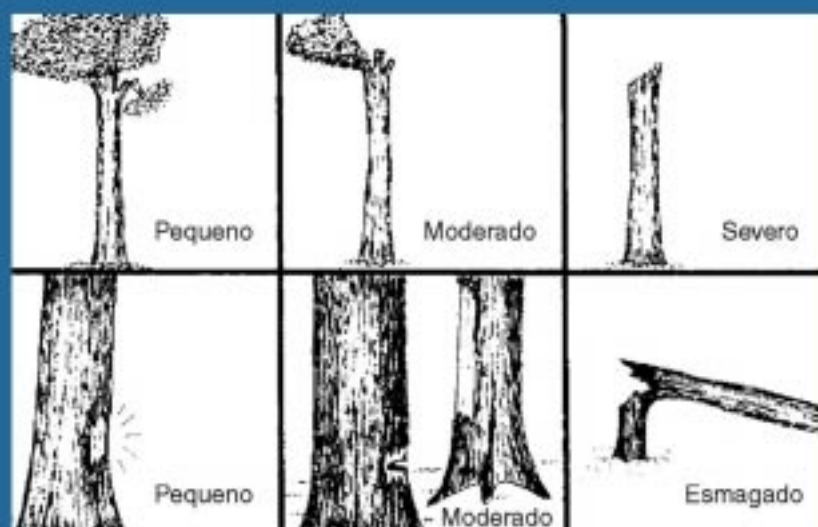


OS DANOS DA
EXPLORAÇÃO DE MADEIRA
COM E SEM PLANEJAMENTO
NA AMAZÔNIA ORIENTAL



Jennifer S. Johns
Paulo Barreto
Christopher Uhl

**OS DANOS DA
EXPLORAÇÃO DE MADEIRA
COM E SEM PLANEJAMENTO NA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Jennifer S. Johns, Paulo Barreto & Christopher Uhl. 1998.

Os Danos da Exploração de Madeira Com e Sem Planejamento na Amazônia Oriental / Jennifer S. Johns, Paulo Barreto & Christopher Uhl. *Série Amazônia Nº 16* - Belém: Imazon, 1998.

42 p.; il

1. Exploração Madeireira. 2. Impactos Ecológicos. 3. Manejo Florestal. 4. Paragominas. 5. Amazônia

Série Amazônia 16

**OS DANOS DA
EXPLORAÇÃO DE MADEIRA
COM E SEM PLANEJAMENTO NA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**Jennifer S. Johns
Paulo Barreto
Christopher Uhl**

Belém, 1998

Série Amazônia 16

Diretoria Executiva:

Paulo Barreto - Diretor
Edson Vidal - Vice-Diretor

Conselho Diretor:

Adriana Ramos
André Guimarães
Anthony Anderson - Presidente
Jorge Yared
Rita Mesquita

Conselho Consultivo:

Alfredo Homma
Antônio Carlos Hummel
Carlos da Rocha Vicente
Johan Zweede
Maria José Gontijo
Peter May
Raimundo Deusdará Filho
Robert Buschbacher
Robert Schneider
Virgílio Viana

Texto:

Jennifer S. Johns

Bióloga - IMAZON

Paulo Barreto

Engº Florestal, M.Sc. - IMAZON

Christopher Uhl

Biólogo, PhD - IMAZON e Universidade Estadual da Pensilvânia - EUA

Edição e Revisão de Texto:

Tatiana Corrêa

Editoração Eletrônica:

Janio Oliveira

Apoio Editorial:

Fundação Ford

Imazon

Caixa Postal 5101, Belém (PA). CEP: 66.613-397

Fone/Fax: (091) 235-4214/0122/0414/0864

Correio Eletrônico: imazon@imazon.org.br

site: www.imazon.org.br

Sumário

| | |
|---|----|
| RESUMO | 7 |
| INTRODUÇÃO | 9 |
| O sítio de estudo e a abordagem da pesquisa | 10 |
| METODOLOGIA | 12 |
| Danos na zona de queda da árvore associados à derrubada | |
| e manobra da máquina | 12 |
| Avaliação dos danos causados pelo arraste, estocagem | |
| e transporte das toras | 14 |
| Avaliação geral da perda do dossel nas áreas exploradas | 18 |
| RESULTADOS | 18 |
| Características gerais das operações de exploração | 18 |
| Danos na zona de queda da árvore associados à derrubada | |
| e manobra da máquina | 19 |
| Danos associados ao arraste, estocagem e transporte das toras | 25 |
| Resumo das estatísticas dos danos da exploração | 27 |
| DISCUSSÃO | 33 |
| Medidas necessárias para reduzir os danos da exploração | 33 |
| Considerações econômicas | 35 |
| CONCLUSÃO | 37 |
| AGRADECIMENTOS | 39 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 41 |

RESUMO

Na região de Paragominas na Amazônia Oriental, comparamos os danos nas operações de exploração madeireira com e sem planejamento associados às fases da exploração, ou seja: *i.* derrubada da árvore; *ii.* manobra da máquina para laçar as toras com o estropo (laços de cabo de aço); *iii.* arraste das toras para os pátios de estocagem; *iv.* construção dos pátios de estocagem; e (5) construção das estradas de exploração. A exploração planejada foi feita com um trator florestal de rodas (*skidder*) ou um trator de esteiras equipado com um guincho, enquanto a exploração sem planejamento foi feita com um trator de esteiras sem guincho.

Para cada árvore comercial derrubada na exploração sem planejamento foram danificadas mais 16 árvores com DAP ³ 10 cm. Além disso, a área afetada foi 100 m² maior do que na operação com planejamento. Na fase de derrubada da árvore, o número de árvores que sofreram danos severos na copa (perda da copa) foi significativamente maior (Teste *t* de Student; $p < 0,002$) na operação sem planejamento (7,4 *versus* 4,5 árvores/árvore derrubada). Também nesta operação, o número de árvores esmagadas (7,2 *versus* 4,9 árvores/árvore derrubada) foi significativamente maior (Teste *t* de Student; $p < 0,0006$) do que na operação planejada. Mais árvores sofreram danos moderados ou severos ao longo das trilhas de arraste sem planejamento comparado às trilhas planejadas. Essas diferenças são particularmente pronunciadas nas categorias de dano no tronco (7,9 árvores com DAP ³ 10 cm esmagadas e 5,3 árvores com DAP ³ 10 cm com dano moderado no tronco por 100 metros da trilha de arraste sem planejamento com trator de esteiras *versus* 5,3 árvores esmagadas e 2,2 árvores com dano moderado no tronco por 100 metros da trilha de arraste planejada usando *skidder*).

A operação de derrubada de árvore danificou mais árvores com DAP ³ 10 cm por hectare que as outras fases da exploração. Sendo que a derrubada sem planejamento danificou aproximadamente duas vezes mais árvores por hectare que a derrubada com planejamento (124 *versus* 64). Além disso, a área sem planejamento teve uma porcentagem mais baixa de clareiras de exploração contendo apenas uma árvore derrubada e uma porcentagem mais alta de clareiras contendo duas, três e quatro árvores derrubadas. A média da área de todas as clareiras juntas foi significativamente maior na exploração sem planejamento (Teste *t* de Student, $p < 0,0001$; 355 m², $s = 288$ m², $n = 80$) do

que na operação planejada (166 m^2 , $s = 118 \text{ m}^2$, $n = 108$). Nesta operação, o corte de cipós dois anos antes da exploração e a implementação da derrubada direcional reduziram os danos às árvores.

Estimamos que a margem de lucro das companhias que aderissem a técnicas de exploração planejada aumentaria. Os custos associados a este tipo de exploração são compensados pelos seus benefícios, isto é, tempo reduzido de operação da máquina, trabalho reduzido por metro cúbico de árvore extraída e menos desperdício de madeira. Além disso, com a implementação destas técnicas, mais de 80 árvores com DAP ³ 10 cm por hectare seriam poupadas de danos durante as operações de exploração.

Pelo exame dos tipos de dano nas árvores e do terreno que foi perturbado nas cinco fases da operação de exploração, podemos recomendar medidas de exploração planejada que podem reduzir os danos à floresta remanescente em 25 a 33% e, assim, melhorar a probabilidade de manejo da floresta tropical em um ciclo de corte de 30 a 40 anos.

INTRODUÇÃO

A construção de estradas na Amazônia brasileira nas décadas de 60 e 70 abriu a região para a agricultura e pecuária. Mais recentemente, essas estradas têm permitido o acesso à região aos exploradores e à indústria de madeira. Na metade da década de 90, havia 2.000 serrarias operando somente no Estado do Pará (A. Veríssimo, *comunicação pessoal*).

Quando as operações de exploração madeireira começaram na Amazônia Oriental nas décadas de 70 geralmente havia madeira a poucos quilômetros das serrarias. Entretanto, na metade dos anos 90, os madeireiros estavam freqüentemente viajando mais de 100 km para alcançar áreas de floresta com madeira. Em muitas regiões da Amazônia Oriental, parece inevitável que a indústria madeireira em breve esgote o estoque de madeira disponível se as práticas de extração atuais continuarem.

Se as áreas de floresta forem abandonadas após a exploração descontrolada, serão necessários aproximadamente 75 a 100 anos para uma segunda extração com volume similar ao da extração atual. Mas se as florestas forem manejadas cuidadosamente, o ciclo de extração pode ser reduzido para 30 a 40 anos (Barreto *et al.*, 1993). Um componente importante do manejo da floresta é a adoção de práticas cuidadosas de exploração, desenhadas para reduzir os danos à floresta remanescente.

No momento, a exploração na Amazônia Oriental é usualmente feita de forma descuidada e, embora a extração seja seletiva com somente poucas árvores removidas por hectare, as florestas exploradas são geralmente deixadas em um estado altamente degradado (Uhl e Vieira, 1989, Uhl *et al.*, 1991, Veríssimo *et al.*, 1992). Entretanto, pesquisas no Suriname (de Graaf, 1986, Jonkers, 1987, Hendrison, 1990), Austrália (Crome *et al.*, 1992) e Ásia (Malmer e Grip, 1990, Pinard e Putz, 1996) mostram que é possível reduzir significativamente os danos durante as operações de exploração.

Nossos objetivos neste trabalho são: *i.* comparar os danos causados em cada fase das operações de exploração com planejamento *versus* sem planejamento; *ii.* examinar em que medida as diferentes técnicas podem reduzir os danos da exploração; e *iii.* avaliar os benefícios da redução de danos em relação aos custos envolvidos.

O sítio de estudo e a abordagem da pesquisa

O estudo foi conduzido em Paragominas, região leste do Pará (3°S, 50°W). A floresta nesta região é perenefolia com um dossel de 25 a 40 metros de altura e uma biomassa acima do solo de aproximadamente 300 toneladas/ha (Uhl *et al.*, 1988). Os solos são latossolos. A média de chuva nesta região é de 1.700 mm/ano e as chuvas ocorrem principalmente durante os meses de janeiro a maio (Nepstad *et al.*, 1990). A maior parte da exploração madeireira é feita durante a estação seca, de junho a dezembro.

A área de estudo (30 km a leste de Paragominas) cobriu 180 hectares e era quase plana. A exploração planejada foi conduzida em uma parcela de 105 hectares e a exploração sem planejamento, nos 75 hectares restantes. Nas duas áreas, a exploração começou em meados de outubro e continuou até meados de dezembro de 1993.

Dividimos o processo de exploração em cinco fases e avaliamos a quantidade de danos causados em cada uma delas. Primeiro, tratores de esteiras são usados para abrir uma rede de estradas de exploração. Segundo, áreas são abertas em pontos ao longo dessas estradas para servirem como pátios de estocagem de toras. Terceiro, árvores são derrubadas e traçadas (copa separada do tronco). Quarto, as toras são conectadas por um estropo ao trator de esteiras ou de rodas (*skidder*) através de uma manobra na zona onde o tronco foi derrubado. Finalmente, as toras são arrastadas para os pátios de estocagem para em seguida serem transportadas para serraria.

Em cada uma dessas operações de exploração foram empregados grupos separados de trabalhadores. Na área sem planejamento, o proprietário da serraria contratou duas equipes de exploradores. Cada equipe consistiu de um operador de motosserra e seu assistente e um operador de trator de esteiras e seu assistente. Portanto, havia dois tratores de esteiras na floresta ao mesmo tempo. Estes exploradores, como outros na região, não haviam recebido nenhum treinamento formal e, portanto, não praticaram técnicas de exploração manejada, tais como a queda direcional da árvore, que reduz os danos da exploração. Na área de exploração planejada, a operação de extração foi conduzida por dois motosserristas e um assistente, um operador de trator florestal (*skidder*) treinado e um assistente, e um operador de trator de esteiras treinado e um assistente.

Na operação de extração planejada, a equipe de planejamento adotou várias medidas para reduzir os danos. Primeiro, 18 meses antes da exploração foram cortados todos os cipós com DAP > 2 cm. Isto reduziu bastan-

te a resistência das ligações de cipós entre as árvores, reduzindo os danos às copas vizinhas quando árvores foram derrubadas. Segundo, a operação de derrubada das árvores foi cuidadosa a fim de evitar que as árvores jovens de valor comercial fossem danificadas, bem como para facilitar o arraste. Por exemplo, onde possível, as árvores foram derrubadas em ângulos obtusos às trilhas de arraste, tentando imitar o modelo de espinha de peixe. Terceiro, foram usados guinchos para puxar as toras de uma distância de 5 a 15 metros do ponto de queda até o trator na trilha de arraste, reduzindo os danos na vizinhança da árvore derrubada. Quarto, as trilhas de arraste foram desenhadas e marcadas com fitas coloridas para indicar o melhor caminho até às árvores derrubadas (eliminando, desta forma, o ziguezague da máquina na floresta). Quinto, foram construídos pátios com tamanho suficiente para acomodar o número de toras a serem arrastadas. E, finalmente, foram contruídas estradas quase retas, o que reduziu a área total de estradas. Estas medidas foram especificadas por uma equipe de três pessoas, que marcou a direção para a qual cada árvore iria ser derrubada, marcou o caminho com fitas coloridas para a localização das árvores derrubadas, demarcou os limites dos pátios de estocagem e marcou o caminho a ser aberto durante a construção das estradas.

Dentro da operação de exploração planejada (105 hectares) foram avaliadas duas máquinas de extração: um trator florestal com rodas equipado com um guincho (84 hectares) e um trator de esteiras equipado com um guincho (21 hectares). Tratores florestais com rodas são desenhados especificamente para exploração madeireira, no entanto, eles não podem realizar todas as operações necessárias a essa exploração tais como a construção de pátios e estradas, além de não serem muito usados na Amazônia Oriental. Tratores de esteiras são comuns na região, mas raramente são equipados com guinchos. Por isso, comparamos o equipamento padrão da exploração sem planejamento (um trator de esteiras) com duas alternativas para uso nas operações planejadas, ou seja, um trator de esteiras com um guincho e um trator florestal com rodas, um guincho e pinças. O trator florestal foi um Caterpillar 518C (3 metros de largura incluindo as rodas). O trator de esteiras foi um Caterpillar D5E (área com planejamento) e um modelo D5B (área sem planejamento). A diferença principal entre os dois tratores de esteiras foi que o D5B tinha esteiras 32 cm mais largas e lâminas 20 cm mais largas (3,6 m *versus* 3,4 m) que o D5E.

METODOLOGIA

Danos na zona de queda da árvore associados à derrubada e manobra da máquina

Um sumário dos métodos usados neste estudo está disposto na Tabela 1. Nas parcelas permanentes em cada tratamento de exploração, avaliamos a abertura do dossel associada à derrubada da árvore e manobra da máquina. Na exploração planejada com o trator florestal foi estabelecida como parcela permanente uma área de 16,8 hectares, incluindo todas as trilhas de arraste conduzindo a dois pátios de estocagem de toras. Na exploração planejada com o trator de esteiras, a parcela permanente de 16,5 hectares também incluiu todas as trilhas de arraste conduzindo a dois pátios de estocagem. A parcela permanente na exploração não planejada com o trator de esteiras foi de 25 hectares e incluiu todas as trilhas de arraste conduzindo a cinco pátios de estocagem. Em cada clareira, nas parcelas permanentes, conferimos o número de árvores comerciais derrubadas, medimos a área do terreno afetada pela manobra da máquina e a área de dossel aberta pela queda da árvore. Para estimar a área de terreno afetada pela derrubada da árvore, medimos o comprimento e a largura perpendicular mais longas de cada copa derrubada e então calculamos a área, usando a fórmula para uma elipse. Estimamos o tamanho de cada clareira usando o sistema de ponto central (adaptado de Runkle, 1992). Seleccionamos um ponto aproximadamente no centro da clareira e medimos a distância e o ângulo da bússola para a borda do dossel intacto em, pelo menos, seis direções ao redor da clareira. Calculamos a área da clareira, somando a área dos triângulos resultantes. Também estimamos a área de terreno afetada pela manobra da máquina, usando o sistema de ponto central.

Para avaliar os danos nas árvores associados à derrubada de árvores comerciais foram selecionadas ao acaso, nas áreas de exploração planejada (105 ha) e sem planejamento (75 ha), 30 clareiras com somente uma árvore derrubada. Primeiro, registramos o diâmetro do tronco a 1,3 metro do solo (DAP) ou acima da sapopema, a altura da árvore (medida após a derrubada) e o comprimento do tronco de cada árvore derrubada intencionalmente. Antes de as toras serem arrastadas, conferimos o número de árvores com DAP \geq 10 cm que foram danificadas em cada clareira e classificamos o

Tabela 1. Métodos usados para estimar os diferentes tipos de dano que ocorreram durante as operações de exploração com e sem planejamento em Paragominas, Pará.

| Tipo de dano | | Localização do dano | | | |
|-------------------------------------|--|--|---|---|--|
| | Derrubada da árvore | Manobra da máquina para permitir o laçamento da tora | Arraste para os pátios de estocagem das toras | Construção dos pátios de estocagem das toras | Construção das estradas |
| Redução na cobertura do dossel | Medidas as clareiras na área de queda da árvore nas parcelas permanentes usando o sistema de ponto central | Incluída nas medidas de abertura do dossel nas parcelas permanentes | Medidas ao longo de transectos de 8 x 1.000 m após a exploração e comparada com as medidas tiradas antes da exploração | Medida usando o sistema de ponto central | Medidas ao longo de transectos de 8 x 1.000 m após a exploração e comparado com as medidas tiradas antes da exploração |
| Área do terreno afetada | Medidos o comprimento e a largura das copas derrubadas nas parcelas permanentes para calcular a área | Medida a área afetada pela manobra da máquina nas parcelas permanentes usando o sistema de ponto central | Mapeadas todas as trilhas de arraste e medidas a largura no início e fim de cada segmento reto em 1/3 e 2/3 do comprimento de cada segmento | Medida usando o sistema de ponto central | Mapeadas todas as estradas e medidas as suas larguras em intervalos de 25 metros |
| Árvores danificadas mas ainda em pé | Contadas em 30 áreas de queda de árvores individuais nas áreas de exploração com e sem planejamento | Observadas diretamente em 50 zonas de toco nas áreas com e sem planejamento com trator de esteira e 36 zonas na área com planejamento com trator florestal | Contadas ao longo de pelo menos 1.000 m de trilhas de arraste nas trilhas de arraste nas áreas de exploração com e sem planejamento | Contadas nas bordas dos pátios selecionados | Contadas em parcelas distanciadas por 20 m ao longo das bordas das estradas |
| Árvores esmagadas no solo | Contadas em 30 áreas de queda de árvores individuais nas áreas de exploração com e sem planejamento | Observadas diretamente em 50 zonas de toco nas áreas com e sem planejamento do trator de esteira e 36 zonas na área com planejamento com trator florestal | Contada ao longo de pelo menos 1.000 m de trilhas de arraste nas trilhas de arraste nas áreas de exploração com e sem planejamento | Estimadas usando os dados de densidade de árvores antes da exploração | Estimadas usando os dados da densidade de árvores da floresta antes da exploração |

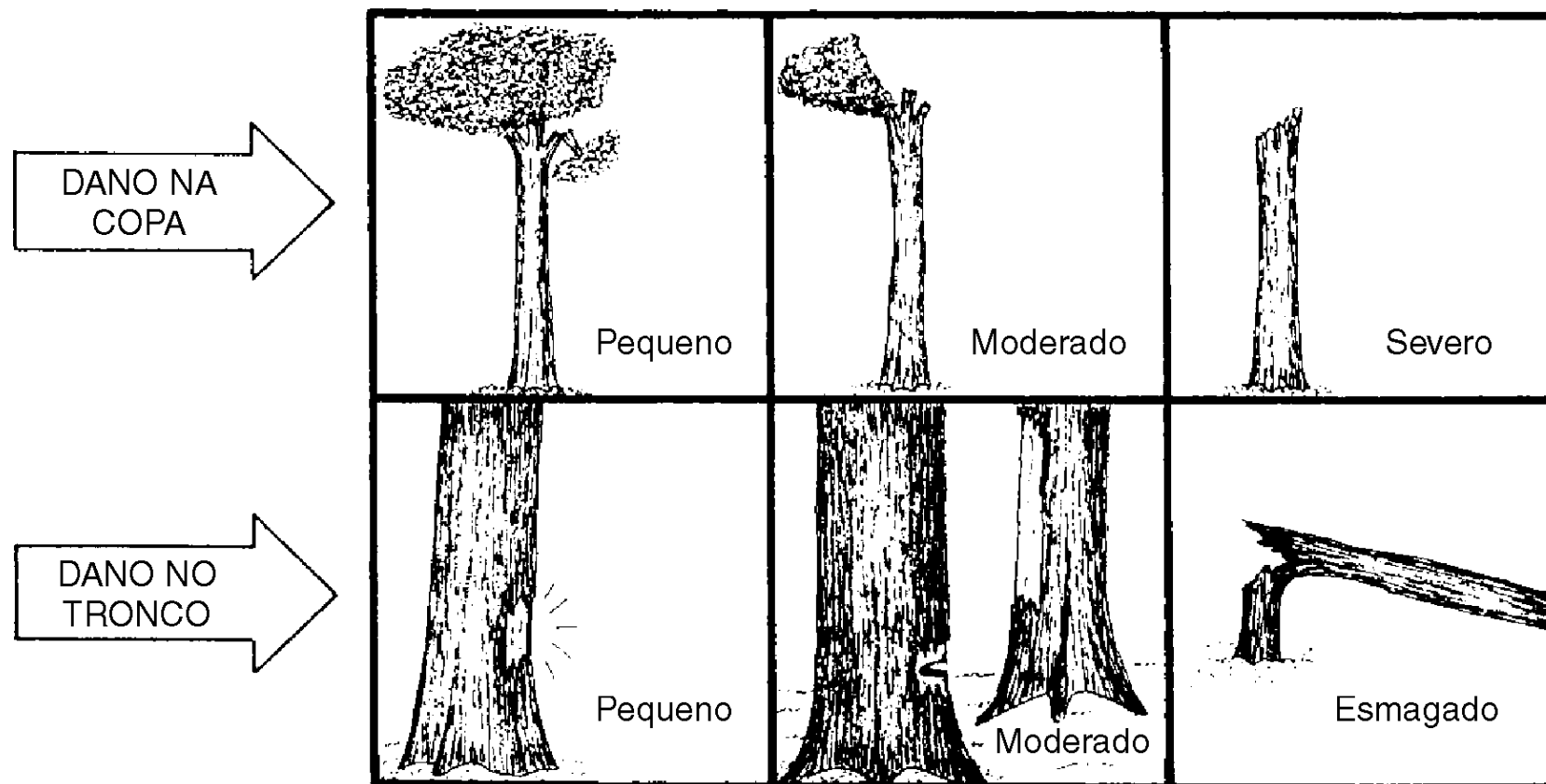
dano como ilustrado na Figura 1. Nas clareiras, a posição de cada árvore danificada em relação à árvore derrubada (atrás do toco, ao lado do tronco, sob a copa) também foi registrada na área de queda da árvore em ambas as áreas de exploração.

Para estimar o número de árvores com DAP ³ 10 cm danificadas por hectare, fizemos um levantamento de todas as clareiras resultantes da derrubada das árvores nas duas parcelas permanentes (33,3 ha) na área de exploração planejada e na parcela permanente de 25 hectares na área de exploração sem planejamento. Estimamos então o número de árvores danificadas com DAP ³ 10 cm em cada clareira, multiplicando a média do número de árvores danificadas atrás do toco, ao lado do tronco ou sob a copa, pelo número de tocos, troncos e copas presentes nesta clareira. Em caso de sobreposição perfeita de copas, os danos foram considerados somente para uma copa. Por exemplo, se duas árvores comerciais fossem derrubadas de modo que uma copa caísse exatamente sobre a outra, mas seus troncos e tocos estivessem completamente separados, o dano estimado nesta clareira seria duas vezes a média do dano atrás do toco mais duas vezes a média do dano ao lado do tronco mais uma vez a média do dano sob a copa, porque as duas copas caíram no mesmo lugar. Estes cálculos foram feitos em todas as clareiras das parcelas permanentes e foram somados e divididos pelo número de hectares da parcela permanente (33 ha na operação planejada e 25 ha na operação sem planejamento). Finalmente, avaliamos os danos nas árvores com DAP ³ 10 cm associados à manobra da máquina, observando as máquinas em operação em 50 zonas de queda da árvore em cada uma das operações de extração com trator de esteiras (planejada e sem planejamento) e nas 36 zonas de queda da árvore na área de extração planejada com trator florestal.

Avaliação dos danos causados pelo arraste, estocagem e transporte das toras

Estimamos a área de terreno afetada pelo arraste, combinando as informações sobre o comprimento total das trilhas de arraste em cada área de estudo, com as estimativas da largura da trilha e danos nas árvores ao longo de, pelo menos, 1.000 metros das trilhas de arraste, em cada operação (planejada com trator florestal, planejada com trator de esteiras e sem

Figura 1. Os tipos de dano que ocorrem nas árvores com DAP ≥ 10 cm durante as operações de exploração com e sem planejamento na Amazônia Oriental. Dano pequeno - galho maior quebrado, mas menos de um terço da copa danificada; Dano moderado - mais de um terço da copa quebrada; Dano severo - copa completamente quebrada. Danos no tronco foram classificados pela extensão e profundidade. Dano pequeno - área da casca raspada numa extensão menor que 33 ´ 25 cm (a área de um prancheta); Dano moderado - área afetada da casca, excedendo 33 ´ 25 cm, ou o câmbio afetado; Dano severo - tronco esmagado ou arrancado.

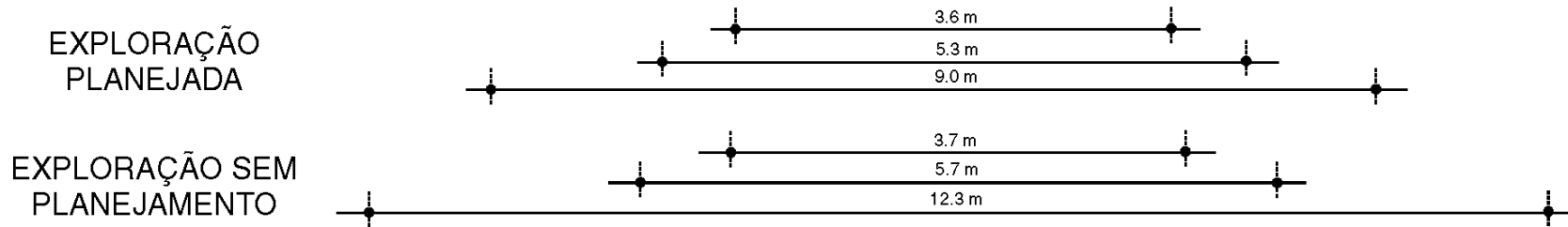
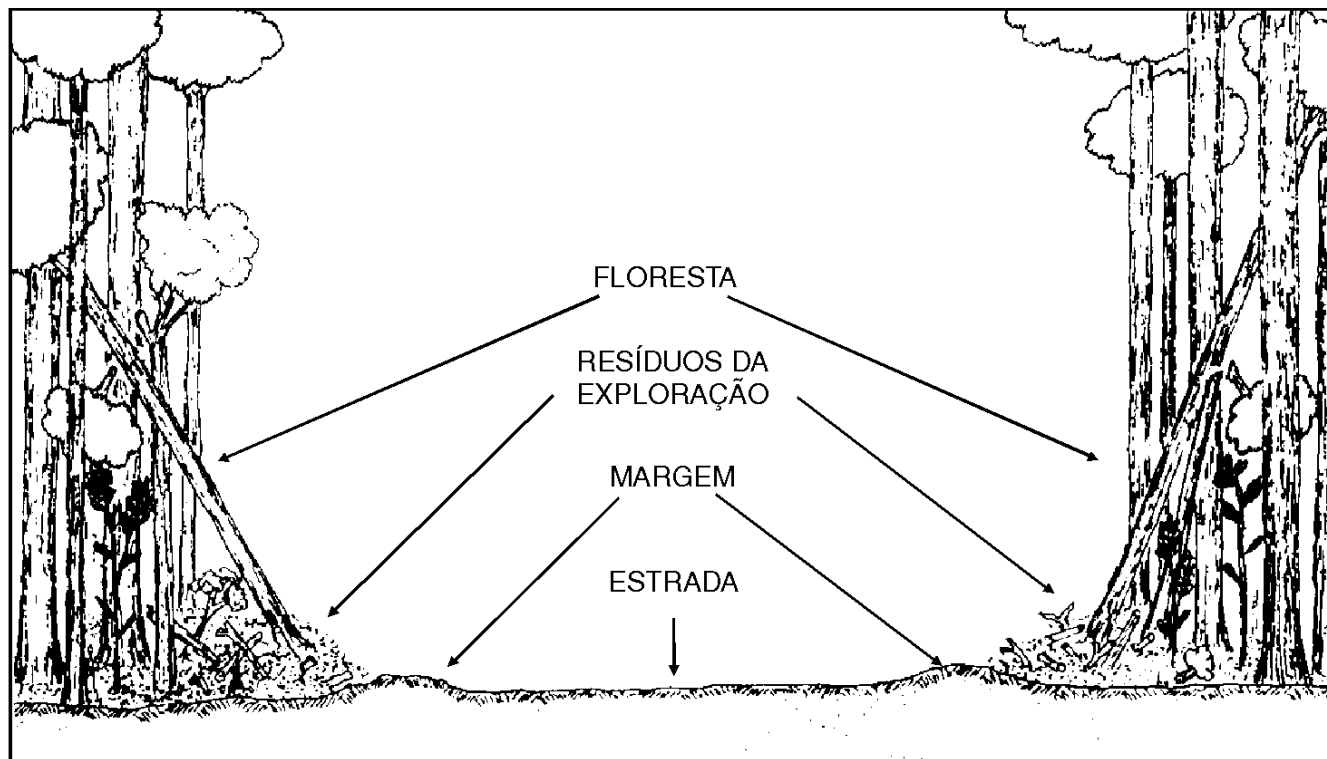


planejamento com trator de esteiras). O comprimento das trilhas foi obtido através do mapeamento completo das áreas de exploração. Medimos a largura da trilha de arraste no começo e no fim de cada segmento reto da trilha e em um terço e dois terços no comprimento de cada segmento. Além disso, anotamos os diâmetros de todas as árvores esmagadas nas trilhas de arraste e de todas as árvores danificadas nas bordas dessas trilhas.

Avaliamos a área de terreno afetada pela construção dos pátios de estocagem de toras, medindo a área do solo exposto. Para isso, usamos o sistema de ponto central descrito anteriormente em seis pátios na operação de exploração planejada e em cinco pátios na operação sem planejamento. Para avaliar o número de árvores esmagadas na construção dos pátios, localizamos e anotamos a fase de desenvolvimento da floresta (madura, intermediária ou jovem) em cada pátio. Assim, estimamos o número de árvores extraídas para a construção dos pátios, multiplicando a área do pátio pela média da densidade de árvores na fase de floresta correspondente (baseado em trabalho anterior conduzido na área de estudo; P. Barreto, *dados inéditos*). Também contamos nas bordas dos pátios as árvores danificadas pela construção desses pátios.

Para saber a área total de estradas de exploração em cada tipo extração, medimos o comprimento de todas as estradas nas áreas de exploração planejada e sem planejamento. Para calcular a área afetada pela construção das estradas de exploração, medimos a largura do leito e da margem dessas estradas (solo e resíduos raspados do leito da estrada) mais os resíduos da exploração (árvores esmagadas do leito da estrada que foram empurradas pelo trator de esteiras para o lado da estrada; Figura 2). Estas medidas foram feitas a cada 25 metros ao longo de 2.000 metros na área planejada e 1.800 metros na área sem planejamento. Também estimamos o número total de árvores esmagadas na abertura das estradas. Para isso, calculamos a área de estradas, multiplicando-a pela média da densidade de árvores da área de estudo antes da exploração (P. Barreto, *dados inéditos*) e adicionando uma estimativa de árvores danificadas ao longo das bordas das estradas (nas áreas que não sofreram danos prévios associados à derrubada ou arraste). Contamos as árvores danificadas em parcelas de 5 metros de largura, situadas a cada 20 metros ao longo de 2.000 metros da estrada de exploração planejada e ao longo de 300 metros da estrada de exploração sem planejamento.

Figura 2. Danos causados pela abertura das estradas durante as operações de exploração planejada e sem planejamento em Paragominas, Pará.



Avaliação geral da perda do dossel nas áreas exploradas

Estimamos a perda do dossel associado a todas as atividades de exploração, determinando a diferença na cobertura do dossel antes e depois da exploração, ao longo de oito transectos de 1.000 metros. Os transectos foram espaçados 100 a 300 metros um do outro, sendo quatro na área de exploração planejada e quatro na área sem planejamento. Em pontos a cada 5 metros ao longo de cada transecto, calculamos a cobertura do dossel, observando, diretamente sobre a cabeça, um visor de 2,5 cm de diâmetro com fio de retículo, estimando então a porcentagem do círculo encoberto pelo dossel. Podemos distinguir as aberturas no dossel associadas às trilhas de arraste, pátios e estradas de exploração, anotando as medições dos pontos que cruzavam com estas características na época da segunda medição.

RESULTADOS

Características gerais das operações de exploração

Um inventário de todas as árvores com DAP ³ 10 cm feito antes da exploração em 5 hectares das áreas planejadas e sem planejamento não revelou qualquer diferença na densidade da floresta entre as duas áreas (P. Barreto, *dados inéditos*). Além disso, a distribuição das quatro fases da floresta foi similar entre as operações planejadas e sem planejamento, com 18% de área de floresta madura (alta), 46% de floresta intermediária, 28% de floresta jovem e 8% de clareiras. As fases de floresta madura e intermediária continham acima de 85% de todas as árvores de valor comercial entre 30 a 45 cm de DAP (árvores para extração futura). Para cada árvore extraída da fase de floresta madura havia uma árvore que poderia ser extraída no próximo corte, enquanto que para cada árvore extraída das parcelas da fase intermediária havia outras 2,3 árvores que poderiam ser extraídas no próximo corte (P. Barreto, *comunicação pessoal*).

Durante a exploração, 476 árvores com DAP > 52 cm foram extraídas dos 105 hectares da área de exploração planejada (4,5 árvores/ha) com uma área basal total de extração de 234 m² (2,2 m²/ha) e volume total de extração de 3.856 m³ (37 m³/ha). Na exploração sem planejamento, 420 árvores com DAP > 45 cm foram extraídas de 75 hectares, (5,6 árvores/ha) com uma área basal total de extração de 172 m² (2,3 m²/ha) e volume total de extração de 2.226 m³ (30 m³/ha). Quando medida nos transectos de 1.000 metros, a redução do dossel associada à exploração foi de 10% na operação planejada e de 19% na operação sem planejamento.

Danos na zona de queda da árvore associados à derrubada e manobra da máquina

A derrubada de árvores na operação de exploração planejada criou aberturas menores no dossel e danificou menos árvores que na operação sem planejamento. A área sem planejamento teve uma porcentagem mais baixa de clareiras de exploração contendo apenas uma árvore derrubada e uma porcentagem mais alta de clareiras contendo duas, três e quatro árvores derrubadas. Além disso, clareiras com mais de quatro árvores derrubadas foram encontradas somente na área sem planejamento (Figura 3, no alto). A média do tamanho das clareiras em cada classe de tamanho (definida pelo número de árvores derrubadas/clareira) foi maior para a exploração sem planejamento (Figura 3, em baixo), embora houvesse considerável variação dentro de cada classe. A diferença na média do tamanho das clareiras foi significativa (Teste *t* de Student, $p < 0,0001$ e $p < 0,0023$, respectivamente) para clareiras com uma e duas árvores derrubadas. Além disso, a área média de todas as clareiras juntas foi significativamente maior (Teste *t* de Student, $p < 0,0001$) na exploração sem planejamento (355 m², $s = 288$ m², $n = 80$) que na exploração planejada (166 m², $s = 118$ m², $n = 108$).

Observamos também as diferenças no número de árvores danificadas nas operações de derrubada entre as explorações planejada e sem planejamento. Na exploração sem planejamento foram danificadas significativamente mais árvores (Teste *t* de Student, $p < 0,0001$) por árvore derrubada (28,7 árvores, DP = 7,1) do que na operação planejada (20,5 árvores, $s = 8,5$; Tabela 2). A severidade do dano também diferiu entre as operações de exploração, ou seja, mais árvores tenderam a sofrer danos “moderado” e “seve-

ro” (Figura 1 para definição) na operação sem planejamento do que na operação planejada. Por exemplo, o número de árvores que sofreram danos severos em suas copas (descopadas) foi significativamente maior (Teste *t* de Student; $p < 0,002$) na operação sem planejamento (7,4 *versus* 4,5 árvores/árvore derrubada, respectivamente; Tabela 2).

Figura 3. Alto. A porcentagem de clareiras da exploração, incluindo a derrubada de no mínimo uma e no máximo nove árvores comerciais nas operações de exploração planejada e sem planejamento. Baixo. O tamanho médio das clareiras da exploração contendo de uma a nove árvores derrubadas nas operações de exploração planejada e sem planejamento em Paragominas, Pará.

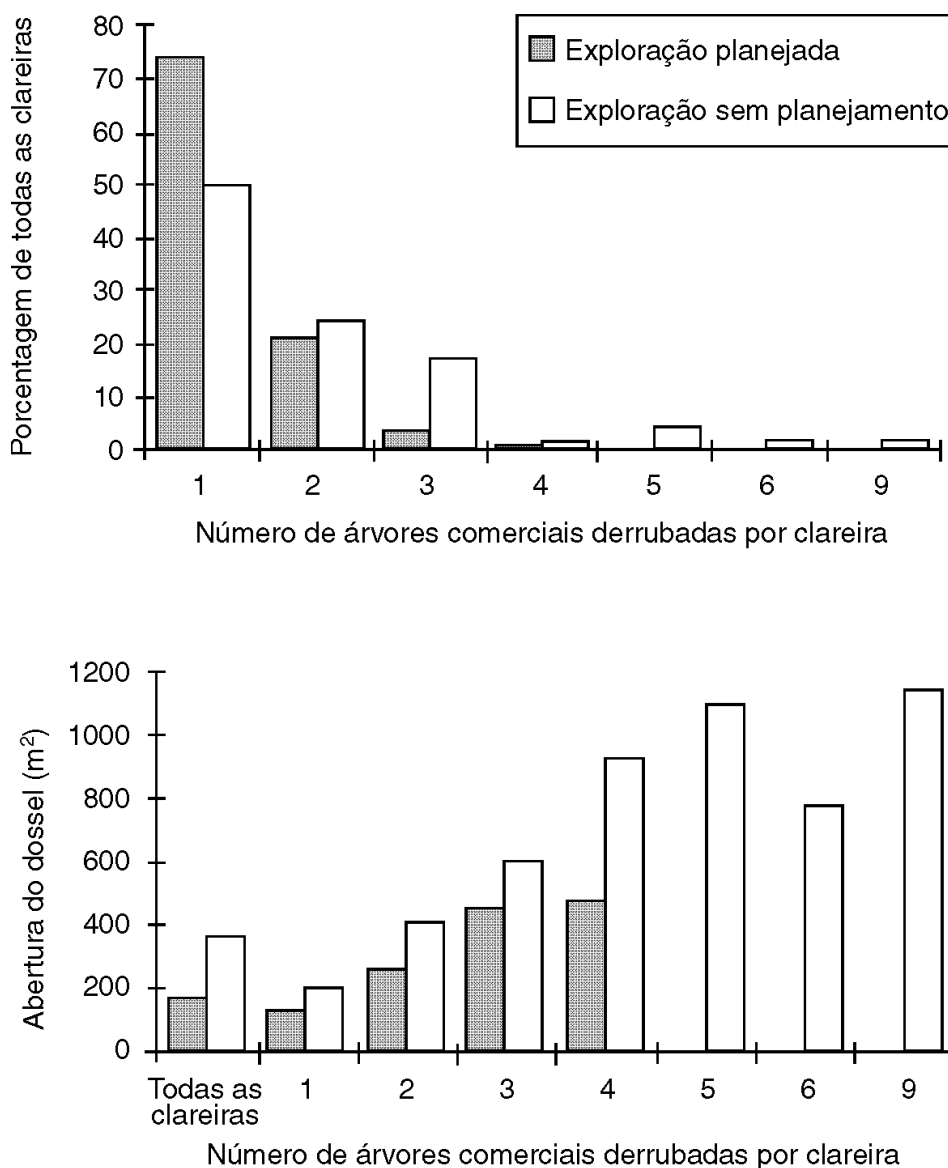


Tabela 2. O total de árvores, número de árvores comerciais e volume de madeira comercial danificados por árvore extraída durante as operações de exploração com e sem planejamento em Paragominas, Pará.(Continued)

| Fases da exploração | Danos por árvore extraída | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------------|------------------|-------|--|----------------|------------------|-------|---|----------------|------------------|-------|
| | Exploração planejada (tratores florestal) | | | | Exploração planejada (tratores esteiras) | | | | Exploração sem planejamento (tratores esteiras) | | | |
| | Pequeno ou moderado na copa | Severo na copa | Severo no tronco | Total | Pequeno ou moderado na copa | Severo na copa | Severo no tronco | Total | Pequeno ou moderado na copa | Severo na copa | Severo no tronco | Total |
| Derrubada da árvore | | | | | | | | | | | | |
| Total de árv. | 11,1 | 4,5 | 4,9 | 20,5 | 11,1 | 4,5 | 4,9 | 20,5 | 14,1 | 7,4 | 7,2 | 28,7 |
| Nº de árv. comerciais | 4,8 | 1,9 | 1,4 | 8,1 | 4,8 | 1,9 | 1,4 | 8,1 | 5,5 | 2,9 | 1,8 | 10,4 |
| Vol. comercial (m³) | 3,2 | 0,3 | 0,6 | 4,1 | 3,2 | 0,3 | 0,6 | 4,1 | 5,2 | 0,6 | 0,6 | 6,4 |
| Manobra da máquina na zona do tronco | | | | | | | | | | | | |
| Total de árv. | 1,8 | 0 | 1,1 | 2,9 | 1,9 | 0 | 1,4 | 3,3 | 1,1 | 0 | 3,6 | 4,7 |
| Nº de árv. comerciais | 0,8 | 0 | 0,5 | 1,3 | 0,6 | 0 | 0,5 | 1,1 | 1 | 0 | 0,6 | 1,6 |
| Vol. comercial (m³) | 0,2 | 0 | 0,03 | 0,23 | 0,2 | 0 | 0,05 | 0,25 | 0,5 | 0 | 0,04 | 0,54 |
| Arraste para os pátios de estocagem | | | | | | | | | | | | |
| Total de árv. | 2,7 | 0 | 1,7 | 4,4 | 1,7 | 0 | 2,4 | 4,1 | 4,4 | 0 | 2,7 | 7,1 |
| Nº de árv. comerciais | 0,8 | 0 | 0,5 | 1,3 | 1,1 | 0 | 1,3 | 2,4 | 2,2 | 0 | 0,6 | 2,8 |
| Vol. comercial (m³) | 0,4 | 0 | 0,02 | 0,42 | 0,6 | 0 | 0,08 | 0,68 | 1,5 | 0 | 0,04 | 1,54 |
| Construção dos pátios de estocagem | | | | | | | | | | | | |
| Total de árv. | 0,14 | 0 | 0,8 | 0,94 | 0,14 | 0 | 1,14 | 0,94 | 0,3 | 0 | 1,1 | 1,4 |
| Nº de árv. comerciais | 0,05 | 0 | 0,3 | 0,35 | 0,05 | 0 | 0,3 | 0,35 | 0,15 | 0 | 0,5 | 0,65 |
| Vol. comercial (m³) | 0,02 | 0 | 0,09 | 0,11 | 0,02 | 0 | 0,09 | 0,11 | 0,04 | 0 | 0,12 | 0,16 |

Tabela 2. O total de árvores, número de árvores comerciais e volume de madeira comercial danificados por árvore extraída durante as operações de exploração com e sem planejamento em Paragominas, Pará.(Continued)

| Fases da exploração | Danos por árvore extraída | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|----------------|------------------|-------|---|----------------|------------------|-------|--|----------------|------------------|-------|
| | Exploração planejada (trator florestal) | | | | Exploração planejada (trator de esteiras) | | | | Exploração sem planejamento (trator de esteiras) | | | |
| | Pequeno ou moderado na copa | Severo na copa | Severo no tronco | Total | Pequeno ou moderado na copa | Severo na copa | Severo no tronco | Total | Pequeno ou moderado na copa | Severo na copa | Severo no tronco | Total |
| Construção das estradas de exploração | | | | | | | | | | | | |
| Total de árv. | 3,8 | 0,2 | 2 | 6 | 3,8 | 0,2 | 2 | 6 | 5,7 | 0,3 | 3 | 9 |
| Nº de árv. comerciais | 1,4 | 0,1 | 0,8 | 2,3 | 1,4 | 0,1 | 0,8 | 2,3 | 2,2 | 0,1 | 1 | 3,3 |
| Vol. comercial (m ³) | 0,57 | 0,03 | 0,2 | 0,8 | 0,57 | 0,03 | 0,2 | 0,8 | 1,5 | 0,1 | 0,3 | 1,9 |
| Totais | | | | | | | | | | | | |
| Total de árv. | 19,5 | 4,7 | 10,5 | 34,7 | 18,6 | 4,7 | 11,5 | 34,8 | 25,6 | 7,7 | 17,6 | 50,9 |
| Nº de árv. comerciais | 7,9 | 2 | 3,5 | 13,4 | 8 | 2 | 4,3 | 14,3 | 11,1 | 3 | 4,5 | 18,6 |
| Vol. comercial (m ³) | 4,4 | 0,33 | 0,94 | 5,7 | 4,6 | 0,33 | 1,02 | 5,9 | 8,7 | 0,7 | 1,1 | 10,3 |

Houve diferenças grandes na operação planejada *versus* sem planejamento em relação à quantidade de distúrbios no terreno associados à manobra da máquina na zona de queda da árvore (Tabela 3). Por exemplo, o trator de esteiras na operação sem planejamento afetou uma área aproximadamente quatro vezes maior que a área afetada pelo trator florestal na operação planejada (Teste *t* de Student, $p < 0,0001$) e uma área 8,5 vezes maior do que a área afetada pelo trator de esteiras na operação planejada (Teste *t* de Student, $p < 0,0001$; Tabela 3). O número de árvores esmagadas na zona de queda da árvore como resultado dos movimentos da máquina também foi significativamente mais alto na operação sem planejamento que na operação planejada com trator florestal (Teste *t* de Student, $p = 0,0142$) e mais alto (mas não significativamente) que na operação planejada com trator de esteiras (Teste *t* de Student, $p = 0,2607$; Tabela 2).

Tabela 3. A área de terreno afetada (m²) por árvore extraída durante cada fase da exploração nas operações de exploração planejada e sem planejamento em Paragominas, Pará.

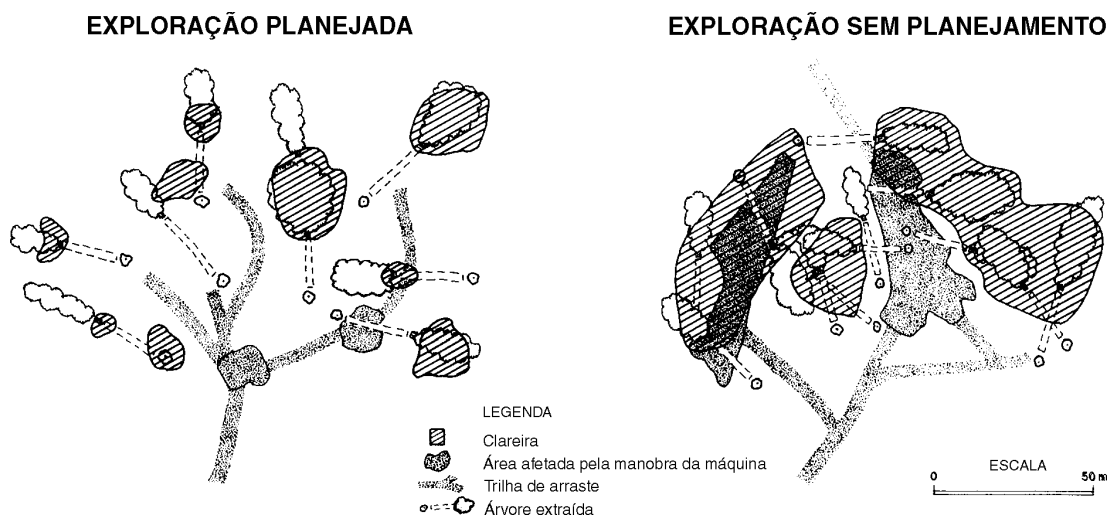
| Fases da exploração | m ² de terreno afetado por árvore extraída | | |
|---|---|--|--|
| | Exploração planejada (trator florestal) | Exploração planejada (trator de esteiras) | Exploração sem planejamento (trator de esteiras) |
| Derrubada da árvore | 170 | 162 | 243 |
| Manobra da máquina na zona de queda da árvore | 11 | 5 | 43 |
| Arraste para os pátios de estocagem | 129 | 109 | 119 |
| Construção dos pátios de estocagem | 15 | 15 | 23 |
| Construção das estradas de exploração | 45 | 45 | 60 |
| Total | 370 | 336 | 488 |

Os danos ao redor do tronco caído foram menores na operação planejada, em parte por causa do uso do guincho. O guincho foi usado em 94% dos levantamentos de toras feitos pelo trator florestal ($n = 36$) e permitiu, em média, uma distância de 7 metros do tronco cortado (P. Amaral, *comunicação pessoal*). Na operação planejada com trator de esteiras, o guincho foi usado em 92% dos levantamentos ($n = 50$) e permitiu, em média, uma distância de 3,5 metros da tora. Na operação sem planejamento, o trator de esteiras não foi equipado com guincho, o que forçou o operador a manobrar o trator até a tora.

Um diagrama esquemático de duas situações reais (planejada e sem planejamento), onde algumas árvores foram derrubadas, traçadas e arrastadas para os pátios ajuda a evidenciar a diferença de danos entre as áreas planejada e sem planejamento (Figura 4).

Está claro na figura (que mostra uma situação representativa) que a derrubada direcional e o uso do guincho podem reduzir bastante os danos associados à manobra da máquina. Na situação planejada, a manobra da máquina afetou $11,9 \text{ m}^2$ de terreno para cada árvore derrubada (de um total de 108 m^2), enquanto na operação sem planejamento a área afetada foi de $56,3 \text{ m}^2$ para cada árvore derrubada (de um total de 676 m^2). Esta área maior de terreno afetada também contribuiu para a criação de clareiras maiores por árvore extraída ($93,9 \text{ m}^2/\text{árvore}$ na situação sem planejamento), porque na área sem planejamento o trator de esteiras derrubou muitas árvores durante a manobra da máquina para laçar a tora com o estropo. A área total de clareira foi mais que duas vezes maior na operação sem planejamento (1.739 m^2) do que na operação planejada (845 m^2 , Figura 4).

Figura 4. Os danos na abertura do dossel e do terreno associados à extração de grupos de árvores em Paragominas no Pará.



Danos associados ao arraste, estocagem e transporte das toras

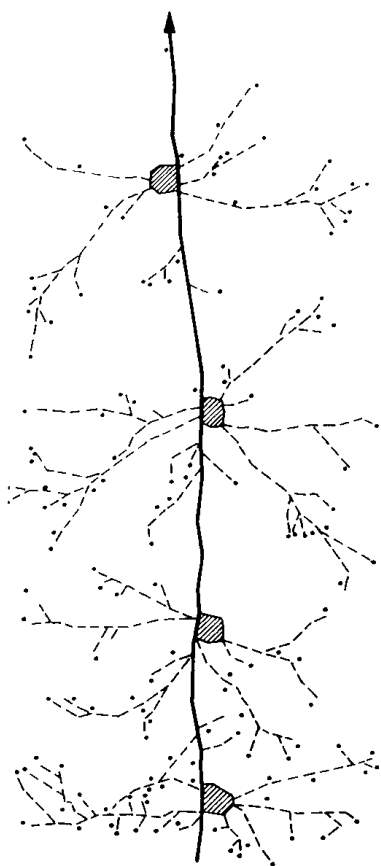
A largura das trilhas de arraste e o número de árvores danificadas ao longo dessas trilhas diferiram entre as explorações planejada e sem planejamento. As trilhas de arraste na operação sem planejamento foram significativamente mais largas que as trilhas das operações planejadas com trator florestal (Teste *t* de Student, $p < 0,001$) e com trator de esteiras (Teste *t* de Student, $p < 0,0001$) (sem planejamento com trator de esteiras = 3,9 m, planejada com trator florestal = 3,4 m, planejada com trator de esteiras = 3,1 m). No entanto, a área total afetada pelas trilhas foi maior na operação planejada com trator florestal (129 m²/árvore extraída), menor na operação planejada com trator de esteiras (109 m²/árvores extraída) e intermediária na operação sem planejamento com trator de esteiras (119 m²/árvores extraída; Tabela 3). Mesmo assim, a área de trilha de arraste na área de exploração planejada tenderia a ser maior, pois os pátios e estradas nesta área, são mais distantes um dos outros, buscando otimizar os custos de arraste e de construção de estradas. Mesmo assim, a distância média em que a tora foi arrastada para o pátio na operação planejada foi menor (134 m/árvore - planejada com trator florestal; 137 m/árvore - planejada com trator de esteiras) que na operação sem planejamento com trator de esteiras (159 m/árvore). Na operação sem planejamento, o operador de máquina prefere refazer freqüentemente uma rota tortuosa e mais longa para encontrar uma árvore derrubada, ao invés de criar uma trilha direta. Além disso, as trilhas de arraste freqüentemente formavam curvas desnecessárias. Desta maneira, algumas toras foram arrastadas por longas distâncias ao invés de para o pátio mais próximo e algumas trilhas não chegaram à árvore derrubada (Figura 5).

Quanto aos danos nas árvores, mais árvores sofreram danos moderado ou severo ao longo das trilhas de arraste sem planejamento do que ao longo das trilhas de arraste planejadas com trator florestal. Essas diferenças são particularmente pronunciadas nas categorias de dano no tronco (7,9 árvores com DAP ³ 10 cm esmagadas e 5,3 árvores com DAP ³ 10 cm com dano moderado no tronco por 100 metros de trilha de arraste sem planejamento com trator de esteiras *versus* 5,3 árvores esmagadas e 2,2 árvores com dano moderado no tronco por 100 metros de trilha de arraste planejada com trator florestal). Isto significa que para cada árvore extraída, outras 4,7 árvores foram danificadas ao longo das trilhas de arraste sem planejamento, ao passo que somente 2,9 e 3,3 árvores foram danificadas ao longo das trilhas de arraste planejadas com trator florestal e com trator de esteiras, respectivamente.

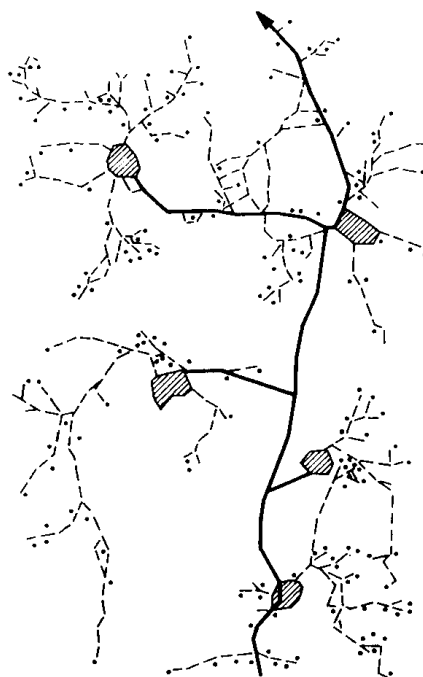
Os pátios de estocagem foram diferentes entre as operações planejada *versus* sem planejamento em relação ao tamanho, número e, conseqüentemente, quantidade de árvores mortas na abertura. Na operação sem planejamento quem decidiu a localização dos pátios foi o operador do trator de esteiras, o que resultou na criação de mais pátios comparado à exploração planejada (1 pátio/7,5 ha na área sem planejamento *versus* 1 pátio/9,5 ha na área planejada) e em uma área maior convertida em pátio por árvore extraída (23 m²/árvore *versus* 15 m²/árvore; Tabela 3). Conseqüentemente, os pátios criados sem planejamento foram maiores e localizados casualmente em relação às árvores derrubadas (Figura 5). Além disso, para cada árvore extraída, 1,4 árvore foi danificada na construção dos pátios na operação sem planejamento *versus* 0,94 árvore na operação planejada (Tabela 2).

Figura 5. Trilhas de arraste, pátios e estradas nas operações de exploração planejada e sem planejamento em Paragominas, Pará.

EXPLORAÇÃO PLANEJADA



EXPLORAÇÃO SEM PLANEJAMENTO



ESCALA
0 40 80 120 m

LEGENDA

- Árvore extraída
- Estrada
- - - Trilha de arraste
- ▨ Pátio de estocagem de toras

Os danos também estavam associados à construção das estradas de ligação entre os pátios que permitem o transporte das toras da floresta. Na área planejada foram construídas estradas quase retas. Já na área sem planejamento, as estradas não foram planejadas antes da exploração, sendo construídas na última fase da extração para conectar um pátio ao outro. O resultado foi a criação de estradas tortuosas e com ramificações (Figura 5). A densidade total de estradas na exploração sem planejamento foi 27,3 metros linear/ha *versus* 22,6 m/ha na exploração planejada. Na operação sem planejamento, a média da largura do leito da estrada foi similar à da área com planejamento (» 3,6 metros), entretanto, a largura do leito da estrada com margem (5,7 m *versus* 5,3 m, Teste *t* de Student, $p < 0,01$; Figura 2) e a distância coberta por resíduos da exploração foram significativamente maiores (Teste *t* de Student, $p < 0,0001$), resultando em um corredor de danos significativamente mais largo ao longo das estradas (12,3 m e 9,0 m sem planejamento e com planejamento, respectivamente, Teste *t* de Student, $p < 0,001$; Figura 2).

O número de árvores com danos moderado e severo em suas copas e troncos por 100 metros de estrada foi 135 na área sem planejamento e 67 na área com planejamento. O dano foi significativamente maior ao longo das estradas sem planejamento para os danos moderados no tronco (sem planejamento 38,8 *versus* com planejamento 11,5 árvores, $p < 0,00002$) bem como para os danos moderados na copa (sem planejamento 36,7 *versus* com planejamento 12,6 árvores, $p < 0,00005$). Do total de árvores danificadas na abertura pelo trator de esteiras, 53 árvores/100 metros de estrada foram imediatamente mortas (“esmagadas”) na área sem planejamento, enquanto somente 39 árvores/100 metros de estrada foram esmagadas na área planejada. Isto deve-se ao fato de as estradas planejadas terem sido mais estreitas que as estradas sem planejamento.

Resumo das estatísticas dos danos da exploração

Como mencionado anteriormente, 4,5 árvores/ha foram extraídas na operação planejada contra 5,6 árvores/ha na operação sem planejamento. O cálculo dos danos por árvore extraída (Tabela 2) tenta neutralizar estas diferenças na intensidade da exploração. Entretanto, se entre as duas áreas houvesse diferenças na densidade de árvores com DAP entre 10 e 50 cm, a probabilidade em danificar árvores seria diferente. O inventário de todas as

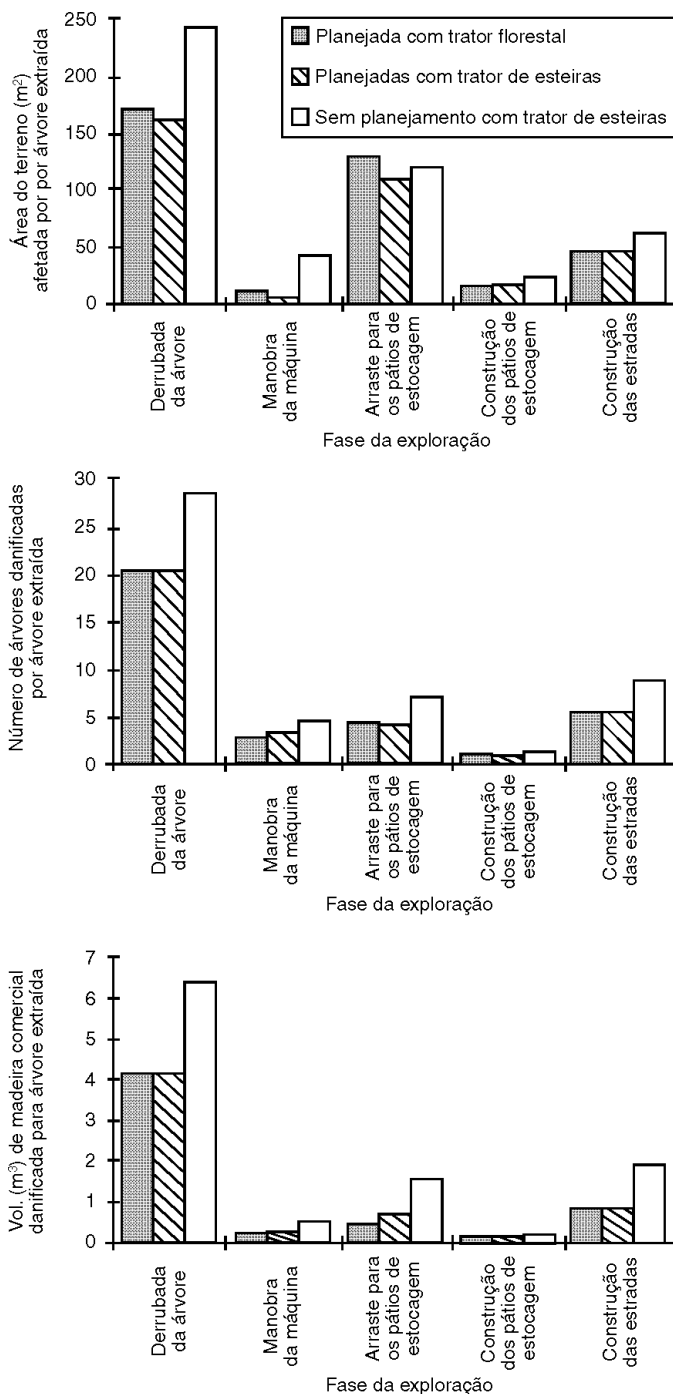
árvores com DAP 3 10 cm feito antes da exploração em 5 hectares de cada área (planejada e sem planejamento) não revelou diferenças, anulando esta primeira preocupação. Além disso, um inventário de todas as espécies madeireiras, feito antes da exploração, revelou que não havia diferenças na densidade das árvores exploráveis entre as duas áreas (P. Barreto, *comunicação pessoal*). Todavia, também queríamos estar certos de que as diferenças quanto aos danos que observamos entre as áreas planejada e sem planejamento não foram um resultado da diferença na densidade das árvores extraídas de fato. Conseqüentemente, analisamos a covariância entre a densidade das árvores extraídas e o comprimento da trilha de arraste, da estrada e da área do pátio de estocagem. Não encontramos nenhuma correlação. Escolhemos estas variáveis (trilhas de arraste, estradas e pátios de estocagem) para nossas análises, porque elas pareceram mais prováveis de serem afetadas pela distribuição das árvores extraídas. Isto é, quanto mais as árvores exploráveis fossem espaçadamente distribuídas, mais longas teriam de ser as trilhas de arraste e as estradas para acessar cada árvore. Encontramos que a variação na densidade de árvores extraídas foi grande entre os pátios dentro de cada operação, tornando a diferença na densidade entre as operações insignificante. Pelo fato de não haver diferença na densidade da floresta entre as duas áreas e nenhuma correlação entre o número de árvores extraídas e a quantidade de danos, concluímos que a razão para a diferença nos danos entre as duas áreas era a implementação de técnicas de exploração diferentes. Portanto, as comparações diretas entre as operações de exploração planejada e sem planejamento parecem justificadas.

A área total perturbada por árvore extraída foi menor na operação de exploração planejada do que na operação sem planejamento (trator florestal com planejamento = $370 \text{ m}^2/\text{árvore extraída}$; trator de esteiras com planejamento = $336 \text{ m}^2/\text{árvore extraída}$; trator de esteiras sem planejamento = $488 \text{ m}^2/\text{árvore extraída}$; Tabela 3). As diferenças entre os tratamentos de exploração na área do terreno afetada podem ser vistas na maioria das fases da exploração [Figura 6 (A)]. A operação sem planejamento também danificou, descopou ou esmagou mais árvores por árvore extraída (35 árvores, com planejamento; 51 árvores, sem planejamento; Tabela 2). Do total das árvores restantes danificadas por árvore extraída, em média, 13,4 eram de valor comercial na operação planejada com trator florestal; 14,3 na operação planejada com trator de esteiras; e 18,6 na operação sem planejamento com trator de esteiras (Tabela 2). Comparando os resultados em termos volumétricos, $10,3 \text{ m}^3$ das árvores de valor comercial foram danificadas por árvore extraída na área sem planejamento, mas somente $5,7 \text{ m}^3$ e $5,9 \text{ m}^3$ foram danificadas por árvore extraída na operação planejada com trator florestal e com trator de esteiras, respectivamente (Tabela 2).

Estes totais de danos podem ser classificados quanto a origem (fases das operações de exploração). Por exemplo, na manobra da máquina na zona do tronco, a exploração sem planejamento danificou 4,7 árvores/árvore extraída quando comparado com 3,3 árvores/árvore extraída na operação planejada com trator de esteiras e 2,9 árvores/árvore extraída na operação planejada com trator florestal (Tabela 2 e Figura 6 B). Além disso, o volume de madeira comercial danificada por árvore extraída durante a manobra da máquina nas operações sem planejamento ($0,54 \text{ m}^3$) foi mais que duas vezes maior que nas operações planejadas ($0,23$ a $0,25 \text{ m}^3$). Existem diferenças de danos de magnitude similar ou maior entre as operações sem planejamento e planejada no caso das trilhas de arraste, pátios e estradas de exploração (Tabelas 2 e 3 e Figura 6).

É útil também expressar danos por hectare, porque a limitação do número de árvores comerciais extraídas por hectare é parte da exploração planejada. O total da área do terreno afetada por hectare foi 1.503 m^2 na operação planejada com trator florestal, 1.706 m^2 na operação planejada com trator de esteiras e 2.276 m^2 na operação sem planejamento (Tabela 4). As diferenças mais notáveis na área afetada por hectare foram na operação de manobra da máquina na zona de queda da árvore ($254 \text{ m}^2/\text{ha}$ sem planejamento com trator de esteiras *versus* $23 \text{ m}^2/\text{ha}$ planejada com trator de esteiras *versus* $45 \text{ m}^2/\text{ha}$ planejada com trator florestal), construção dos pátios ($153 \text{ m}^2/\text{ha}$ sem planejamento *versus* $61 \text{ m}^2/\text{ha}$ planejada) e construção de estradas [$336 \text{ m}^2/\text{ha}$ sem planejamento *versus* $203 \text{ m}^2/\text{ha}$ planejada; Figura 7 A). O total de árvores com dano moderado ou severo na copa e no tronco por hectare foi 102 na operação planejada com trator florestal, 118 na operação planejada com trator de esteiras e 201 na operação sem planejamento (Tabela 4). De fato, em cada fase do processo de exploração, a soma do número de árvores danificadas nas operações sem planejamento foi maior que nas operações planejadas (Tabela 4), quando expressa por hectare. Na fase de derrubada da árvore, aproximadamente duas vezes mais árvores foram danificadas (sofreram dano moderado na copa ou no tronco, ou foram descopadas ou esmagadas) por hectare na operação sem planejamento (124 árvores) do que na operação planejada (64 árvores; Tabela 4 e Figura 7B), mas somente uma árvore a mais por hectare foi extraída nas operações sem planejamento (4,5 *versus* 5,6 árvores extraídas/ha, respectivamente). Durante a manobra da máquina na zona de queda da árvore, a operação sem planejamento com trator de esteiras danificou 13,8 árvores por hectare, enquanto a operação planejada com trator de esteiras danificou 10,7 árvores e a operação planejada com trator florestal danificou apenas 7 árvores por hectare (Tabela 4 e Figura 7 B). O arraste das toras para os pátios representou

Figura 6. *Alto.* A área de terreno afetada (m^2) por árvore extraída durante cada uma das fases da exploração planejada com trator de arraste (*skidder*), planejada com trator de esteiras e sem planejamento com trator de esteiras. *Meio.* o número de árvores que sofreu algum tipo de dano (pequeno, moderado ou severo em sua copa ou tronco) por árvore extraída durante cada fase da exploração. *Baixo.* o volume (m^3) de árvores madeireiras de valor comercial danificadas durante cada fase da exploração em Paragominas, Pará.



o único exemplo onde a operação planejada com trator de esteiras danificou mais árvores por hectare (24,8 árvores) que a operação sem planejamento com trator de esteiras (24,4 árvores); entretanto, somente metade das árvores (12) foi danificada por hectare na operação planejada da trilha de arraste com trator florestal (Tabela 4 e Figura 7 B). E, finalmente, para a abertura dos pátios e das estradas, a exploração sem planejamento danificou duas vezes mais árvores por hectare que a exploração planejada (7 árvores/ha nos pátios sem planejamento *versus* 3,6 árvores/ha nos pátios planejados; 31,9 árvores/ha nas estradas sem planejamento *versus* 15,1 árvores/ha nas estradas planejadas; Tabela 4 e Figura 7 B).

Figura 7. *Alto.* A área de terreno afetada (m²) por hectare durante cada fase da exploração nas operações de exploração planejada do trator florestal (*skidder*) planejada e sem planejamento do trator de esteiras. *Baixo.* O número de árvores que sofreram danos moderado ou severo na copa ou tronco por hectare, durante cada fase da exploração planejada do trator florestal (*skidder*) e planejada e sem planejamento do trator de esteiras em Paragominas, Pará.

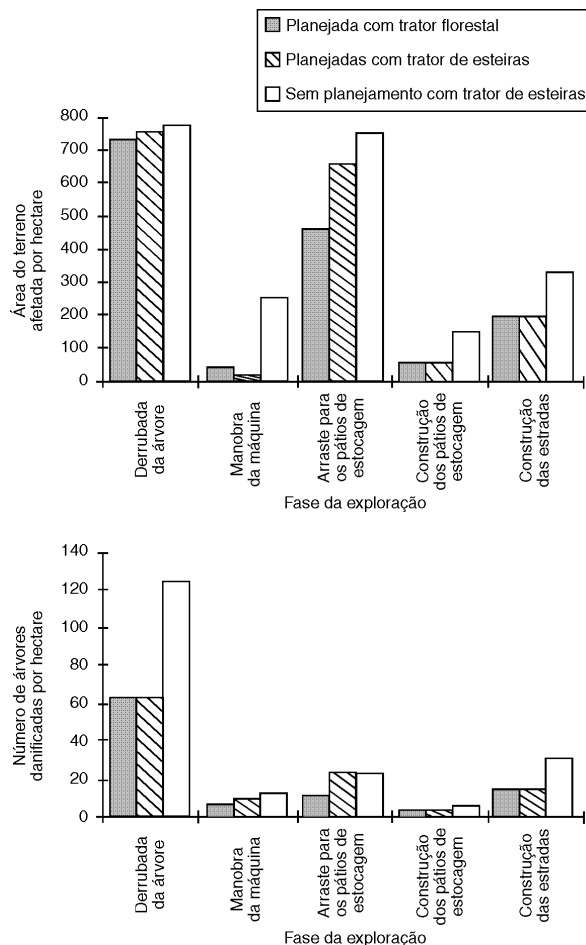


Tabela 4. Danos por hectare durante as operações de exploração planejada e sem planejamento em Paragominas no Pará.

| Exploração | Exploração Planejada (trator florestal) | | | | | | Exploração Planejada (trator esteira) | | | | | | Exploração Planejada (trator esteira) | | | | | |
|---|---|---|----------------|--------------------|------------------|--------------|---------------------------------------|---|----------------|--------------------|------------------|--------------|---------------------------------------|---|----------------|--------------------|------------------|--------------|
| | Área/ha afetada (m ²) | Número de árvores danificadas/ha por tipo de dano | | | | | Área/ha afetada (m ²) | Número de árvores danificadas/ha por tipo de dano | | | | | Área/ha afetada (m ²) | Número de árvores danificadas/ha por tipo de dano | | | | |
| | | Moderado na copa | Severo na copa | Moderado no tronco | Severo no tronco | Total | | Moderado na copa | Severo na copa | Moderado no tronco | Severo no tronco | Total | | Moderado na copa | Severo na copa | Moderado no tronco | Severo no tronco | Total |
| Derrubada da árvore | 729 | 18,1 | 20,8 | 7,3 | 17,7 | 63,9 | 756 | 18,1 | 20,8 | 7,3 | 17,7 | 63,9 | 777 | 25,8 | 41,4 | 16,2 | 40,9 | 124,3 |
| Manobra da máquina na zona de queda da árvore | 45 | 0 | 0,1 | 2,4 | 4,5 | 7 | 23 | 0,9 | 0,1 | 3,1 | 6,6 | 10,7 | 254 | 1 | 0 | 4,1 | 8,7 | 13,8 |
| Arraste para os pátios de estocagem | 465 | 0,9 | 0 | 3,3 | 7,8 | 12 | 663 | 1,6 | 0,2 | 5,6 | 17,4 | 24,8 | 756 | 2,5 | 0,3 | 8,9 | 12,7 | 24,4 |
| Construção dos pátios de estocagem de toras | 61 | 0,06 | 0 | 0,16 | 3,4 | 3,62 | 61 | 0,06 | 0 | 0,16 | 3,4 | 3,62 | 153 | 0,33 | 0,16 | 0,47 | 6 | 6,96 |
| Construção de estradas | 203 | 2,7 | 0,8 | 2,6 | 9 | 15,1 | 203 | 2,7 | 0,76 | 2,6 | 9 | 15,1 | 336 | 4,8 | 1,8 | 10,3 | 15 | 31,9 |
| Total | 1503 | 21,8 | 21,7 | 15,8 | 42,4 | 101,6 | 1706 | 23,4 | 21,9 | 18,8 | 54,1 | 118,1 | 2276 | 34,4 | 43,7 | 40 | 83,3 | 201,4 |

DISCUSSÃO

Medidas necessárias para reduzir os danos da exploração

Encontramos que a adoção de uma série de medidas de planejamento e técnicas de exploração podem conduzir à redução substancial dos danos em todas as fases da exploração. Uma dessas medidas é o corte de cipós, um a dois anos antes da exploração. A presença de cipós foi associada a níveis mais altos de danos durante a abertura das estradas na exploração sem planejamento. Quando o trator de esteiras se movimentava pela floresta abrindo um caminho, árvores próximas e partes de copas foram derrubadas por causa das conexões de cipós. Também, o número de árvores com danos no tronco foi significativamente mais alto ao longo das estradas sem planejamento, uma vez que a quantidade maior de resíduos derrubados requereu mais movimentos do trator para colocá-los para o lado da estrada.

A presença de cipós influenciou o dano associado à derrubada da árvore. Na área sem planejamento, quando as árvores foram derrubadas a interconexão dos cipós vivos presentes no dossel arrancou os galhos atrás do toco das árvores vizinhas bem como as árvores ao longo da queda do tronco e descopou árvores na zona de queda da copa. Na área planejada, as árvores cortadas caíram imediatamente no chão causando poucos danos atrás do toco ou ao longo do tronco e geralmente somente danos menores na copa. Esta diferença quanto a forma de as árvores caírem foi, em parte, responsável pela diferença no tamanho das clareiras da exploração entre as operações planejada (média do tamanho das clareiras = 166 m²) e sem planejamento (média do tamanho das clareiras = 355 m²). A média da área de clareira para árvores caídas naturalmente no sítio de estudo foi de aproximadamente 200 m² (E. Vidal, *dados inéditos*), ou seja, 155 m² menor que na operação sem planejamento. O aumento no tamanho da clareira após eventos naturais nas operações sem planejamento favorecerá, provavelmente, a regeneração de espécies que se beneficiam de luz (especialmente árvores pioneiras e cipós) o que poderia alterar a composição da floresta por muitos anos.

Uma segunda medida que também reduz os danos durante a exploração é a derrubada direcional da árvore. Na operação sem planejamento (sem derrubada direcional), as árvores derrubadas foram muitas vezes amontoadas uma sobre as outras. Por exemplo, 61% de todas as árvores derruba-

das na área sem planejamento estavam amontoadas. Desta maneira, o operador do trator de esteiras nesta área freqüentemente teve que empurrar as toras para o lado antes de enganchá-las no cabo. Em alguns casos, o operador do trator de esteiras dirigiu em círculos ao redor da árvore derrubada num esforço de livrar ou levantar as toras sobrepostas. Pelo contrário, na área planejada, a derrubada direcional das árvores tinha como objetivo reduzir os danos às árvores para corte futuro e facilitar a colocação do estropo na preparação para o arraste. Somente 40% das árvores na área planejada estavam sobrepostas. Além disso, as árvores eram direcionadas preferivelmente de forma a criarem clareiras separadas ao invés de grandes aberturas compostas (Figura 4). Como resultado, o trator florestal ou o trator de esteiras tiveram de fazer menos manobras na área planejada para fixar a tora.

Os tipos de máquina e acessórios usados na exploração são um terceiro fator importante para a redução dos danos na operação planejada. Os tratores florestais são mais estreitos que os tratores de esteiras (3 m *versus* 3,4 a 3,6 m em nosso estudo) e afetam menos a superfície do solo. O uso de guinchos atenua de maneira mais efetiva os danos da exploração, uma vez que a tora pode ser guinchada até o trator florestal, evitando a manobra da máquina. No entanto, na fase de manobra da máquina na operação planejada o uso de tratores florestais equipados com guincho afetou uma área de terreno significativamente maior que a área afetada pelo trator de esteiras equipado com guincho. Isto porque o trator florestal precisa de uma área maior para mudar de direção do que o trator de esteiras.

O planejamento do sistema de trilhas de arraste é um quarto fator a ser considerado para a redução de danos na exploração. Com a exploração planejada, essas trilhas foram predeterminadas em uma forma aproximada de espinha de peixe, ou seja, com uma trilha de arraste central e trilhas secundárias formando ângulos obtusos com a trilha primária. Além disso, toras excessivamente longas foram cortadas em dois ou mais pedaços para que fosse possível mover-se sem danificar as árvores ao longo das trilhas. Ao contrário, na operação sem planejamento, as máquinas freqüentemente entravam na floresta em busca de árvores derrubadas e as toras nem sempre eram arrastadas para o pátio mais próximo. Além disso, as toras geralmente, eram arrastadas inteiras (os troncos não eram divididos em toras menores) e as curvas nas trilhas de arraste freqüentemente aproximavam-se de 90°. Estes fatores aumentaram os danos e reduziram a eficiência da exploração.

Finalmente, a operação planejada também pode atenuar os danos associados à construção dos pátios. Na operação planejada, os pátios foram estabelecidos após o grupo de planejamento ter designado quais e quantas toras seriam arrastadas para os pátios. Assim, a área de cada pátio seria apropriada para o número de toras a ser arrastado para ele.

Considerações econômicas

Entre as medidas eficientes de planejamento, provavelmente a mais econômica seja a implementação da derrubada direcional. O treinamento de motosserristas neste tipo de operação evitaria o amontoamento de árvores, o que, por sua vez, reduziria o tamanho das aberturas no dossel criadas pela queda das árvores e provavelmente a ocorrência de regeneração de ervas sem valor comercial. Além disso, com a queda direcional, as árvores podem ser derrubadas de forma que facilitem o arraste. Depois da queda direcional, o corte de cipós antes da exploração é um método de redução dos danos comparativamente barato. Com um custo estimado de U\$ 13,50/ha (P. Barreto, *comunicação pessoal*), o corte de cipós reduz bastante o número de árvores danificadas durante a derrubada de uma árvore e construção das estradas. A utilização de tratores florestais ao invés de tratores de esteiras também é uma medida importante para a redução de danos, embora a compra de um trator florestal requeira um investimento grande (aproximadamente U\$ 150.000). Uma alternativa para um novo trator florestal é montar um guincho em um trator de esteiras já utilizado.

Quando consideradas juntas, as medidas de manejo associadas à exploração planejada ganham uma importância adicional. O número de árvores danificadas com DAP ³ 10 cm por árvore extraída na área planejada (35 árvores) foi 32% menor que o número de árvores na área sem planejamento (51 árvores). No futuro, esta diferença terá um grande impacto no volume de madeira disponível. Barreto *et al.* (1993), usando dados de três locais na região de Paragominas, simularam o volume de madeira disponível em um ciclo de corte de 30 anos. Para isso, consideraram a utilização de técnicas de manejo florestal como descritas aqui, as quais reduziram em 30% os danos às árvores; (valor similar ao nosso de 32%) além do uso de tratamentos silviculturais após a extração. Eles estimaram que o volume disponível no segundo corte (após 30 anos) seria similar ao volume extraído no primeiro (38 m³/ha). Ao contrário, sem o manejo (exploração sem planeja-

mento e sem tratamento silvicultural após a extração), o volume disponível para o segundo corte seria apenas 17 m³/ha. Cerca de 84% desta diferença na produção entre a exploração planejada e a sem planejamento foi devido à redução no número de árvores danificadas durante a exploração, e 16% teve como causa as taxas maiores de crescimento pelo uso de tratamentos silviculturais. Portanto, Barreto *et al.* (1993) argumentam que a redução dos danos durante a exploração é, disparadamente, o mais importante componente dos programas melhorados de manejo florestal.

O protocolo de exploração planejada apresentado aqui, evidentemente, tem um custo associado de aproximadamente U\$ 72/ha (Barreto, *et al.*, 1998). Ao investir em planejamento, entretanto, encontramos que a eficiência da operação de exploração (número de árvores cortadas ou arrastadas por dia) aumentou (Barreto, *et al.*, 1998). Isto porque o tempo necessário para os serradores encontrarem e cortarem as árvores e para o trator florestal localizá-las e arrastá-las para os pátios de estocagem foi reduzido. Esse aumento de eficiência possibilita um retorno de cerca de 13% dos custos do planejamento. Além disso, o planejamento cuidadoso permitiu uma diminuição dos custos da exploração, reduzindo a quantidade de madeira desperdiçada e o número de árvores derrubadas que foram inadvertidamente deixadas na floresta. Pela redução do valor pago por metro cúbico por árvore extraída de U\$ 6,70/m³ para U\$ 5,00/m³, a exploração planejada tem um retorno de mais de 91% dos custos planejados.

No curto prazo, 25,4% do volume de madeira explorável foi desperdiçado na operação sem planejamento, ou pelas técnicas deficientes de corte, ou ainda pelas toras deixadas na floresta. Este desperdício representa perda de lucro, que na metade dos anos 90 foi igual a U\$ 3,64/m³ de madeira desperdiçada (Barreto, *et al.*, 1998). Por isso, estimamos que a exploração planejada, de fato, aumentaria o lucro líquido final dos lucros das madeireiras, porque as operações de exploração planejada não têm este custo de oportunidade. Além disso, tomando a perspectiva de um período mais longo, mais árvores podem ser extraídas da área da exploração planejada comparado à área sem planejamento em explorações futuras, por causa da redução dos danos às árvores com potencial comercial. Considerando o valor líquido presente (VLP) das duas extrações, o valor da madeira na área planejada, após 30 anos, com uma taxa de desconto de 8% será U\$ 467/ha, ao passo que, o valor da madeira na operação sem planejamento será somente U\$ 348/ha (P. Barreto, *comunicação pessoal*). Assim, o VLP da exploração planejada é 34% maior que o da exploração sem planejamento em uma área com 38 m³/ha de madeira explorável. Em uma área com 20 m³/ha de madeira explorável, o lucro seria cerca de 29% maior que na exploração sem planejamento.

CONCLUSÃO

Nós não somos os primeiros a registrar que é possível reduzir significativamente os danos durante a exploração de madeira tropical. Outros trabalhos no Suriname (Hendrison, 1996) e na Malásia (Pinard & Putz, 1996) encontraram que os danos às árvores remanescentes podem ser reduzidos entre 25% e até mais que 33%. Trabalhando em uma floresta similar a da região de Paragominas, Hendrison encontrou muitas das mesmas causas de danos e resultados similares usando as técnicas de exploração planejada. Os dois estudos citam o planejamento da exploração, queda direcional da árvore e corte de cipós como os elementos-chave na redução dos danos causados durante a derrubada da árvore, manobra da máquina e arraste das toras. O estudo na Malásia foi conduzido em uma floresta de *dipterocarpaceas* com uma estrutura muito diferente e um volume muito maior de madeira extraída por hectare (100 a 150 m³/ha) que o do estudo de Paragominas (30 a 37 m³/ha). Entretanto, os métodos de exploração de impacto reduzido estudados por Pinard & Putz (1996), o qual incluiu queda direcional da árvore e técnicas “apropriadas” de extração de toras, ainda resultou em uma redução de 27% dos danos à floresta remanescente. Isto é comparável ao nosso estudo, no qual encontramos uma redução de 32% no número total de árvores danificadas por árvore extraída, e ao trabalho de Hendrison (1990) que registrou uma redução de 40% no número de árvores danificadas durante a derrubada e o arraste das toras. Tomados juntos, estes estudos no Brasil, Suriname e Malásia proporcionam evidências substanciais de que o impacto da exploração planejada pode reduzir efetivamente os danos à floresta remanescente em muitos tipos de florestas tropicais.

Um exame da exploração de “baixo impacto” na Amazônia é particularmente importante à luz do declínio projetado dos estoques de madeira na Ásia e África. O mercado global está considerando a Amazônia para suprir sua demanda. No período de dez anos, de 1980 a 1990, 188 novas serrarias foram estabelecidas somente na região de Paragominas (Veríssimo *et al.*, 1992). Atualmente, o Estado do Pará produz aproximadamente 13,5 milhões m³ de toras por ano (A. Veríssimo, *comunicação pessoal*) usando métodos de exploração convencionais e sem planejamento.

No momento, entretanto, estes métodos devem ser considerados como desmatamento dado os níveis altos de dano (200 árvores/ha) e resíduos deixados após o corte. Além disso, entradas repetidas na floresta todos os anos, para extrair indivíduos menores de espécies comerciais, ou espécies

que estão ganhando valor comercial, favorecem a degradação da floresta. Entradas repetidas também aumentam os danos às árvores restantes, que continuam a morrer durante os primeiros anos após a exploração. Uma área maior de clareira permite o aumento de radiação solar que seca as árvores mortas criando altos níveis de material combustível no chão da floresta. Incêndios que se alastram para as pastagens vizinhas, conseqüentemente tornam-se uma ameaça à sobrevivência destas florestas tropicais úmidas (Uhl & Buschbacher, 1985). O resultado pode ser, na melhor das hipóteses, uma floresta que é facilmente dominada por cipós, espécies de árvores pioneiras ou, na pior das hipóteses, nova pastagem.

Contudo, é possível tratar com cuidado as florestas da Amazônia. O primeiro passo é explorar de forma menos agressiva. Isto significa não somente explorar seletivamente (3 a 6 árvores/ha) mas também explorar de forma planejada. A exploração cuidadosa consiste em fazer um inventário das árvores comerciais com DAP ³ 30 cm antes da exploração, o que permitiria ao grupo de exploração saber a localização, não somente das árvores para este corte, mas também a localização das potenciais árvores madeireiras para a próxima extração. Cortar os cipós um ou dois anos antes da exploração, para que as conexões entre as árvores estejam enfraquecidas quando as árvores comerciais forem derrubadas, causando menos danos durante a queda. Empregar uma equipe de planejamento para decidir em que direção cada árvore deve ser derrubada (dentro do limite do que é possível) para que eles possam planejar uma rede de estradas, pátios e trilhas de arraste eficientes antes da exploração, o que irá, por sua vez, permitir à equipe de abertura de estradas, derrubada e arraste de toras, evitar danos. Para isso, é necessário o treinamento de todas as equipes de trabalho nos métodos de exploração de baixo impacto, para que eles possam implementar efetivamente as instruções da equipe de planejamento. E, finalmente, explorar cuidadosamente também significa assegurar-se de que as populações de espécies comerciais não estão sendo levadas à extinção local, e isto significa deixar algumas das “melhores” árvores como matrizes.

Podemos contemplar dois futuros possíveis para a Amazônia - um, consite na exploração insensata e na liquidação das fontes de madeira da floresta. O outro, consite no manejo cuidadoso das florestas amazônicas. A maioria das forças políticas e econômicas encoraja a liquidação rápida. Entretanto, este trabalho proporciona evidência convincente de que a exploração planejada é possível e boa para a floresta, bem como para a economia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a F. Figueiredo pela criação dos gráficos; R. da Silva Farias e R. Freitas pela ajuda com o trabalho de campo; a Glaucia Barreto pela tradução deste artigo; e J. Gerwing, J. M. Hartman, P. Morin e J. Putz por seus comentários nas versões deste trabalho. O suporte financeiro foi dado pelo Fundo Mundial para a Natureza, (WWF).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, P. 'Custos e benefícios do manejo florestal para produção de madeira na Amazônia Oriental', *Série Amazônia*, nº 10, Imazon, Belém, 1998, 41p.
- BARRETO, P., UHL, C. and YARED, G. 'O Potencial de produção sustentável de madeira em Paragominas, Pará na Amazônia Oriental: 7º Congresso Florestal Brasileiro, *Anais da Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais*, 1993, pp. 387-392
- CROME, F.H.J., MOORE, L.A. and RICHARDS, G.C. 'A study of logging damage in upland rainforest in North Queensland', *Forest Ecology and Management*, 49: 1-29, 1992.
- De GRAAF, N.R. 'A Silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname', In *Ecology and Management of Tropical Forests in Suriname*. Wageningen Agricultural University, Netherlands, 1986.
- HENDRISON, J. 'Damage-controlled logging in managed rain forest in Suriname'. In *Ecology and Management of Tropical Rain Forests in Suriname*. Wageningen Agricultural University, Netherlands, 1990.
- JONKERS, W.B.J. 'Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname'. In *Ecology and Management of Tropical Rain Forests in Suriname*. Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 1987.
- MALMER, A. and GRIP, H. 'Soil disturbance and loss of infiltrability caused by mechanized and manual extration of tropical rainforest in Sabah, Malaysia', *Forest Ecology and Management*, 38: 1-12, 1990.
- NEPSTAD, D., UHL, C. and SERRÃO, E.A.S. 'Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Pará, Brazil'. In A.B. Anderson (ed.) *Alternatives to Deforestation*. Columbia University Press, New York, 1990.
- PINARD, M.A. and PUTZ, F.E. 'Retaining forest biomass by reducing logging damage', *Biotropica*, 28: 278-295, 1996.
- RUNKLE, J.R. 'Guidelines and sample protocol for sampling forest gaps'. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. General Technical Report, PNW-GTR- 283, 1992.
- UHL, C. and BUSCHBACHER, R. A. 'A Disturbing synergism between cattle ranch burning practices and selective tree harvesting in the Eastern Amazon', *Biotropica*, 17(4): 265-268, 1985.
- UHL, C., CLARK, K., DEZZEO, N. and MAGUIRINO, P. 'Vegetation dynamics in amazonian treefall gaps'. *Ecology*, 69 (3); 751-763, 1988.

- UHL, C. and VEIRA, I. 'Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas Region of the State of Pará'. *Biotropica*, 21(2); 98-106, 1989.
- UHL, C., VERÍSSIMO, A., MATTOS, M., BRANDINO, Z. and VIEIRA, I.C.G. 'Social, economic and ecological consequences of selective logging in an Amazon frontier: the case of Tailândia'. *Forest Ecology and Management*, 46: 243-273, 1991.
- UHL, C., AMARAL, P., BARRETO, P., BARROS, A.C., GERWING, J., JOHNS, J., SOUZA, C., VERÍSSIMO, A. and VIDAL, E. 'An integrated research approach for addressing natural resource management problems in The Brazilian Amazon', *BioScience*, in press, 1996.
- VERÍSSIMO, A., BARRETO, P., MATOS, M., TARIFA, R. and UHL, C. 'Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas'. *Forest Ecology and Management*, 55: 169-199, 1992.

A Série Amazônia é uma iniciativa do Imazon de divulgação ampla dos seus estudos. Os artigos, publicados em revistas científicas internacionais, abordam de forma multidisciplinar as atividades de uso dos recursos naturais na Amazônia. A Série Amazônia conta com o apoio da Fundação Ford.