

ISSN 0101 - 7691

- **Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Retonna Agrária**  
**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA**  
~ Centro Nacional de Pesquisa de Florestas  
Colombo, PR

**DOCUMENTOS, 23**

**POSSIBILIDADES PARA A PRODUÇÃO SUSTENTADA DE  
MAD~IRA EM FLORESTA Densa DE TERRA-FIRME  
DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

José Natalino Macedo Silva

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

CNPFlorestas-EM BRAPA  
Estrada da Ribeira, km 111 - Caixa Postal 319  
83405-970 - Colombo - Paraná  
Telefone (041) 359-1313  
Telex (41) 30120  
Fax (041) 359-2276

Tiragem: 1.000 exemplares

#### **COMITÊ DE EDITORAÇÃO**

##### **Presidente**

Vitor Afonso Hoeflich

##### **Suplentes**

Veda Maria Malheiros de Oliveira

##### **Membros**

Antonio Francisco Jurado Bellote  
Emerson Gonçalves Martins  
Marcos Deon Vilela de Resende  
Sergio Ahrens  
Celso Auer  
Erich Gomes Schaitza  
Lidia Woronkoft

Sergio Gaiad  
Fernando Rodrigues Tavares  
José Elidney Pinto Junior  
Emílio Rotta

##### **Secretária Executiva**

Guiomar Moreira de Souza Braguinha

Silva, José Natalino Macedo

Possibilidades para a produção sustentada de madeira em floresta densa de terra-firme da Amazônia brasileira. Curitiba: EMBRAPA-CNPFF, 1993.

p. (EMBRAPA-CNPFF. Documentos, 23).

1. Floresta - Amazônia. I. Título. II. Série.
2. Madeira - Produção Sustentada.

CDD 634.9098113

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE FLORESTAS

Chefe: Vitor Afonso Hoeflich

Chefe Adjunto Técnico: Veda Maria Malheiros de Oliveira

Chefe Adjunto Apoio: Sergio Gaiad

SETOR DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA

Responsável

Erich Gomes Schaitza

Composição

Guiomar Moreira de Souza Braguinha

Diagramação e Arte Final

Suzana Mehl Guimarães

**Presidente da EMBRAPA**

Murilo Xavier Flores

**Diretores**

José Roberto Rodrigues Peres

Alberto Duque Portugal

Elza Angela Battaglia Brito da Cunha

## SUMÁRIO

	Pág.
Listas de Tabelas e Figuras	
Resumo	" 01
Abstract	02
1. Introdução	" 02
2. Material e Métodos	63
2.1. Descrição da área experimental	03
2.2. Histórico da área experimental	05
2.3. Amostragem da regeneração	" 06
2.4. Monitoramento do povoamento	06
2.5. Projeções do povoamento	" 07
2.5.1. Casos de simulação	09
2.5.1.1. Caso 1: Desenvolvimento de uma floresta explorada sem nenhuma intervenção adicional	09
2.5.1.2. Caso 2: Desenvolvimento do povoamento promovendo algumas espécies potenciais para o grupo das comerciais.	10
3. Resultados e Discussão	" 11
3.1. Estoque de espécies desejáveis	11
3.2. Competição por cipós, palmeiras e árvores/galhos caídos	" 12
3.3. Número de árvores	13
3.4. Ingressos	13
3.5. Mortalidade	14
3.6. Incremento em diâmetro	15
3.7. Projeções do povoamento.	16
3.7.1. Caso 1: Desenvolvimento da floresta explorada sem nenhuma intervenção adicional.	16
3.7.2. Caso 2: Desenvolvimento do povoamento considerando a promoção de algumas espécies potenciais para o grupo das comerciais.	17
4. Conclusões	18
5. Recomendações	20
6. Referências	22

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
1. Classes de tamanho usadas na amostragem linear de 1/4 de corrente na Florestas Nacional de Tapajós. . . . .	" 25
2. Estoque de árvores desejáveis (%) antes e depois da exploração por grupos de espécies e classes de tamanhos. . . . .	" 25
3. Incidência de impedidores de crescimento (cipós, palmeiras e árvores/galhos caídos) por ano de observação. . . . .	26
4. Número de árvores por ha da floresta remanescente após a exploração. . . . .	27
5. Ingressos em número de árvores por ha em três períodos após a exploração. . . . .	" 28
6. Taxas de mortalidade (% por ano) das espécies pioneiras comparadas com outras categorias. . . . .	28

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Localização da área experimental. ....	29
2. Diagrama climático de Selterra, Pará. ....	29
3. Croqui do experimento. A área dentro da linha tracejada refere-se aos levantamentos da regeneração natural. ....	30
4. Croqui de uma parcela permanente. ....	30
5. Efeito do tempo decorrido desde exploração no crescimento diamétrico. . . . .	31
6. Incremento diamétrico segundo as classes de iluminação de copas. . . . .	31
7. Premissas adotadas no comportamento dos parâmetros do povoamento. Caso 1: Tendência real até 1987. ....	32
8. Premissas adotadas no comportamento dos parâmetros do povoamento. Caso 2: Tendência real até 1987. ....	33
9. Caso 1: Povoamento de espécies comerciais inicial e projetado. . . . .	34
10. Povoamento real e projetado por período de cinco anos das espécies comerciais. . . . .	34
11. Distribuição do volume do tronco no início e no final do ciclo de corte. . . . .	35
12. Caso 2: Povoamentos inicial e final das espécies comerciais. . . . .	35
13. Distribuição do volume do tronco no início e no final do ciclo de corte. . . . .	36

**POSSIBILIDADES PARA A PRODUÇÃO SUSTENTADA DE  
MADEIRA EM FLORESTA Densa DE TERRA-FIRME  
DA AMAZÔNIA BRASILEIRA\***

José Natalino Macedo Silva\*\*

**RESUMO**

Discute-se a possibilidade de produção sustentada de madeira em floresta de terra-firme da Amazônia brasileira, tendo-se, como base, oito anos de observações de um experimento silvicultural com área de 64 ha, situado na Floresta Nacional do Tapajós, Santarém-Pará. Observações periódicas de parcelas de regeneração natural pelo sistema Malaio revelaram que a exploração por si só foi capaz de induzir a regeneração de espécies comerciais e potenciais. O estoque de espécies comerciais cresceu de 41%, antes da exploração, para 76% após a abertura do dossel. O crescimento em diâmetro de todas as espécies, de um modo geral, foi aumentado em consequência da abertura do dossel; porém, o efeito benéfico teve duração de apenas três a quatro anos após a exploração, quando começou a decrescer. Os ingressos de espécies comerciais e de potenciais diminuíram 60% e 47%, respectivamente, entre o segundo e oitavo anos após a exploração, o que pode comprometer a composição do terceiro corte. A exploração, que removeu 73 m<sup>3</sup>/ha e, aproximadamente, 16 árvores/ha, foi considerada bastante pesada para ser sustentável, assumindo-se um sistema de manejo policíclico. Projeções da floresta remanescente por um período de 30 anos (33 após a exploração inicial), mostraram que não se pode esperar uma colheita econômica ao final do atual ciclo de corte. Por outro lado, simulações de regimes de manejo mostraram que uma colheita econômica só seria possível se algumas espécies potenciais ganhassem mercado durante o curso do atual ciclo de regeneração. Sugere-se uma sequência de operações de um sistema silvicultura! para florestas de terra-firme da Amazônia brasileira.

**PALAVRAS-CHAVE:** produção sustentada; crescimento; ingresso; mortalidade; regeneração natural; amostragem linear da regeneração; projeções do povoamento; Brasil; Amazônia.

\* Trabalho apresentado no 6º Congresso Florestal Brasileiro. Campos do Jordão, SP, Brasil, 22 a 27 de setembro de 1990.

\*\* Eng.-Florestal, Ph.D., CREA nº 1801-0 1796, Pesquisador da EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental - CPATU.

## PROSPECTS OF SUSTAINED TIMBER PRODUCTION IN DENSE TERRA FIRME FOREST ON THE BRAZILIAN AMAZON

### ABSTRACT

This paper discusses the possibilities of sustained timber management in the Brazilian Amazon terra firme rain forests, based on eight-year observations of a 64 ha silvicultural experiment in the Tapajós National Forest, state of Pará, Brazil. Recurrent natural regeneration assessments according to the Malayan system revealed that logging itself was capable of inducing natural regeneration of desirable species. Stocking of commercial species raised from 41% before logging to 76% after canopy opening. Growth in DBH for all species was boosted as a result of canopy opening, but its beneficial effect did not last for too long, started declining 3-4 years after logging. Ingrowth of commercial species has fallen dramatically (nearly 60%) which jeopardizes sustainability. Logging, which removed 73 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> from an average of 16 trees per ha, was considered too heavy to be sustainable if a polycyclic management system is assumed. Projection of the remnant stand over a period of 30 years (33 after logging), showed that no economic output is expected at the end of the cutting cycle. However, simulation of management regimes showed that an economic harvest would be possible if silvicultural treatments were applied and some potentially commercial species entered the market in the course of the regeneration period. A preliminary sequence of operations for a management system for the Brazilian terra firme rain forests is suggested.

KEY-WORDS: sustained yield; growth; ingrowth; mortality; natural regeneration; linear regeneration sampling; stand table projection; Brazil; Amazônia.

### 1. INTRODUÇÃO

O Brasil detém a maior área contínua de floresta tropical do mundo. Dos quase cinco milhões de quilômetros quadrados que constituem a Amazônia Legal, 64% ou, aproximadamente, 3,3 milhões de hectares são formações florestais. Florestas densas, com alto potencial para a produção madeireira cobrem em torno de 200 milhões de hectares (ARAÚJO et al. 1986). Toda essa exuberante floresta cresce, contudo, em solos quimicamente muito pobres. Somente 10% dos solos da Amazônia são considerados férteis. Disso, depreende-se que a principal vocação da região é para o desenvolvimento florestal.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Descrição da área experimental

A área experimental foi estabelecida em 1975, na Floresta Nacional do Tapajós, 67 km ao sul da cidade de Santarém, no Estado do Pará, longitude 55°00' e latitude de 2°45'S (Figura 1).

A área do experimento, inicialmente de 35 ha, foi aumentada posteriormente para 64 ha no intuito de permitir uma avaliação mais confiável dos custos de exploração. Os resultados da amostragem linear da regeneração reportados neste trabalho referem-se, no entanto, aos 35 ha primeiramente estabelecidos.

Estruturalmente, a vegetação é uma floresta típica de terra-firme, tipo que cobre cerca de 200 milhões de ha da Amazônia brasileira. DUSOIS (1976) denominou este tipo de vegetação no Tapajós de "mata alta sem ba-baú" (*Orbygnia barbosiana*) para contrastar com um tipo similar ocorrente na mesma floresta, onde há alta ocorrência daquela palmeira.

O volume médio de todas as espécies com diâmetro à altura do peito, DAP, maior que 45 cm varia de 150-180  $m^3/ha$  (ISDF, s.d.) embora em algumas áreas, volumes de ordem de 200  $m^3/ha$  tenham sido encontrados (SILVA et al. 1985).

As espécies mais comuns formando o andar emergente são *Bertholletia excelsa*, *Couratari* spp., *Dinisia excelsa*, *Hymenaea courbaril*, *Manilkara hu-beri*, *Parkia* spp., *Pithecellobium* spp., e *Tabebuia serratifolia*. O sub-bosque é, em geral, aberto, com alta ocorrência de *Duguetia echinophora*, *Rinorea flavescens* e *R. guianensis*.

O clima da região é Ami, de acordo com a classificação de Koppen. Dados climáticos de Selterra, situada cerca de 35 km ao norte da área experi-mentai, mostram que a temperatura média mensal varia de 24,3 a 25,8 °C com uma umidade relativa média anual de 86%. A precipitação anual média é de 1920 mm. A maioria da precipitação ocorre de dezembro a maio, com média mensal variando de 170 a 300 mm. O resto do ano é mais seco, com dois a três meses (agosto a outubro) registrando a precipitação inferior a 60 mm (Figura 2).

O relevo onde o experimento foi instalado é plano e o solo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico.

A exploração foi realizada em 1979, usando-se motossem., e um skid-der para o arraste, que operou em trilhas previamente abertas por um trator de esteiras. A intensidade de exploração aplicada foi considerada relativa-mente alta para os padrões médios aplicados na Amazônia. Foram extraí-das, em média, 16 árvores/há de uma lista de 63 espécies, resultando em um volume médio de 73  $m^3/ha$  (COSTA FILHO et al. 1980).

Historicamente, a principal fonte de madeiras para abastecimento das indústrias madeireiras da região têm sido as florestas de várzeas, onde espécies fluviáveis como a *Virola surinamensis* estão entre as mais exploradas. No Estado do Amazonas, por exemplo, mais de 95% da madeira serrada tem origem nas florestas de várzea (SANTOS & HUMMEL 1988).

As florestas de terra-firme, outrora pouco acessíveis aos madeireiros, tornaram-se outra importante fonte de matéria-prima a partir da década de 60, com a construção das chamadas estradas de integração nacional, inicialmente, a Belém-Brasília e, posteriormente, a Transamazônica, Cuiabá-Porto Velho e Santarém-Cuiabá. O acesso às florestas de terra-firme, e a exaustão das florestas de *Araucaria angustifolia* no sul do Brasil resultaram em um aumento marcante da exploração das florestas de terra-firme. Em 1986, por exemplo, havia 2.231 serrarias e 70 fábricas de compensados na Região Norte (principalmente na Amazônia). Apenas o Estado do Pará contribui com mais de 50% do número de indústrias e produção total de madeira (MERCADO & CAMPAGNANI 1988).

A exploração florestal nas florestas de várzea e de terra-firme pode ocorrer tanto à baixa como à alta intensidade (UHL et al. 1990). A exploração à baixa intensidade, em geral, não resulta em grandes perturbações do ecossistema. Ao contrário, a exploração à alta intensidade, com o uso de máquinas pesadas, provoca um impacto ambiental considerável, principalmente se realizada sem planificação e cuidados técnicos, como acontece na maioria dos casos.

Embora o código florestal, datado de 1965 (Lei 4.771), estabeleça, em seu 15<sup>o</sup> Art., que a exploração das florestas primitivas da Amazônia deveria ser feita somente com base em planos de manejo, apenas recentemente foi criada uma legislação mais específica tratando da matéria. A Instrução Normativa n<sup>o</sup> 80 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, estabelece as normas e critérios para a apresentação de planos de manejo na Amazônia, baseados em pesquisa conduzida há mais de quinze anos na região.

Este trabalho discute os resultados de um dos experimentos silviculturais que serviram de base para o estabelecimento das novas instruções para o manejo da floresta amazônica. A pesquisa foi estabelecida a partir de 1975, na Floresta Nacional do Tapajós, objetivando estudar o comportamento de uma floresta explorada e deixada para regenerar sem nenhuma intervenção adicional. Com base nos dados de crescimento, ingressos e mortalidade existentes, foram feitas projeções do povoamento por um ciclo de corte, através de um modelo de simulação, de modo a verificar se uma nova colheita poderia ser esperada no final do período. Sugere-se uma sequência de operações para um sistema silvicultural para florestas de terra-firme da Amazônia

A lista de espécies inclui madeiras tradicionalmente comercializadas em Santarém, e também algumas com mercado potencial com o objetivo de criar uma situação em que grande parte do volume é removido.

## 2.2. Histórico da área experimental

As operações silviculturais realizadas no experimento são brevemente descritas a seguir:

### **Antes de 1975:**

- explorações leves, principalmente de *Aniba duckei*, *Cedrela odorata* e *Cordia goeldiana*, provavelmente 30 a 40 anos atrás;
- inventário pré-exploratório a 100% de intensidade;
- primeira amostragem de regeneração;
- ensaio de anelagem utilizando 20 espécies indesejáveis, com diâmetros variando de 10 a 50 cm (20 árvores/ha);
- corte de cipós em 35 ha.

### **1979:**

- operações de exploração em 64 ha removendo 16 árvores/ha e 73 m<sup>3</sup>/ha.

### **1981:**

- estabelecimento e medição de parcelas permanentes;
- segunda amostragem de regeneração.

### **1982:**

- segunda medição nas parcelas permanentes.

### **1985:**

- terceira amostragem de regeneração;
- quarta medição nas parcelas permanentes.

### **1987:**

- quinta medição nas parcelas permanentes.

### 2.3. Amostragem da regeneração

Para determinar o estoque de mudas, *varas* e pequenas árvores das espécies *desejáveis*, foi empregado o método Malaio de amostragem de regeneração descrito em WYATT-SMITH (1963), denominado LS 1/4 (Amostragem de 1/4 de Corrente<sup>1</sup>).

A área foi dividida em 35 compartimentos de 1 ha cada. Em cada compartimento uma parcela de 100 m x 5 m foi estabelecida ao acaso (Figura 3). As classes de tamanhos empregadas incluíram a classe Ho, G1/2 e G1 (WYATT-SMITH 1963), não consideradas no sistema Malaio para esta amostragem (Tabela 1). A classe Ho, no entanto, não foi considerada no cálculo do estoque.

A escolha do indivíduo líder *desejável* foi feita entre mudas, *varas* ou árvores pequenas das espécies listadas, de boa forma, e com maior possibilidade de *sobreviver* e alcançar o dossel superior.

o critério utilizado para definir os grupos de espécies foi a capacidade de comercialização. o grupo 1 foi constituído das espécies que na época eram vendidas no mercado de Santarém e no mercado externo (Brasil ou exterior). o grupo 2 foi constituído das espécies que, pelas suas características silviculturais e propriedades tecnológicas das madeiras, poderiam ser consideradas com potencial para comercialização no futuro.

### 2.4. Monitoramento do povoamento

o sistema de parcelas permanentes usado neste estudo foi, basicamente, o mesmo *desenvolvido* para Sarawak, Malásia, pela FAO, projeto Fa: MAU76/008. Foi muito oportuno que o mesmo procedimento fosse adotado, pois os mesmos programas de computador utilizados na Malásia puderam ser utilizados com os dados brasileiros, necessitando apenas de algumas modificações (KaRSGAARD 1989).

Em 1981, dois anos após a exploração, foram estabelecidas 36 parcelas permanentes (Figura 3). As parcelas são quadradas e compostas de 25 subparcelas de registro, de 10m x 10m, perfazendo uma área de 0,25 ha.

Em cada subparcela, todos os *indivíduos* com diâmetro à altura do peito (DAP)  $\geq 5$  cm são numerados e medidos; as *varas* medidas em parcelas de 5 m x 5 m (25 m<sup>2</sup>) estabelecidas no centro de cinco parcelas escolhidas ao acaso; as mudas são contadas em parcelas triangulares de 6,25 m<sup>2</sup> localizadas dentro de cada parcela de *varas* (ver detalhes de uma parcela permanente na Figura 4).

As especificações de tamanhos usados neste trabalho são as seguintes:

<sup>1</sup> Uma corrente equivale a aproximadamente 20 m

a: *Vegetação*

Mudas: altura ~ 30 cm; DAP < 2,5 m

Varas: 2,5 cm < DAP < 10,0 cm

Árvores pequenas: 10,0 cm < DAP < 45,0 cm

Árvores grandes: DAP ~ 45,0 cm.

b: Classes de diâmetro

1: 5,0 cm - 14,9 cm

2: 15,0 cm - 24,9 cm

3: 25,0 cm - 34,9 cm, e assim por diante.

Para cada árvore anotada, diversas variáveis são medidas ou descritas, tais como, espécie, grupo de qualidade da madeira, tratamento silvicultural, diâmetro, iluminação da copa, forma da copa, inclinação, danos, podridão, grau de comercialização e cipós. Uma descrição mais detalhada do sistema de monitoramento utilizado é apresentada em SILVA e LOPES (1984) e SILVA (1989).

## 2.5. Projeções do povoamento

Tornou-se evidente do estudo do comportamento da floresta explorada, que quando aplicado um sistema de manejo policíclico, a intensidade de exploração se tomava muito pesada. Daí, uma nova colheita econômica não poderia ser prevista ao final do crescimento corrente, se considerado um ciclo de corte de 30 anos.

Para isso ser possível, seria necessário que o próximo corte fosse baseado substancialmente nas espécies potenciais remanescentes, e que essas ganhassem mercado no decorrer do atual ciclo de regeneração.

Para investigar essas hipóteses, foi feita uma tentativa de projetar o desenvolvimento do povoamento por um ciclo de corte, através de um modelo de simulação. O modelo escolhido foi o STANDPRO (Stand Tables Projection) desenvolvido por KOFOD (1982) e atualizado por KORSGAARD (1988).

O STANDPRO é um modelo de simulação desenvolvido para prever o desenvolvimento de um povoamento florestal por um dado número de períodos de crescimento, através da aplicação de taxas de crescimento, ingressos e mortalidade. O modelo foi inicialmente desenvolvido para as florestas mistas de dipterocarpaceas em Sarawak, Malásia. O modelo é baseado no conceito clássico de "tempo de passagem médio" e no quociente

de 'de Liocourt' (valores de  $q$ ) para atentar ao fato de que as árvores não são distribuídas uniformemente no intervalo de classe dos diâmetros.

Os quocientes de 'de Liocourt', que levam o nome do florestal francês que desenvolveu a teoria, são definidos como a razão entre o número de árvores entre quaisquer duas classes de diâmetro consecutivas. Se o povoamento florestal é balanceado, demonstra-se que a relação se mantém constante para qualquer par de classes diamétricas. Os números de árvores por classes de diâmetro formam uma progressão geométrica decrescente, da forma  $A \quad Aq^{-1} \quad Aq^{-2} \quad Aq^{-3}$ , etc., ou  $Y = Aq^{-X}$ , onde  $Y$  é o estoque da  $x$ -ésima classe de diâmetro a partir de  $A$ , e  $q$  é o quociente de 'de Liocourt'.

Na realidade, os valores de  $q$  das classes de diâmetro menores são maiores do que os das classes maiores. KODOF (1982) sugeriu a divisão da floresta em dois povoamentos parciais, cada um com seu próprio valor de  $q$ ; um, compreendendo as árvores que ainda estão competindo para atingir o topo do dossel, onde prevalece o crescimento em altura, e o outro, formado pelas árvores que já atingiram o dossel superior, onde o crescimento em diâmetro prevalece. Para Sarawak, o limite entre esses dois povoamentos foi estabelecido como sendo o diâmetro em torno de 30 cm. No presente estudo, aplicou-se o mesmo limite.

Os dados básicos necessários para a aplicação do STANDPRO são: a) a 'Tabela de frequência do número de árvores por hectare e por classe de DAP'; b) as taxas de crescimento; c) as fases de ingresso; d) as fases de mortalidade, e e) um período de tempo durante o qual assume-se que esses valores são constantes.

O comprimento do período de projeção depende das taxas de crescimento e do intervalo de classe dos diâmetros. Recomenda-se que o intervalo de classe seja tal que uma árvore cresça aproximadamente apenas uma classe de diâmetro por período. Neste estudo, o período e o intervalo de classe escolhidos foram, respectivamente, cinco anos e 5 cm, baseado nas taxas de crescimento encontradas para a Floresta de Tapajós.

Após cada período, o programa permite a simulação de exploração florestal, a aplicação de tratamentos silviculturais, a modificação das taxas de crescimento, de ingressos e da mortalidade, além da movimentação de árvores entre estratos (CICs).

A movimentação interna entre estratos refere-se às mudanças em certas classificações no decorrer do tempo. Por exemplo, se o povoamento é estratificado em escores de iluminação de copa, as árvores podem melhorar a iluminação de suas copas através do próprio crescimento, por tratamentos silviculturais, ou por aberturas naturais do dossel. Há também o caso em que se tornam mais sombreadas devido ao fechamento da cobertura.

O ingresso é estimado através dos quocientes de 'de Liocourt', que multiplicados pelo estoque da segunda menor classe de diâmetro, dará uma estimativa do número de árvores na menor classe diamétrica.

#### 2.5.1. Casos de simulação

As projeções do povoamento foram feitas por um período equivalente a um ciclo de corte de 30 anos. De fato, o período total da projeção foi 33 anos, porque o ano base inicial para começar as projeções (1982), foi de três anos após a exploração. Aquele ano foi escolhido para permitir comparações entre o povoamento real e o projetado pelo modelo ao final do primeiro período de projeção de cinco anos, em 1987.

Dois casos de simulação foram considerados: a) desenvolvimento da floresta explorada sem nenhuma intervenção posterior, para prever o comportamento de uma floresta explorada e deixada sem tratamento; e b) projeção do povoamento, assumindo que um certo número de espécies potenciais entrariam no mercado no decorrer do atual período de regeneração. Neste caso, também foram simulados os efeitos de tratamentos silviculturais nos parâmetros do povoamento (crescimento, mortalidade, ingressos e movimentos entre classes de iluminação da copa).

##### 2.5.1.1. Caso 1: Desenvolvimento de uma floresta explorada sem nenhuma intervenção adicional.

###### a) Dados básicos para as projeções

Foram calculadas as tabelas do povoamento, as taxas de crescimento e de *mortalidade* por classes de diâmetro de 5 em. A floresta foi estratificada em três classes de iluminação de copa (CICs), nomeadamente, árvores recebendo iluminação total superior (CIC 1 & 2), árvores com copas parcialmente iluminadas (CIC 3) e árvores com copas sob total sombreamento (CIC 4 & 5). Esta estratificação se deveu ao fato de haverem sido encontradas diferenças significativas entre as taxas de crescimento dessas três categorias de árvores.

###### b) Premissas adotadas para as projeções

As tendências consideradas para o comportamento das taxas de crescimento, ingressos, mortalidade e movimentos entre as classes de iluminação de copa estão ilustradas nas Figuras 7a a 7d. A tendência real é observada até 1987 e os valores projetados são mostrados de 1992 em diante. As tendências assumidas para o desenvolvimento dos parâmetros de simulação para este e para os outros casos são subjetivas, porém, foram obtidas

após rodar exaustivamente o modelo, de modo a descartar tendências imo prováveis.

As taxas de mortalidade foram consideradas constantes (Figura 7c) tendo em vista ser esta a tendência observada após decorrido um certo tempo após a exploração (GRAAF 1986).

A Figura 7d mostra a percentagem de árvore das espécies comerciais classificadas em classes de iluminação de copas. A tendência real observada até 1987 indica claramente o efeito do fechamento do dossel naquela variável. A percentagem de árvores recebendo iluminação total superior caiu, ao mesmo tempo em que aumentou a proporção de árvores parcial ou totalmente sombreadas. Esta mesma tendência foi seguida pelo resto do período de projeção.

#### 2.5.1.2. Caso 2: Desenvolvimento do povoamento promovendo algumas espécies potenciais para o grupo das comerciais.

##### a) Dados básicos para as projeções

Vinte e seis espécies pertencentes ao grupo das potenciais foram adicionadas ao grupo das comerciais, assumindo que essas espécies estarão sendo comercializadas ao fim:1 do atual período de regeneração, tendo em vista suas características tecnológicas e silviculturais. Um expressivo número dessas espécies apresenta madeira de densidade média a leve (por exemplo, *Anacardium giganteum*, *Bixa arborea*, *Bombax* spp.) e são indicadas para diversos usos, tais como compensados (*Bombax* e *Viro/a*), laminados (*Couratari*) etc.

As tabelas do povoamento, as taxas de crescimento e as de mortalidade, foram recalculadas e construíram o novo "input" para o modelo de simulação.

##### b) Premissas adotadas para as projeções

Dados sobre o efeito de tratamentos silviculturais no incremento em diâmetro não são disponíveis para a floresta tropical úmida brasileira. Deste modo, foi necessário usar resultados experimentais do Suriname, onde as condições de clima e solo podem ser consideradas como semelhantes. GRAAF (1986) demonstrou, em experimentos silviculturais, que os refinamentos aumentaram em 47% as taxas de crescimento das espécies comerciais, enquanto que JONKERS (1987) em ensaio similar, verificou que as taxas de crescimento aumentaram até 42%.

Três refinamentos (R) foram planejados para serem aplicados; o primeiro, em 1982 (três anos após a exploração), e os dois seguintes, em intervalos de dez anos. Embora o programa permita reduções do número de árvores por exploração e tratamentos silviculturais, essas não foram realizadas porque somente as espécies comerciais foram consideradas nas projeções.



e essas não seriam eliminadas por tratamento silvicultural. Portanto, somente o efeito dos tratamentos silviculturais em certas variáveis do povoamento (taxas de crescimento, ingressos e movimentos entre estratos) foi introduzido na simulação.

Nenhum dado sobre o efeito líquido dos refinamentos (isto é, descontando o efeito da exploração) nas taxas de crescimento foi encontrado na literatura. Portanto, decidiu-se adotar as seguintes percentagens de aumento/decréscimo nas taxas de crescimento em diâmetro, consideradas como conservadoras:

R	penedo 1 (1982-1987):	+ 20% <sup>10</sup>
	penedo 2 (1987-1992):	- 5% <sup>10</sup>
R	período 3 (1992- 1997):	+ 10% <sup>10</sup>
	penedo 4 (1997-2002):	- 10% <sup>10</sup>
R	período 5 (2002-2007):	+ 10% <sup>10</sup>
	penedo 6 (2007-2012):	- 15% <sup>10</sup>

R = refinamento.

Assumiu-se que os refinamentos favoreceram o ingresso de novos indivíduos com copas classificadas como de iluminação 1 e 2 (recebendo iluminação total superior) assim como os movimentos de árvores antes classificadas como estando com copas parcial ou totalmente sombreadas, para aquelas classes de iluminação. Estimou-se que a percentagem de árvores com aquelas classes de iluminação estava na faixa de 30 a 50% (Figura 8).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Estoque de espécies desejáveis

Na Tabela 2 apresenta-se o estoque de espécies desejáveis (espécies comerciais e potenciais) distribuídas nas classes de tamanho consideradas na amostragem linear da regeneração (Tabela 1). Mostra-se, também, a contribuição de cada classe de tamanho para a formação do estoque final.

O estoque de espécies comerciais antes da exploração era 41%, um pouco abaixo do mínimo sugerido por WYATI-SMITH (1963)<sup>2</sup> para florestas completamente exploradas e ao nível mínimo para florestas parcialmente exploradas. A classe U1 (30 cm - 1,5 m de altura) representou 54% do total. A maior proporção do estoque naquela classe sugere que a amostragem mais indicada de acordo com o procedimento Malaio teria sido a Amostragem de "Milliacre", utilizando uma variante para florestas parcialmente exploradas que inclui as classes R, U1 e U2 (WYATI-SMITH 1963). No levantamento de 1975, a floresta foi considerada 'anormal'<sup>3</sup> ao invés de 'parcial-

2 O autor sugeriu um estoque mínimo de 50% para florestas completamente exploradas e de 40% para florestas parcialmente exploradas.

3 Florestas anormais, na concepção da silvicultura Malaia, eram aquelas nas quais a exploração não era bem realizada, deixando um número considerável de árvores relictas. Naquele caso, recomendava-se uma exploração de "salvamento" ("salvage logging"), seguida pela sequência normal de operações do Sistema Uniforme Malaio.

mente explorada', que certamente foi o caso *visto* que as extrações ocorreram no passado (*ver* histórico do *povoamento*) foram muito *leves*. Os únicos sinais de distúrbios passados são os aglomerados de *Bixa arborea*, uma espécie pioneira que colonizou as clareiras criadas pela exploração. Não foram encontrados tocos das *árvores* abatidas no passado.

Nos levantamentos de 1981 e 1985, a regeneração *havia* crescido para o tamanho correto para aplicação da Amostragem de 1/4 de Corrente, uma vez que a maioria das plantas *estavam* na classe de tamanho E (3 m de altura a 5 cm de DAP).

O número de quadrados estocados com espécies comerciais cresceu de 41% (164/ha) em 1975, antes da exploração, para 76% (302/ha) em 1985, seis anos após, representando um acréscimo de 85% (Tabela 2). A abertura do dossel, em decorrência da exploração, *promoveu* melhores condições de luminosidade e beneficiou a regeneração de espécies comerciais. Este fato constitui uma indicação muito promissora da capacidade da floresta regenerar após exploração. Os tratamentos silviculturais passados *devem* também ter tido algum efeito benéfico na indução da regeneração, muito embora tenham sido *leves* em intensidade.

O estoque de espécies potenciais foi acima de 90% nos três *levantamentos* (Tabela 2) e próximo a 100% em 1985, seis anos após a exploração. Embora esse grupo, no caso desta pesquisa, seja composto de 91 espécies, o que aumenta a possibilidade de um quadrado estar estocado, essa alta percentagem de estocagem é uma indicação muito promissora da composição florística da próxima colheita. Algumas das espécies mais frequentes desse grupo, por exemplo, *Couratari oblongifolia* e *Virola* spp., já têm mercado em pleno decorrer do atual período de regeneração do *povoamento*.

### 3.2. Competição por cipós, palmeiras e árvores/galhos caídos

Como foi mencionado anteriormente, a exploração florestal *removeu*, em média, 73 m<sup>3</sup> equivalentes a 16 árvores/ha. Essa intensidade resultou em uma abertura do dossel que não somente *promoveu* a regeneração de diversas espécies de *árvores*, como também criou condições *favoráveis* ao

aparecimento de impedidores de crescimento - cipós, palmeiras e árvores/galhos caídos. Enquanto 81% dos quadrados estavam livres de cipós em 1975, antes da exploração, apenas 12% estavam naquela situação em 1985, seis anos após (Tabela 3).

As palmeiras também aumentaram em número. Em 1975, 93% dos quadrados estavam livres de palmeiras. Essa proporção caiu para 57% em 1985. Além disso, o número de quadrados impedidos por árvores e/ou galhos caídos também aumentou, provavelmente devido à mortalidade de árvores danificadas e as árvores derrubadas pelo vento.

Refinamentos e/ou limpezas deveriam ser consideradas como práticas silviculturais normais para evitar que as mudas e varas das espécies desejáveis sejam suprimidas por esses 'impedidores de crescimento', e para libertar de competição árvores pequenas de espécies valiosas.

### 3.3. Número de árvores

As distribuições do número de árvores por ha após a exploração é dada na Tabela 4. De interesse particular são aquelas dos grupos das espécies comerciais e das potenciais, com diâmetros a partir de 35 cm, que são os tamanhos que muito provavelmente constituirão a próxima colheita, por exemplo, em 25-30 anos.

Em 1981 existiam, em média, 8 árvores/ha de espécies comerciais com tamanho potencial para a próxima colheita. Este número havia subido para 10 árvores/ha em 1987, representando um aumento de cerca de 25%. Se for assumido que aproximadamente 50% delas morrerão antes do próximo corte, restariam somente 5 árvores em tamanho de corte (DAP  $\geq$  60 cm), o que certamente não seriam suficientes para proporcionar uma colheita econômica, considerando que as árvores serão de tamanho médio inferior à da primeira.

### 3.4. Ingressos

Entende-se como 'ingresso', em termos florestais, o processo pelo qual as árvores 'aparecem' na tabela do povoamento após a medição inicial (ALDER 1983). Neste estudo definiu-se como 'ingresso' as árvores que atingiram 5 cm deDAP.

O estudo dos ingressos em florestas tropicais reveste-se de especial importância do ponto de vista silvicultural, já que sua quantidade e qualidade determinam quão satisfatoriamente a tabela do povoamento está sendo 'alimentada' com mudas e árvores pequenas de espécies desejáveis. Para a produção florestal ser sustentada, é necessário que bastante regeneração jovem das espécies economicamente importantes ingressem regularmente na tabela do povoamento, e que um número mínimo de árvores sobreviva e

crecça ao tamanho de abate a cada ciclo de corte.

Os ingressos em número de árvores por ha em três períodos de observações são apresentados na Tabela 5. As condições de luz nos primeiros anos após a exploração foram favoráveis ao crescimento das mudas para o tamanho de varas, e destas, para o tamanho de árvores pequenas. Mais de 19% das árvores anotadas ao final do primeiro período de observações (quatro anos após a exploração) eram novas recrutadas. Nos períodos subsequentes, no entanto, o recrutamento caiu sensivelmente. No último período de observações (1985-1987), os ingressos representaram somente 6% (ou 68 árvores por ha), ou 1/3 da proporção verificada no primeiro período de estudo.

O recrutamento no período inteiro de observações (1981-1987) representou 32,7% do número de árvores registradas por ha em 1987, o que dá uma taxa anual de aproximadamente 5,4%, desconsiderando-se o efeito multiplicativo.

O ingresso de espécies comerciais caiu de 17,3 árvores/ha no primeiro período para somente 7,1 árvores/ha no terceiro período. A taxa de ingressos foi 1,5% por ano para o período inteiro.

### 3.5. Mortalidade

A mortalidade, neste estudo, foi considerada como o número de árvores encontradas mortas na época da enumeração. Além disso, foram também incluídas no cálculo da mortalidade, árvores caídas e indivíduos quebrados a uma extensão tal que eles não produziram uma tora para serraria. Estes últimos são indivíduos preferencialmente indicados para serem eliminados por ocasião dos tratamentos silviculturais, quando ainda encontrados vivos.

Os indivíduos sepultados pela queda de grandes árvores e também aquelas árvores que morreram e foram completamente decompostas, foram classificadas como desaparecidas e incluídas nos cálculos de mortalidade.

A mortalidade em florestas exploradas é marcadamente alta logo após a exploração. Passado certo tempo ela estabiliza e retoma ao nível de uma floresta primária. Infelizmente nenhuma medição foi realizada antes da exploração e, por conseguinte, nenhuma indicação da mortalidade logo após aquela atividade pode ser dada. Assume-se que ela foi bem alta, levando-se em conta que muitas árvores são mortas durante as operações da exploração florestal, enquanto outras são severamente danificadas e morrem pouco tempo depois.

CARVALHO et al. (1986), em um ensaio de corte na Floresta Nacional do Tapajós, relataram que a exploração matou acima de 23% das árvores em pé (incluindo as árvores exploradas). JONKERS (1982) em Sarawak e G RAAF (1986) no Suriname reportaram que a mortalidade é muito alta logo após a exploração então estabiliza cerca de 10 anos mais tarde, caindo ao

nível de uma floresta não explorada

A taxa de mortalidade anual para um período de observações de seis anos (oito desde a exploração) e para todos os grupos de espécies combinados foi de 2,8%. Durante esse período do *desenvolvimento* da floresta remanescente, a mortalidade foi maior do que os números médios apontados para florestas tropicais não perturbadas, que estão na faixa de 1-2% (SWAINE et al. 1987). As taxas de mortalidade das espécies pioneiras indesejáveis foram acima dos valores médios para os outros grupos de espécies (Tabela 6).

### 3.6. Incremento em diâmetro

A média do incremento em diâmetro no período foi de 0,5 cm por ano, para todas as árvores com diâmetro (DAP) igualou superior a 5 cm, de uma lista de 297 espécies. Esse mesmo valor foi também encontrado para o grupo de espécies comerciais, no mesmo período, representado por 29 espécies (Tabela 7).

O incremento *variou* de acordo com a espécie e o grau de tolerância à luz. As espécies pioneiras mostraram as mais altas taxas de incremento. *Gecropia sciadophylla* e *Gecropia leucoma*, foram as espécies de crescimento mais rápido durante o período, apresentando incrementos de 2,1 e 1,4 cm por ano, respectivamente. A maioria das espécies pioneiras cresceu aproximadamente 1 cm por ano (Tabela 8).

Certas espécies climax de sub-bosque, tais como *Goussarea* spp. *Ouguetia echinophora*, *Paussandra densiflora* e *Rinorea flavescens*, apresentaram baixos valores de incremento, em torno de 0,1 cm por ano; algumas das espécies climax do dossel superior pertencentes aos grupos comercial e potencial apresentam incrementos relativamente altos (ex. *Garapa guianensis* e *Virola melinonii*).

A variação do incremento foi muito alta em todos os grupos de espécies, com coeficientes de variação frequentemente 100%, ou mais. Isso mostra como a diversidade de condições ambientais na floresta influencia o crescimento das árvores individualmente.

O tempo decorrido desde a realização da exploração teve uma influência marcante no crescimento em diâmetro. O efeito benéfico da exploração, em liberar da competição as árvores remanescentes e estimular o crescimento, desapareceu 3-4 anos após a exploração (Figura 5). De 1982 a 1985, houve um decréscimo no incremento diamétrico de todos os grupos de espécies. No período 1985-1987 houve uma tendência a estabilizar o incremento de todos os grupos. Embora tenha sido aplicada uma intensidade de exploração relativamente alta, seu efeito no incremento da floresta remanescente não durou muito tempo. Observações semelhantes foram feitas por BRYAN (1981) em Sarawak e GRAAF (1986) no Suriname. Neste último foi obser-

vado que aplicando uma baixa intensidade de exploração sem nenhum trato silvicultural houve um ligeiro aumento no incremento de algumas espécies selecionadas. Depois de doze anos o incremento, principalmente das pequenas árvores, diminuiu até o nível de uma floresta não "tocada". Por outro lado, refinamentos aplicados duas vezes nesse período de tempo mantiveram o incremento a um alto nível.

Todas as espécies juntas e o grupo de espécies comerciais apresentaram a mesma média em incremento e o mesmo comportamento no período. As espécies potenciais tiveram taxas de incremento maiores do que os outros grupos, porque um considerável número de indivíduos teve taxas excepcionais de crescimento.

O comportamento do incremento periódico anual em diâmetro face às diferentes classes de iluminação da copa é ilustrado na Figura 6. Três níveis de crescimento podem ser claramente identificados para árvores recebendo iluminação total superior (CIC 1 & 2), para aquelas com copas parcialmente cobertas por copas de árvores vizinhas (CIC 3) e aquelas completamente sombreadas ou recebendo apenas luz difusa (CIC 4 & 5). O crescimento em diâmetro foi significativamente diferente entre aqueles grupos de árvores (SILVA 1989). A mesma tendência foi observada em Sarawak, Malásia (BRIJt.J 1981; KORSGAARD 1986). Estas observações têm importantes implicações práticas no manejo, já que o controle da quantidade de luz recebida pelas copas das espécies desejáveis, através de tratamentos silviculturais, influenciará o crescimento e, conseqüentemente, o comprimento do ciclo de corte.

### 3.7. Projeções do povoamento

Os resultados das projeções do povoamento são apresentados de forma gráfica. As discussões foram baseadas na capacidade da floresta produzir uma colheita econômica ao final do atual ciclo de regeneração. Foi também assumido que para um corte ser econômico, o volume em pé das espécies comerciais deveria estar em torno de 40 m<sup>3</sup>/ha.

#### 3.7.1. Caso 1: Desenvolvimento da floresta explorada sem nenhuma intervenção adicional.

A distribuição do número de árvores por classe de diâmetro no começo e ao fim do período de projeção de 30 anos é dada na Figura 9. Observa-se uma curva com forma característica de J invertido, comum às distribuições balanceadas dos diâmetros das florestas tropicais. Nota-se também o número de árvores que, por crescimento, movimentaram-se para as classes superiores a 55 cm, diâmetro máximo no início da projeção.

Mostra-se na Figura 10, que o povoamento real e o projetado em 1987 são muito semelhantes. O modelo subestimou levemente o número de árvores nas classes de diâmetro menores, porém essa diferença é provavelmente não significativa. Deve ser observado, contudo, que o modelo utilizou valores reais de  $q$  para estimar os ingressos nas classes menores. Disso despreende-se que os valores dos quocientes de 'de Liocourt' ( $q$ ) estimaram os ingressos com certa precisão para períodos curtos de simulação, como o utilizado nesta pesquisa.

Apresenta-se na Figura 11, a distribuição do volume comercial em pé no início e ao final do período de projeção. O volume potencialmente explorável corresponde àquele das árvores com DAP  $\sim 60$  cm. Neste caso, sem nenhum tratamento silvicultural, somente 2,6 árvores/ha cresceriam ao tamanho de abate, produzindo um volume potencial de  $12,4 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Este volume é considerado muito baixo para ser economicamente viável, empregando-se um alto grau de mecanização na atividade de exploração florestal.

### 3.7.2. Caso 2: Desenvolvimento do povoamento considerando a promoção de algumas espécies potenciais para o grupo das comerciais.

O benefício dos tratamentos silviculturais é claro quando se observa a distribuição do número de árvores por hectare na Figura 12. O povoamento é mais denso que no caso onde não foram aplicados tratamentos, porém neste caso talvez haja um número demasiado de árvores nas classes menores, considerando que apenas as espécies comerciais foram projetadas. Isto reforça a necessidade de modelar ingressos e mortalidade para tomar o modelo de simulação mais robusto.

Vinte e duas árvores atingiram tamanhos acima de 55 cm de DAP, das quais 17 alcançaram o tamanho de abate, Le., DAP de 60 cm. O volume comercial produzido ao final do período de projeção foi de  $94 \text{ m}^3$ , que é também a produção volumétrica líquida, visto que não existia nenhum indivíduo maior do que 60 cm de diâmetro antes do início da projeção (Figura 13). O volume bruto das árvores  $\sim 45$  cm de DAP foi cerca de  $142 \text{ m}^3/\text{ha}$ , que é aproximadamente 60% superior que na floresta primária no Tapajós.

Este caso de simulação foi mais satisfatório que os demais, porém deve ser enfatizado que os resultados são apenas indicativos do desenvolvimento da floresta. O número de árvores e o volume obtidos ao início do próximo ciclo de corte seriam, sem dúvida nenhuma, suficientes para produzir uma colheita econômica, assumindo-se que as premissas adotadas no modelo estejam corretas. Esse volume também possibilitaria ao silvicultor executar uma certa seleção, de modo a deixar algumas árvores como porta-sementes e iniciar um novo ciclo de corte com mais volume em estoque, na tentativa de alcançar uma produção sustentada.

#### 4. CONCLUSÕES

Ao concluir este trabalho tentou-se responder a três perguntas básicas com respeito à sustentabilidade da exploração seletiva da floresta de terra firme da Amazônia brasileira. Partiu-se da premissa que o sistema de manejo ideal seria o policíclico, com ciclos de cortes de 30 anos, e uma intensidade de exploração em torno de 40 m<sup>3</sup>/ha/ano. As três perguntas e suas respectivas respostas foram as seguintes:

A floresta regenera?

Sem dúvida nenhuma, a exploração por si só é capaz de induzir a regeneração natural de espécies valiosas, como mostrado pela alta percentagem de estoque observado seis anos após a abertura do dossel.

Por outro lado, o progressivo aumento de 'impedidores de crescimento' (cipós, árvores/galhos caídos e palmeiras), sugere que operações de refino e de limpezas deveriam ser consideradas como parte essencial do sistema silvicultural, com vistas a promover melhores condições de crescimento à floresta em regeneração.

Seria o estoque remanescente suficiente para produzir uma colheita econômica ao final de 30 anos, e como a floresta se comporta com relação ao crescimento, ingressos e mortalidade?

A intensidade de exploração aplicada foi muito pesada. Os levantamentos das parcelas permanentes revelaram que o número de espécies comerciais deixadas após o primeiro corte com tamanho potencial para serem colhidas em 30 anos foi muito pequeno. Prediz-se que para se obter um corte econômico, a segunda colheita terá que ser baseada substancialmente nas espécies potenciais, se essas puderem ser comercializadas ao final do atual ciclo de regeneração.

A derruba deveria ser tanto quanto possível espacialmente bem distribuída, de modo a minimizar a formação de clareiras excessivamente grandes. A abertura em demasia do dossel provocou a infestação de cipós, que no momento não estão afetando seriamente o crescimento das espécies desejáveis, porém que poderão fazê-lo decorridos mais alguns anos. Sugere-se, portanto, um estudo da viabilidade técnica e econômica do corte de cipós como prática silvicultural normal, combinado com refinamentos a cada dez anos após a exploração, com o objetivo de liberar de competição as espécies desejáveis.

A população de mudas das espécies comerciais diminuiu sensivelmente no decorrer do período de observações. Por outro lado, a população de varas, embora pequena, manteve-se estável. Tendo em vista que os ingressos



na menor classe de enumeração caíram substancialmente (cerca de 60%, infere-se que o crescimento das mudas para tamanho de varas, e essas para tamanho de varejões (5,0-9,9 em de DAP) foi muito lento e a mortalidade entre a população de mudas foi muito alta. Contudo, algumas espécies valiosas tais como *Carapa guianensis*, *Couratari* sp. e *Virofa* spp. mantiveram populações estáveis antes e após a exploração. A abundância dessas e outras espécies comerciais poderia ser mantida através de tratamentos silviculturais.

As taxas de crescimento encontradas na Floresta Nacional do Tapajós, após a exploração, estão entre aquelas observadas em florestas de outros países tropicais na mesma situação de distúrbio (i.e., floresta explorada e não manejada). Contudo, há necessidade de um período maior de observações para monitorar o seu comportamento futuro.

A luz tem uma forte influência no crescimento das árvores. Indivíduos com copas totalmente expostas à luz cresceram significativamente mais rápido que aqueles recebendo apenas luz parcial e aqueles completamente sombreados.

A taxa de mortalidade foi relativamente alta logo após a exploração, porém oito anos mais tarde estava apenas um pouco maior que os valores médios encontrados em florestas primárias não perturbadas. A continuidade das observações é também, nesse caso, absolutamente importante para determinar a tendência futura .

• **Seria sustentada a produção de madeira com a intensidade de exploração aplicada?**

As projeções do povoamento através do modelo de simulação STANDPRO confirmaram a hipótese de que a intensidade de exploração aplicada foi muito pesada para produzir uma colheita econômica ao final do ciclo de corte projetado. Deve ser enfatizado, por outro lado, que os resultados das simulações são restritos à escolha subjetiva do comportamento dos parâmetros usados pelo modelo. Portanto, os resultados devem ser interpretados com cautela.

Devido ao fato de que as projeções foram baseadas em período relativamente curto de observações, conclusões definitivas sobre a capacidade do modelo em prever o desenvolvimento do povoamento não puderam ser tiradas.

O uso do modelo deixou claro a necessidade de desenvolver, separadamente, modelos para prever crescimento, ingressos (através dos valores de  $q$ ) e mortalidade, com o objetivo de melhorar a sua capacidade de previsão.

Ficou também evidente a necessidade de desenvolver pesquisa para estudar respostas da floresta a diferentes intensidades de exploração e de tra-

tamentos silviculturais para apoiar futuras projeções.

O uso dos valores de  $q$  para estimar ingressos, mostrou ser uma opção válida, tendo em vista as comparações gráficas realizadas entre o povoamento real e o pedido pelo modelo. Contudo, estudos adicionais são necessários para prever o comportamento dos ingressos por períodos de tempo mais longos.

As projeções também confirmaram a hipótese que um corte econômico só seria conseguido se algumas espécies potenciais ganhassem mercado no decorrer do atual ciclo de corte. Se isso fosse combinado com tratamentos silviculturais, um volume substancial seria produzido, além de produzir a possibilidade de aplicar certa seleção por ocasião da próxima colheita.

Seria imprudente prever um terceiro corte com os dados disponíveis. Porém acredita-se que a sustentabilidade da produção da floresta de terra-firme da Amazônia brasileira pode ser conseguida se for adotado um enfoque conservador para o sistema de manejo. As florestas tropicais úmidas da América do Sul são muito vulneráveis a serem dominadas por espécies indesejáveis como *Cecropia* spp. e outras, quando se abre a cobertura em demasia. Esta é a consequência natural quando uma intensidade de exploração muito pesada é aplicada, sem mencionar a infestação de cipós que pode evitar ou retardar a regeneração natural das espécies desejáveis.

Portanto, uma intensidade de exploração moderada é extremamente aconselhável para minimizar a formação de clareiras exageradamente grandes. A derruba direcionada, deve, pela mesma razão, ser aplicada sempre que possível.

As árvores residuais mantidas para o próximo corte devem ser marcadas, com o objetivo de alertar o proprietário quanto à sua existência, e assim tentar evitar ou diminuir os danos. Desde que, em um sistema policíclico, os ciclos de cortes são muito mais curtos do que, por exemplo, em um sistema uniforme, é importante que antigos pátios de estocagem, trilhas de arraste e mesmo estradas sejam re-utilizadas em colheitas subsequentes, do contrário, a longo prazo, os danos ao solo seriam muito grandes (principalmente compactação) e isso dificultaria a regeneração natural da floresta.

## 5. RECOMENDAÇÕES

Os resultados alcançados até o momento são de extremo valor para entender a dinâmica da regeneração natural e do crescimento da floresta de terra-firme da Amazônia. Os fundamentos definitivos de um sistema silvicultural ainda levarão 10-15 anos mais. Por outro lado, a experiência obtida no país até agora, aliada à experiência de outros países tropicais, sugere que uma intensidade de exploração conservadora deveria ser inicialmente adotada, enquanto espera-se resultados mais conclusivos das pesquisas em andamento.

Como ponto de partida, uma intensidade leve a média (por exemplo, 30-40  $m^3/ha$ ), combinada com refinamentos durante o ciclo de corte (25-30 anos) para promover um bom desenvolvimento das espécies desejáveis para as colheitas seguintes poderiam ser adotados, enquanto resultados mais conclusivos de experimentos de intensidades de corte e de tratamentos silviculturais são produzidos para retificar planos de manejo porventura existentes.

O diâmetro mínimo de abate deveria ser de 60 cm, que é o tamanho requerido pela maioria das indústrias madeireiras. No entanto, para algumas espécies que não atingem diâmetros de grandes dimensões, como por exemplo, *Garapa* e *Viro/a*, esse diâmetro poderia ser menor.

A lista de espécies a regenerar deveria incluir as espécies potenciais e poderia ser feita tão ampla quanto possível de modo a assegurar uma boa diversidade. Os Desbastes de Liberação, que têm dado excelentes resultados em florestas dipterocarpaceas em Sarawak, Malásia (cf. HUTCHINSON 1981, 1987), são também uma alternativa para serem adotados como tratamento silvicultural. Sugere-se a seguinte sequência de operações:

Ano	Operação
E-2	Inventário pré-exploratório das árvores ~ 60 em de DAP e preparação dos mapas de exploração.
E-1	Seleção de árvores para o abate observando Doa distribuição espacial para evitar a formação de clareiras exageradamente grandes.
	Marcação de árvores a derrubar e árvores reservadas.
	Corte de cipós, se necessário, para reduzir os danos provocados pela derruba.
	Estabelecimento e medição de parcelas pennanentes para estudos de crescimento e produção (2 parcelas de 1 ha para cada 250-300 ha de floresta manejada).
E	Exploração, observando derruba direcionada sempre que possível.
	Diâmetro mínimo de derruba de 60 em. Excepcionalmente menor para algumas espécies que não atingem grandes diâmetros. Ex.: <i>Virola melinonii</i> , <i>Garapa guianensis</i> .

Ano	OJ'eração
E+1	Remediação das parcelas permanentes para estimar os danos da exploração e o estoque da floresta residual.
E+2	Eliminação de espécies não comerciais e de espécies comerciais <i>severamente</i> danificadas. Reduzir a área basal em aproximadamente 1/3 da original. Considerar a redução inicial <i>devido</i> à exploração.
E+3	Remedição das parcelas permanentes.
E+5	Remedição das parcelas permanentes.
E+10	Refinamento para <i>promover</i> boas condições de crescimento das árvores residuais.
	Remedição das parcelas permanentes.
	Repetir as medições cada cinco anos e os tratamentos-silviculturais cada dez anos.

E = exploração.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALDER, D. Growth and yield of the mixed forests of the humid tropics: a *review*. Relatório de consultoria preparado para a FAO. s.I., 1983. 44p. mimeo.
- ARAUJO, A.P. de; JORDY FILHO, S.; FONSECA, W.N. DA. A *vegetação* da Amazônia brasileira. In: Simpósio do Trópico Úmid01., 1984, Belém, PA. Anais. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. v.2, p.135-152. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36).
- BRYAN, M.B. Studies of timber growth and mortality in the mixed dipterocarp forest in Sarawak. FAO, 1981. (FAO. Field Document, 11).
- CARVALHO, J.O.P. de. Inventário diagnóstico da regeneração natural em área da Floresta Nacional do Tapajós. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1980. 23p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 23).
- DUBOIS, J.L.C. Silvicultural research in the Amazon. Roma: FAO, 1971. 192p. (FAO. Technical Report, 3).
- DUBOIS, J.L.C. Preliminary forest management guidelines for the national forest of Tapajós. Belém: PRODEPEF, 1976. mimeo.

- CARVALHO, J.O. de; SILVA, J.N.M., LOPES, J. do C.A.; VALCARCEL, V.M.J.; GRAAF, N.R. de. Redução da densidade de uma floresta tropical úmida densa devido a exploração mecanizada. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém, PA. Anais. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. v.2, p.269-281. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36).
- COSTA FILHO, P.P.; COSTA, H.S. da; AGUIAR, O.R. de. Exploração mecanizada da floresta úmida sem babaçu. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1980. 38p. (EMBRAPA-CPATU. Circular Técnica, 9).
- GRAAF, N.R. de. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Wageningen: Agricultural University, 1986. 250p.
- HUTCHINSON, I.O. Sarawak liberation thinning. Kuching: FAO, 1981. 121P. (FAO. Field Document, 15).
- HUTCHINSON, I.O. Improvement thinning in natural tropical forests: aspects and institutionalization. In: MERGEN, F.; VINCENT, J.R. eds. Natural management of tropical moist forests, silvicultural and management prospects of sustained utilization. New Haven: Yale University. School of Forestry and Environmental Studies, 1987. p.113-133.
- IBOF. Inventário florestal da rodovia Santarém-Cuiabá. Belém, 19... mimeo.
- JONKERS, W.B.J. Options for silviculture and management of the mixed dipterocarp forest of Sarawak. Roma: FAO, 1982. (Working Paper, 11).
- JONKERS, W.B.J. Vegetation structure logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname. Wageningen: Agricultural University, 1987. 172p.
- KOFOO, E.O. Stand table projections for the mixed dipterocarp forest of Sarawak. Roma: FAO, 1982. (FAO. Field Document, 9).
- KORSGAARO, S. An analysis of the potential for timber production under conservation management in the tropical rainforest of South East Asia: an interim project report. Copenhagen: The research Council for Development Research, 1986. 83p. Não publicado.
- KORSGAARO, S. A manual for the stand table projection simulation model. Copenhagen: The Research Council for Development Research, 1988. 75p.
- KORSGAARO, S. Exchange of data and analysis programmes for permanent plots in tropical high forest based on experience from Malaysia and Brazil. Trabalho preparado para IUFRO Workshop on Forest Growth Data: Capture, Retrieval and Dissemination, Belgica, 1989.
- MERCADO, R.S.; CAMPPG NANI, S. Exportações da floresta amazônica. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL, 1988, Curitiba, PR. Anais. Curitiba: EMBRAPA-CNPq, 1988. p.43-73.

- SANTOS, J. dos; HUMMEL, A.C. Situação das exportações de madeira serrada, laminada e compensada do Estado do Amazonas (1984, 1985 e 1986). In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL, 1988, Curitiba, PR Anais ... Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1988. p.415-429.
- SILVA, J.N.M. The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging. Oxford: University of Oxford, 1989. 302p. Tese doutorado.
- SILVA, J.N.M.; LOPES, J. do CA Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia utilizada pela EMBRAPA-CPATU na Amazônia brasileira. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. 36p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 33).
- SILVA, J.N.M.; LOPES, J. do C.A.; CARVALHO, J.O.P. de. Inventário florestal de uma área experimental na Floresta Nacional do Tapajós. Boletim de Pesquisa Florestal, n. 10/11, p.38-110, 1985.
- SWAINE, M.D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F.E. The dynamics of the tree populations in tropical forest: a review. Journal of Tropical Ecology, v.3, p.359-366, 1987.
- UHL, C.; MATIOS, M.M. VERISSIMO, JA; BRANDINO, Z, TARIFA, R.; VIEIRA, I. Wood as an economic cataclism to ecological change in Amazonia. University of Florida Working Paper Series. Gainesville, Florida, 1990.
- WYATI-SMITH, J. Manual of Malayan silviculture for inland forests. Malayan Forestry Records. n. 23, 1963.

**TABELA 1. Classes de tamanho usadas na amostragem linear de 1/4 de corrente na Floresta Nacional de Tapajós.**

Limites de classes	Nome	Símbolo	Símbolo Malaio
H<0,3 m	Recruta		RHO
0,3 m<H<1,5 m	Muda não estabelecida	U1	H1
1,5 m<H<3,0 m	Muda não estabelecida	U2	H5
H>3,0m; dbh<5,0 m	Muda estabelecida	E	H10
5,0 cm<dbh<10,0 cm	Vara	1A	G1/2
10,0 cm<dbh<15,0 cm	Pequeno poste	18	G1

Fonte: Wyatt-Smith (1963), Dubois (1971), Carvalho (1980).

**TABELA 2. Estoque de árvores desejáveis (%) antes e depois da exploração por grupos de espécies e classes de tamanhos.**

Grupo de espécie/ano	Classe de tamanho					Total	NQabsoluto quad. estoco
	U1	U2	E	1A	18		
Comercial 1975	22,3	4,4	9,4	3,4	1,6	41,1	288
	54,2	10,8	22,9	8,3	3,8	100,0	
1981	5,6	13,9	25,3	8,0	1,1	53,9	377
	10,3	25,7	46,9	14,9	2,1	100,0	
11:185	16,0	11,0	30,7	11,4	6,4	75,6	529
	21,2	14,6	40,6	15,1	8,5	100,0	
Potencial 1975	14,1	13,1	37,1	17,6	11,4	93,4	654
	15,1	14,1	39,8	18,8	12,2	100,0	
1981	5,7	11,3	50,1	21,9	7,7	96,7	677
	5,9	11,7	51,8	22,6	8,0	100,0	
1985	8,0	12,1	44,9	22,9	10,1	98,9	692
	9,0	12,3	45,4	23,1	10,3	100,0	

Estoque de árvores escolhidas.  
% do número de quadrados estocados.

**TABELA 3. Incidência de impedidores de crescimento (cipós, palmeiras e árvores/galhos caídos) por ano de observação.**

Impedidores/ ano	Leve	Incidência Moderada	Pesada	Livre
Cipós				
1975	17 2,3	118 15,7	6 0,8	609 81,2
1981	325 43,3	4 6,4	2 0,3	375 50,0
1985	429 57,2	154 20,5	75 10,0	92 12,3
Palmeiras				
1975	50 6,7	0 0,0	0 0,0	700 93,3
1981	186 24	2 0,3	0 0,0	562 74,9
1985	2 35,2	46 6,1	9 1,2	431 57,5
Árvores/galhos caídos				
1975	77 10,3	21 2,8	9 1,2	643 85,7
1981	256 34,1	117 15,6	63 8,4	314 41,9
1985	303 40,5	139 18,5	100 13,3	208 27,7

Número de quadrados.

Porcentagem do número total de quadrados.



**TABELA 4. Número de árvores por ha da floresta remanescente após a exploração.**

Grupos de espécies	Classe de diâmetro (em)						Total	%	> 35,0
	5,0	15,0	25,0	35,0	45,0	> 55,0			
	14,9	24,9	34,9	44,9	54,9	55,0			
	1981								
Comercial	41,2	11,4	7,0	4,8	2,8	0,9	68,1	8,1	8,5
Potencial	132,6	35,1	16,3	11,4	4,0	4,5	203,9	24,3	19,9
Não-comere.	446,9	80,7	28,1	8,8	2,4	1,9	568,8	67,6	13,1
Total (ha)	620,7	127,2	51,4	25,0	9,2	7,3	840,8	100,0	41,5
	1982								
Comercial	51,1	11,2	7,6	5,0	3,1	0,9	78,9	7,9	9,0
Potencial	152,7	36,1	16,6	12,7	4,8	4,7	227,6	22,8	22,2
Não-comere.	560,1	88,2	27,6	10,0	2,6	2,0	690,5	69,3	14,6
Total (ha)	763,9	135,5	51,8	27,7	10,5	7,6	997,0	40,0	45,8
	1983								
Comercial	57,8	11,4	8,1	4,9	3,3	1,0	86,5	8,2	9,2
Potencial	166,3	37,4	16,7	12,6	5,1	4,8	242,9	22,9	22,5
Não-comere.	595,3	91,8	28,4	10,3	2,4	2,0	730,2	68,9	14,7
Total (ha)	819,4	140,6	53,2	27,8	10,8	7,8	1.059,6	100,0	46,4
	1985								
Comercial	61,7	11,9	9,0	4,8	3,3	1,3	92,0	8,3	9,4
Potencial	176,6	40,1	18,2	12,7	6,4	4,7	258,7	23,5	23,8
Não-comere.	594,3	108,2	32,6	10,6	3,1	2,1	750,9	68,2	15,8
Total (ha)	832,6	160,2	59,8	28,1	12,8	8,19	1.101,6	100,0	49,0
	1987								
Comercial	63,9	13,0	8,4	5,3	3,7	1,5	95,8	8,8	10,5
Potencial	182,2	39,8	19,8	12,9	6,8	5,1	266,6	24,5	24,8
Não-comere.	551,4	119,7	37,3	10,6	3,4	2,2	724,6	66,7	16,2
Total (ha)	797,5	172,5	65,5	28,8	13,9	8,8	1.087,0	100,0	51,2

**TABELA 5. Ingressos em número de árvores por ha em três períodos após a exploração.**

Grupo de espécie	Período de observação			0% Total	0% por ano	por ano
	81-83	83-85	85-87			
Comercial	17.3	7.2	7.1	31.6	8.9	1.5
Porcento	8.6	8.4	15.2			
Potencial	38.3	21.4	20.3	80.0	22.5	3.7
Porcento	19.0	25.1	29.6			
N ão comercial	146.3	57.7	41.2	244.2	68.6	11.4
Porcento	72.4	66.5	55.2			
Total	201.9	85.3	68.6	355.8	100.0	-
NQde árvores total	1059.7	1101.6	1087.2	1087.2	-	-
Porcento de ingressos	19.1	7.7	6.3	32.7	-	-

(1) Porcentagem do total de ingressos no período.

(2) Número total de árvores por ha registradas no final do período.

**TABELA 6. Taxas de mortalidade (% por ano) das espécies pioneiras comparadas com outras categorias.**

Grupo de espécies	Período		
	81-83	83-87	81-87
Todas as espécies	2.1	3.8	2.8
Espécies comerciais	1.6	2.6	1.8
Espécies potenciais	1.3	2.8	2.2
Espécies não comerciais	2.4	4.2	3.1
Espécies pioneiras	3.9	6.1	4.7

(%) Estão incluídas nesta categoria, entre outras, espécies como *Trema micro nba*, *Cecropie spp.* *IMI-conte* spp.

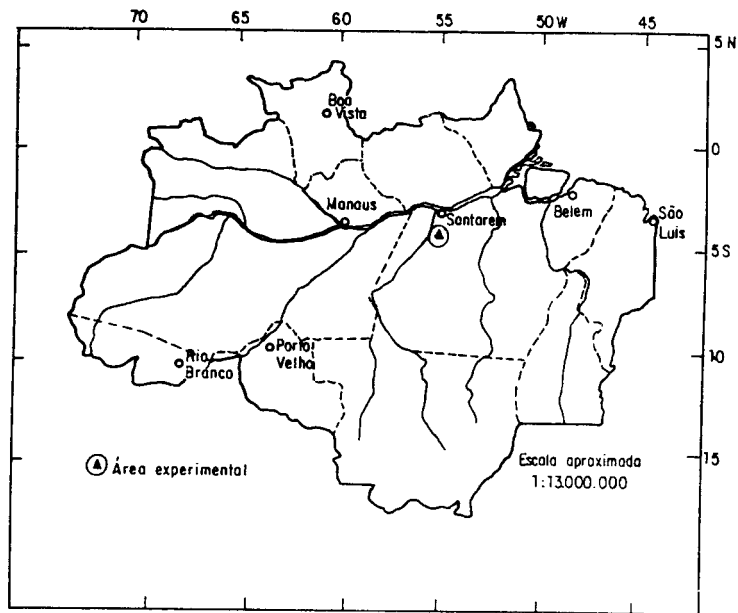
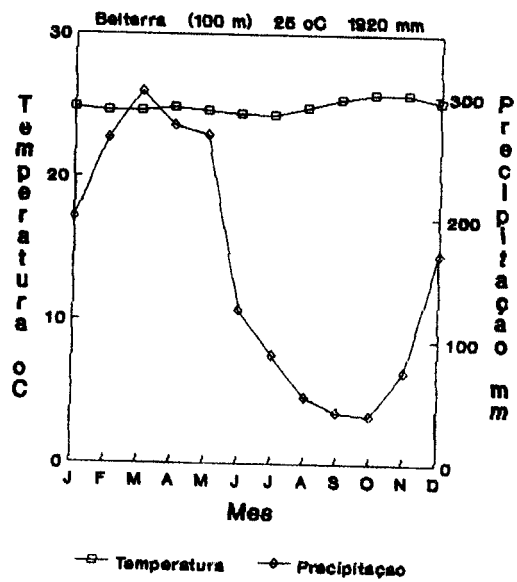


Figura 1. Localização da área experimental.



Fonte: INEMET-Pará

Figura 2. Diagrama climático de Belterra, Pará.

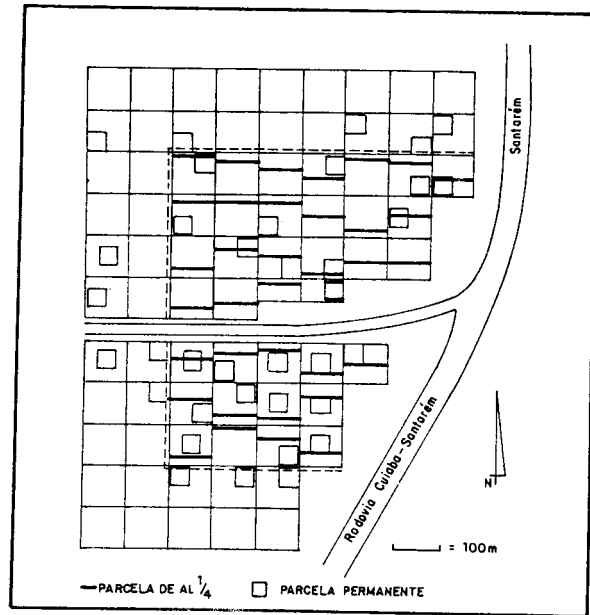
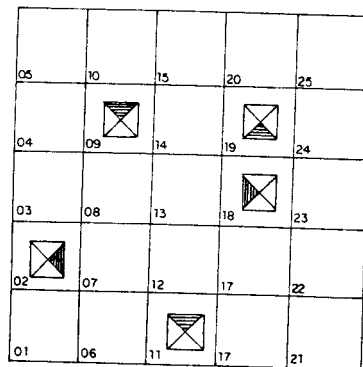


Figura 3. Croqui do experimento. A área dentro da linha tracejada refere-se aos levantamentos da regeneração natural.



01, 02, ... 25: Sub-parcelas de 10m x 10m

▣ Parcelas de varas ( quadradas )  
 ▽ Parcelas de mudas ( triangulos )

Áreas:

parcela maior (50m x 50m): 0.25 ha.

sub-parcelas (10m x 10m): 0.01 ha.

parcelas de varas : 0.0025 ha.

parcelas de mudas : 0.000625 ha.

Figura 4. Croqui de uma parcela permanente.

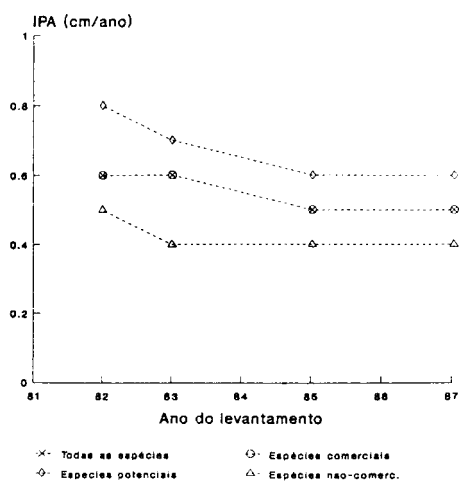


Figura 5. Efeito do tempo decorrido desde exploração no crescimento diamétrico.

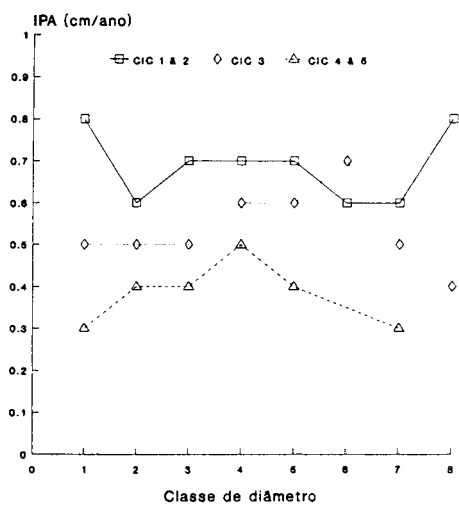


Figura 6. Incremento diamétrico segundo as classes de iluminação de copas.

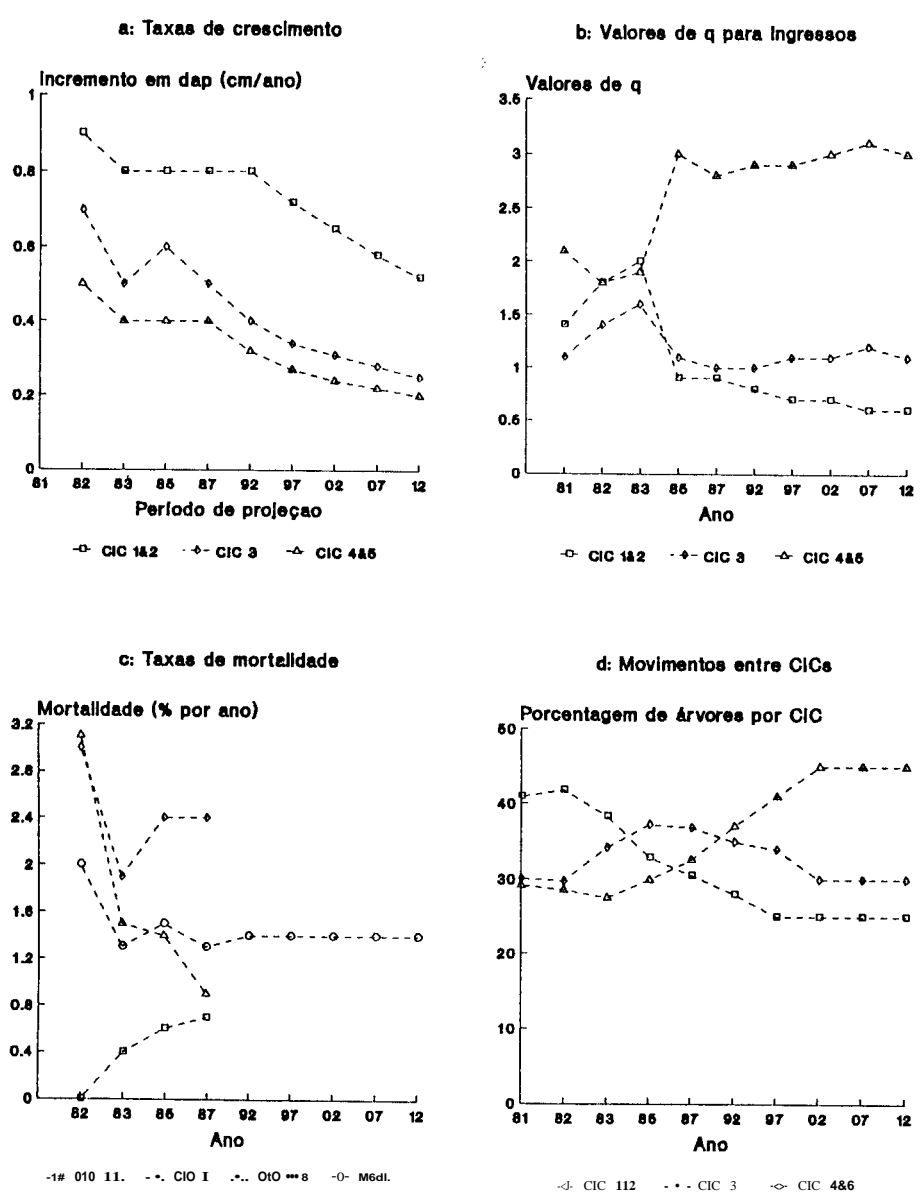


Figura 7. Premissas adotadas no comportamento dos parâmetros do povoamento. Caso 1: Tendência real até 1987.

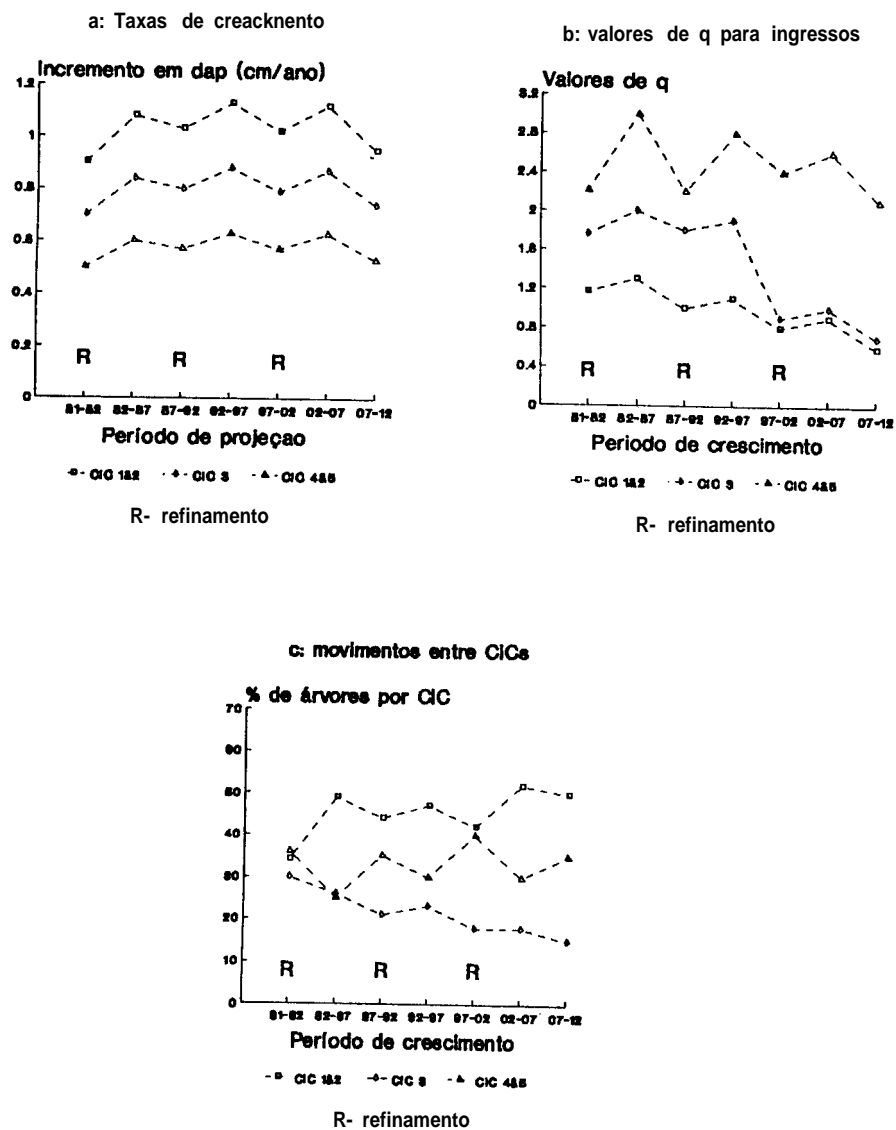


Figura 8. Premissas adotadas no comportamento dos parâmetros do povoamento. Caso 2: Tendência real até 1987.

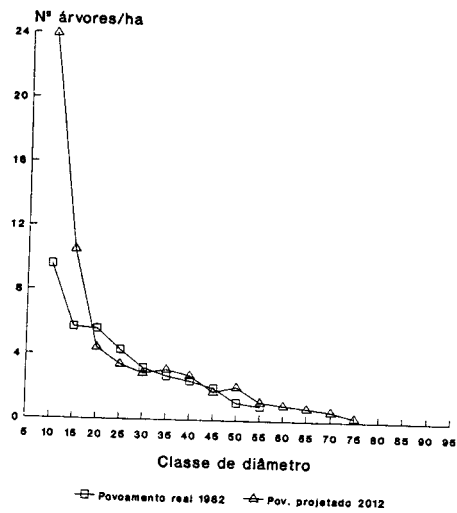


Figura 9. Caso 1: Povoamento de espécies comerciais inicial e projetado.

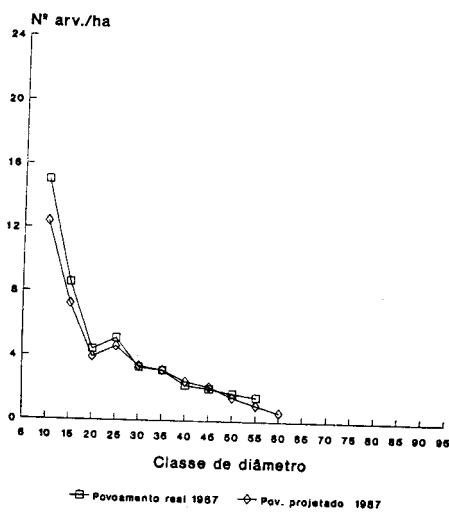
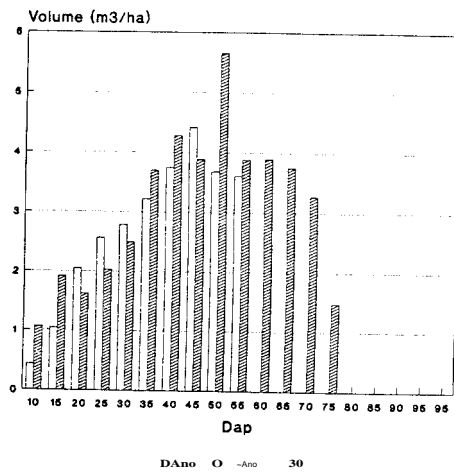


Figura 10. Povoamento real e projetado por período de cinco anos das espécies comerciais.





Caso 1: floresta explorada e não tratada  
 N° arv. > 60 em dap • 2.58 arv./ha  
 Volume arv. > 60 em dap • 12.4 m³/ha

Figura 11. Distribuição do volume do tronco no início e no final do ciclo de corte.

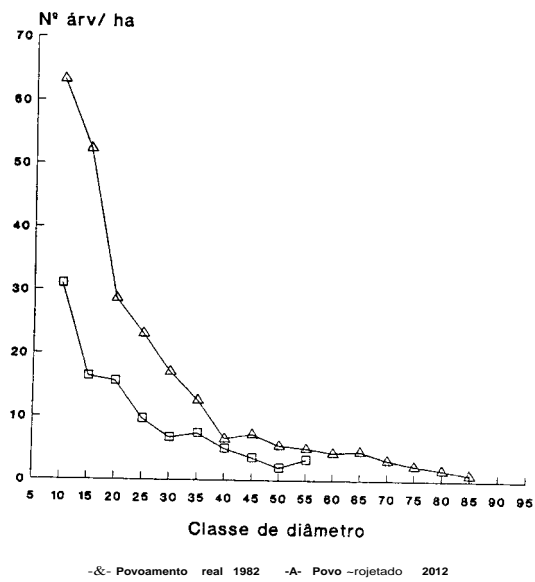
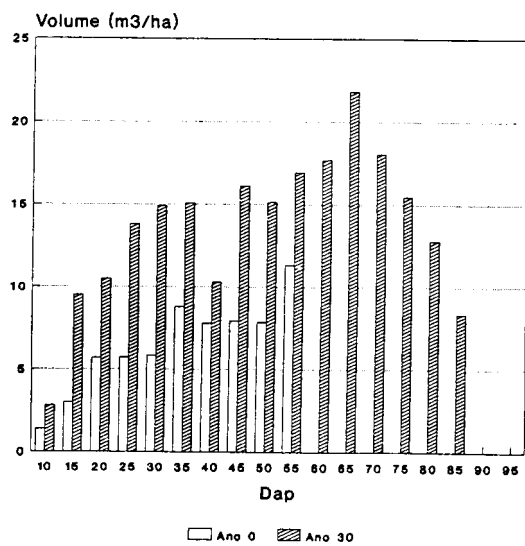


Figura 12. Caso 2: Povoamentos inicial e final das espécies comerciais.



Caso 2: floresta explorada e tratada  
 N° árv. >. 60 em dap • 17.40 árv/ha  
 Volume árv. >. 60 em dap • 94.20 m3/ha

Figura 13. Distribuição do volume do tronco no início e no final do ciclo de corte.