

ANA CÉLIA ALMEIDA MENDONÇA

**CARACTERIZAÇÃO E SIMULAÇÃO DOS PROCESSOS DINÂMICOS
DE UMA ÁREA DE FLORESTA TROPICAL DE TERRA FIRME
UTILIZANDO MATRIZES DE TRANSIÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

CURITIBA

2003

ANA CÉLIA ALMEIDA MENDONÇA

**CARACTERIZAÇÃO E SIMULAÇÃO DOS PROCESSOS DINÂMICOS
DE UMA ÁREA DE FLORESTA TROPICAL DE TERRA FIRME
UTILIZANDO MATRIZES DE TRANSIÇÃO**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

CURITIBA

2003

Aos meus pais, Maria de Nazaré e Waltemir, à
minha irmã Maria, aos meus irmãos Francisco,
Sineon, Sidney e Wanderlan.

Ao meu amado.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, o professor Julio Eduardo Arce, pela orientação dada com dedicação e absoluto rigor, pelo incentivo ao pensamento crítico, pelos ensinamentos fundamentais ao desenvolvimento deste trabalho, pela amizade.

Ao meu co-orientador, professor Carlos Roberto Sanquetta, pelo apoio na orientação e incentivo para a realização deste trabalho.

Aos professores do Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Prof. Sebastião Machado, Prof. Flávio Kirchnner, Prof. Sílvio Péllico e Prof. Roberto Hosokawa, dos quais tive a honra de ter sido aluna, e tenho profunda admiração e respeito.

Aos secretários do Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Sr. Reinaldo e Sra. Eleonor, pela amizade, pelo constante e fundamental incentivo, pelo apoio em todos os processos administrativos que realizaram.

À minha amiga Mariana Schuchovski, por ser sido tão fantástica em todos os momentos, serei grata por toda minha vida. Aos seus pais José e Rita, suas irmãs Angela e Carolina, pela grande amizade e incentivo.

Aos amigos meus melhores amigos de Curitiba: Flávio Rolim, Ana Livia, Karen Kubo e Martha.

Enfim, gostaria de agradecer a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 GERAL.....	3
2.2 ESPECÍFICOS	3
3 REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 DINÂMICA FLORESTAL.....	4
3.2 PROCESSOS DINÂMICOS.....	5
3.2.1 Ingresso ou Recrutamento.....	5
3.2.2 Crescimento.....	8
3.2.3 Mortalidade	10
3.3 MATRIZ DE TRANSIÇÃO	13
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
4.1.1 Localização e acesso	16
4.1.2 Clima	16
4.1.3 Solos.....	18
4.1.4 Hidrografia	18
4.1.5 Topografia.....	19
4.1.6 Vegetação.....	19
4.2 OBTENÇÃO DOS DADOS	20
4.3 LOCALIZAÇÃO E INSTALAÇÃO DAS PARCELAS.....	21
4.4 ENUMERAÇÃO E MARCAÇÃO DAS ÁRVORES	24

4.5	VARIÁVEIS COLETADAS.....	24
4.5.1	Variáveis coletadas antes da exploração florestal.....	24
4.5.2	Variáveis coletadas após a exploração florestal.....	25
4.6	IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA	26
4.7	DESCRIÇÃO DOS GRUPOS DE QUALIDADE DE MADEIRA	26
4.8	PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	27
4.9	MATRIZ DE TRANSIÇÃO	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1	DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA	31
5.2	ÁREA BASAL E VOLUME	35
5.3	RECRUTAMENTO OU INGRESSO.....	40
5.4	MORTALIDADE.....	41
5.5	BALANÇO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL NAS PARCELAS.....	48
5.6	MATRIZ DE TRANSIÇÃO	50
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	67
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
	APÊNDICES	76

LISTA DE FIGURAS

1	Localização da área de estudo	17
2	Croqui do compartimento B com a distribuição das parcelas permanentes	22
3	Piquete de marcação das sub-parcelas (10 x 10 m)	23
4	Ilustração da construção da parcela e detalhe da divisão das sub-parcelas	23
5	Modelo da plaqueta utilizada para identificação das árvores na parcela	24
6	Ponto de medição do diâmetro (DAP), marcado com tinta vermelha e placa de identificação da árvore na parcela	25
7	Esquema de separação dos grupos de qualidade de madeira para análise	27
8	Distribuição diamétrica da floresta em 1996(a), 1998(b) e 2001(c)	32
9	Distribuição diamétrica para os grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	34
10	Área basal da floresta por classe diamétrica em 1996 (a), 1998 (b) e 2001 (c) ...	36
11	Volume da floresta por classe diamétrica em 1996 (a), 1998 (b) e 2001 (c)	37
12	Área basal por classe diamétrica para os grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	38
13	Volume por classe diamétrica para os grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	39
14	Distribuição diamétrica, área basal e volume, por classe diamétrica da mortalidade por causas naturais da floresta	45
15	Distribuição diamétrica, área basal e volume, por classe diamétrica da mortalidade devido à exploração florestal	46
16	Distribuição diamétrica, área basal e volume, por classe diamétrica das árvores abatidas na exploração florestal	47
17	Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) para toda floresta	58
18	Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 1	59
19	Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 2	60

20	Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 3	61
21	Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 5	62
22	Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 6	63
23	Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 7	64
24	Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 8	65

LISTA DE TABELAS

1	Balanço da exploração florestal pelo número de indivíduos, área basal e volume por hectare das árvores remanescentes, recrutadas, abatidas e mortas nas três medições	48
2	Matriz de transição obtida para toda a floresta por classe de diâmetro para o período de 1998 – 2001	50
3	Matriz de transição obtida para o grupo 1 por classe de diâmetro para o período de 1998 – 2001	51
4	Matriz de transição obtida para o grupo 2 por classe de diâmetro para o período de 1998 – 2001	51
5	Matriz de transição obtida para o grupo 3 por classe de diâmetro para o período de 1998 – 2001	51
6	Matriz de transição obtida para o grupo 5 por classe de diâmetro para o período de 1998 – 2001	52
7	Matriz de transição obtida para o grupo 6 por classe de diâmetro para o período de 1998 – 2001	52
8	Matriz de transição obtida para o grupo 7 por classe de diâmetro para o período de 1998 – 2001	52
9	Matriz de transição obtida para o grupo 8 por classe de diâmetro para o período de 1998 – 2001	59

RESUMO

Os processos dinâmicos de uma floresta tropical de terra-firme submetida ao Manejo Sustentável foram simulados através da técnica de simulação Matriz de Transição. Os dados utilizados são provenientes de medições de 14 parcelas permanentes com 1 hectare (100 x 100 m), instaladas no compartimento anual de exploração florestal pertencente a empresa Mil Madeireiras Ltda., situada no estado do Amazonas (Brasil). As medições foram realizadas em 1996 (antes da exploração), 1998 (logo após a exploração) e 2001 (três anos depois), em todas as árvores com DAP ≥ 15 cm. A Metodologia de Inventário Florestal Contínuo utilizada é da EMBRAPA-CPATU. Foram quantificados, nos três inventários contínuos, os dados de abundância, área basal, volume, recrutamento e mortalidade. Foi feito o balanço dos efeitos da exploração florestal sobre as árvores remanescentes. A floresta mostrou uma contabilidade negativa; nos períodos observados, a mortalidade foi superior ao recrutamento. Com base nas duas últimas medições foram feitas projeções da distribuição diamétrica futura, do número de árvores sobreviventes e do número de árvores mortas em cada classe de diâmetro, para os anos 2004, 2007 e 2010, utilizando o período de transição de 3 anos. Os resultados indicaram que as simulações demonstram equilíbrio nas frequências por classe diamétrica simuladas após a colheita. O período analisado para a construção das matrizes de transição (três anos) provavelmente não foi suficiente para registrar a dinâmica da floresta, tornando a avaliação prematura, sendo recomendável considerar uma simulação para intervalos de tempo maiores.

Palavras chave: Matriz de transição, floresta tropical, distribuições diamétricas

ABSTRACT

Dynamic processes of a tropical forest of “terra-firme” submitted to the sustainable management, were simulated using the Transition Matrix simulation technique. The used data were obtained from measurements 14 permanent plots of 1 hectare (100 x 100 m), installed in the annual compartment of forest selective logging, belonging to “Mil Madeireira Ltda.” company, located into the Amazonas state (Brasil). The mensurations of all trees with DBH ≥ 15 were accomplished in 1996 (before the selective logging), 1998 (after the selective logging) and 2001 (three years later). The used methodology of continuous forest inventory was that one from EMBRAPA-CPATU. The quantified data in the three continuous inventories were: abundance, basal area, volume, recruitment and mortality. It was done the accounting of the effects of the forest exploitation on the remaining trees. The forest showed an accounting negative in the observed periods, the mortality was superior to the recruitment. On the data collected in the last two mensurations were made projections of the future diameter distribution, number of surviving trees, and number of dead trees per diameter class were done based on the collected data, for the years 2004, 2007 and 2010 by using transition period of 3 years. The forest showed an accounting negative during the observed periods, the mortality was superior to the recruitment. Results indicated that the simulations demonstrated balance in the frequencies for diameter class simulated after the exploitation. The period analyzed for the construction of the transition matrix (three years) was not probably enough to register the dynamics of the forest, thus possibly the evaluation period is too much short, being necessary to consider a simulation for larger intervals of time.

Key words: Transition matrix, tropical forest, diameter distributions.

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira abriga um terço das florestas tropicais do mundo, sendo a região detentora da maior reserva de madeira tropical. Além do valor madeireiro, a floresta tem riquezas como os produtos não madeireiros e diversas espécies de animais, plantas e microorganismos. Existem, também, os serviços que a floresta presta para o equilíbrio do clima regional e global, especialmente pela manutenção dos ciclos hidrológicos e retenção de carbono (VERÍSSIMO e AMARAL, 1996).

O consumo da madeira amazônica no mercado brasileiro é de 86 % e somente 14 % é exportado (SMERALDI e VERÍSSIMO, 1999). Segundo SOBRAL et al. (2002), o Estado de São Paulo destaca-se como o maior consumidor nacional de madeira amazônica, com uma demanda de aproximadamente 20% (1,2 milhão de metros cúbicos em tora).

Segundo SOBRAL et al. (2002), há uma tendência no uso de madeira certificada da Amazônia. As indústrias brasileiras de móveis de luxo apresentam grande interesse em adquirir madeira certificada. As pressões ambientais, a carência de planos de manejo florestal e o caráter ilegal associado à madeira amazônica podem criar sérios obstáculos ao suprimento futuro.

SILVA et al. (1999c) afirmam que o manejo da floresta para a produção de madeira, com base em dados de estudos de crescimento e produção, foi pouco praticado na região.

A sustentabilidade da produção de madeiras é, portanto, um desafio aos pesquisadores florestais. Um pré-requisito para o manejo sustentável são informações confiáveis sobre crescimento e produção para diferentes regimes de manejo e opções silviculturais. Contudo, pouca informação sobre crescimento e produção está disponível para florestas tropicais brasileiras na região amazônica.

Os estudos sobre a estrutura e a dinâmica florestal na Amazônia têm sido um

dos principais esforços dos pesquisadores ao longo destas duas últimas décadas. Estes mecanismos, bem como a complexidade dos diversos ecossistemas, devem ser bem compreendidos para que se possa planejar a produção sustentada e contínua dos recursos florestais.

Entretanto, nessa luta pelo conhecimento e domínio de técnicas que garantam o manejo sustentável das florestas tropicais, acredita-se que o crescente avanço das pesquisas acabe por oferecer informações confiáveis sobre o crescimento e produção florestal. Desta forma, entende-se que a procura de formas alternativas de projeção do crescimento e da produção florestal deve ser considerada como de real importância no contexto do manejo florestal capaz de garantir subsídios ao planejamento em longo prazo.

O monitoramento da floresta, no âmbito de projetos de manejo florestal, é feito principalmente com base nas informações coletadas de parcelas permanentes, implantadas nos talhões explorados anualmente, medidas antes e logo após a exploração para avaliar os danos ocorridos, e em intervalos variados ao longo de um mesmo ciclo de corte para subsidiar a prescrição dos tratamentos silviculturais.

A empresa Mil Madeireira Itacoatiara Ltda. é integrante do grupo Suíço Precious Woods. A Precious Woods é a pioneira na implantação de sistema de manejo florestal de baixo impacto na Amazônia Brasileira. Possui uma área de floresta de 80.000 hectares, manejado para uma colheita num ciclo de 25 anos. Esta empresa foi certificada em julho de 1997 pelo programa da *Rainforest Alliance's SmartWood*, em colaboração com Imaflo. O Programa Rainforest Alliance's SmartWood da SmartWood é aprovado através da Forest Council Stewardship (**FSC - Código de Identificação: FSC896/127**). A Precious Woods Amazon recebeu o Prêmio da Tropical Forest Foundation em 1997 e o Prêmio da Corporate Award of the Ecological Society of America em 1998.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Esta pesquisa teve por objetivo geral simular os processos dinâmicos de uma área de floresta tropical de terra firme utilizando matrizes de transição.

2.2 ESPECÍFICOS

Quantificar o número de árvores, área basal e volume por hectare da floresta nas três remedições nas parcelas permanentes;

Caracterizar a dinâmica da floresta agrupando as espécies por critérios ecológicos e comerciais (qualidade da madeira);

Fazer um balanço da exploração, em termos de número de árvores, área basal e volume;

Caracterizar as estruturas diamétrica e basimétrica da floresta, e;

Realizar a prognose da estrutura da floresta no futuro.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DINÂMICA FLORESTAL

O manejo florestal visando a sustentabilidade, tanto dos bens como dos serviços que uma floresta pode proporcionar, baseia-se na realização de projeções quantitativas de crescimento e produção, descritas por modelos de simulação. Desta forma, os modelos de simulação dos processos dinâmicos da floresta são de grande valia para o manejo, pois auxiliam na utilização sustentada dos recursos de uma floresta, ou na sua conservação.

Os processos dinâmicos (crescimento e produção, mortalidade e ingresso) de uma floresta são de grande importância, visto que o estudo destes parâmetros indica o crescimento e as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura. Portanto, a predição confiável destes processos, ressaltando-se o crescimento e a produção, torna-se imprescindível para a adoção de tratamentos e medidas silviculturais mais adequados para o manejo da floresta sob regime de rendimento sustentado.

O conhecimento sobre a dinâmica das florestas tropicais é limitado, principalmente no que se refere ao estabelecimento, crescimento e mortalidade das espécies arbóreas. A maioria das florestas tropicais caracteriza-se fundamentalmente pela alta diversidade de espécies, baixa dominância e diversos padrões de dispersão espacial (HOSOKAWA et al., 1998).

Conforme FERREIRA et al. (1998), a definição dos componentes do crescimento florestal está relacionada a um tamanho comercial especificado e entre dois inventários sucessivos do povoamento. No estudo de crescimento, os termos mais aceitos são ingresso, mortalidade e corte. A combinação destes três termos com o número, a área basal ou o volume de árvores remanescentes no final do período de mensuração fornece os componentes normalmente utilizados na estimativa do crescimento florestal.

Segundo CARVALHO (1999), o incremento diamétrico, a mortalidade e o recrutamento estão entre os poucos parâmetros para se fazer predições sobre a produção futura de uma floresta natural inequidiana. FERREIRA et al. (1998) afirmam que o estudo do crescimento permite o entendimento dos processos por meio dos quais ocorrem as mudanças em níveis de espécies e povoamentos.

Segundo HIGUCHI et al. (2000), o entendimento da dinâmica da floresta primária é essencial para a prescrição de tratamentos silviculturais ao manejo sendo igualmente importante para estabelecer estratégias de conservação do ecossistema.

3.2 PROCESSOS DINÂMICOS

Os processos que regem a dinâmica de uma floresta, são conhecidos como ingresso, crescimento e mortalidade, e tem grande importância, visto que o estudo destes parâmetros indica o crescimento e as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura. Portanto, a predição confiável destes processos, ressaltando-se o crescimento e a produção, torna-se imprescindível para a adoção de tratamentos e medidas silviculturais mais adequados para o manejo da floresta sob regime de rendimento sustentado.

3.2.1 Ingresso ou Recrutamento

ALDER (1983) entende por recrutamento ou ingresso o processo pelo qual as árvores surgem na tabela de produção de parcelas permanentes depois de uma medição inicial. Em outras palavras, os ingressos são considerados como árvores que atingiram um diâmetro mínimo (varia de 5 a 20 cm) entre duas medições subsequentes. A saída do sistema pela mortalidade deve ser compensada pelo aparecimento de árvores jovens nas classes inferiores. O recrutamento pode ser observado diretamente em parcelas permanentes convencionais, e relacionado à densidade do povoamento, histórico da exploração, tipo de floresta, presença de árvores porta-sementes, e outros fatores empiricamente determináveis na parcela.

Segundo CARVALHO (1999), o recrutamento é a admissão de um ser numa determinada população ou comunidade. O recrutamento de plântulas pode ser confundido com o seu aparecimento ou germinação. Muitas vezes, o recrutamento também é chamado de ingresso. Neste caso pode ser definido como o processo pelo qual árvores pequenas aparecem em um povoamento, por exemplo em uma parcela permanente, após sua primeira medição.

O estudo do ingresso em florestas tropicais úmidas tem grande importância do ponto de vista silvicultural, assim como sua qualidade e quantidade determinam com que sucesso a floresta está sendo “alimentada” com plântulas e pequenas árvores de espécies comerciais. Para que a produção da floresta seja sustentável, é necessário que uma considerável quantidade de regeneração de espécies comerciais ocorra na floresta e que pelo menos um número mínimo dessas árvores sobrevivam e cresçam até o tamanho de abate a cada ciclo de corte (SILVA, 1989).

A quantidade de ingresso varia com a composição das espécies e com o grau de perturbação no dossel (ALDER, 1983; SILVA, 1989). As clareiras são ecossistemas que ocorrem naturalmente no interior de florestas, abertas pela queda de galhos ou de uma única ou mais árvores, limitada pelas copas das árvores marginais (CHAGAS et al., 1999). Tais perturbações não levam ao aparecimento de grande número de novos indivíduos do recrutamento. A ocorrência de clareiras na cobertura da floresta, seu tamanho e sua distribuição têm influência direta sobre a qualidade e quantidade de luz que chega ao piso florestal, influenciando a composição e densidade da regeneração natural (CHAGAS et al., 1999).

As clareiras que ocorrem na floresta são um fator importante na manutenção da heterogeneidade destes ambientes (florestas tropicais). Estudos sobre distúrbios naturais nas florestas indicam que as clareiras são um fenômeno freqüente e que sua ocorrência resulta nos aparentes mosaicos vegetais de diversas idades (PIRES-O'BRIEN e O'BRIEN, 1995).

Quando a clareira é de pequeno tamanho, o ingresso não é abundante porque, normalmente, espécies de crescimento lento e tolerante à sombra ocupam a clareira.

Inversamente, as perturbações pesadas tais como aquelas causadas pela exploração, geralmente, resultam em germinação e crescimento de grande número de espécies pioneiras de rápido crescimento, que logo crescem até o mínimo tamanho de medição (SILVA, 1989; CHAGAS et al., 1999).

Os efeitos da exploração florestal assemelham-se às perturbações naturais causadas pela queda de árvores. A recuperação, nesses casos, é rápida em virtude da presença, no sub-bosque, de inúmeras brotações e plântulas que emergem em resposta ao aumento de luminosidade e de nutrientes nas clareiras abertas. Por outro lado, as florestas amazônicas normalmente têm apenas 10 a 20 % de sua área aberta durante determinado tempo, e não os 50 % ou mais característicos das áreas exploradas (UHL e VIEIRA, 1989). Com base nesta afirmativa, CARVALHO et al. (1999b) verificaram que o recrutamento cresceu com o tempo na floresta explorada, enquanto a mortalidade, ainda que mais baixa do que o recrutamento, foi muito alta imediatamente após a exploração, baixando devagar até o quinto ano após a exploração, mantendo-se com taxas baixas até o final do período estudado. A maioria das espécies, quando consideradas separadamente, teve a taxa de recrutamento mais alta do que a mortalidade na área explorada em todo o período estudado, enquanto que na área não explorada um grande número de espécies mostrou a mesma taxa, tanto em recrutamento como em mortalidade, embora algumas outras apresentassem grandes diferenças. Este mesmo autor cita ainda que, em geral, na floresta não explorada as diferenças entre recrutamento e mortalidade não foram importantes, mas levemente balanceadas durante o período estudado.

Da mesma forma, SWAINE et al. (1987) comentaram que há um balanço dinâmico em florestas naturais não exploradas, onde árvores mortas são continuamente repostas por novos recrutas.

Na área estudada por PEREIRA et al. (2000), entre os anos 1986 a 1989 e 1991 a 1993, as taxas de recrutamento foram superiores às taxas de mortalidade com possível aumento de volume de madeira. De 1989 a 1991, e de 1993 a 1996, a mortalidade foi maior do que o recrutamento, com uma provável diminuição em

volume. Para todo o período observado (1986-1996) a taxa média de recrutamento foi maior que a de mortalidade (1,16 % e 1,3 % respectivamente).

PEREIRA et al. (2000) observam que o T3 (corte e arraste de todas as espécies listadas com DAP \geq 40 cm, realizado em 1988), intensidade de corte mais pesado, apresenta taxa de mortalidade inferior à taxa apresentada nos tratamentos T1 (corte e arraste de todas as espécies listadas com DAP \geq 55 cm, realizado em 1987) e T2 (corte e arraste de todas as espécies listadas com DAP \geq 57 cm, realizado em 1987). Nos três primeiros anos após a exploração, a dinâmica da floresta, em termos de recrutamento e mortalidade, foi praticamente a mesma nos três tratamentos silviculturais. Depois disso, as intensidades de corte começam a mostrar as suas diferenças.

3.2.2 Crescimento

A taxa de crescimento é um dos fatores mais importante a ser considerado nos planos de manejo florestal. A estimativa do crescimento é essencial no ordenamento e credibilidade de um plano de manejo sustentável. No planejamento florestal, as decisões de manejo são tomadas com base na predição do crescimento e na produção que os povoamentos podem alcançar de acordo com suas respectivas taxas (SPURR, 1952; FERREIRA et al., 1998).

As espécies diferem geneticamente em suas taxas de crescimento. As espécies pioneiras apresentam as mais rápidas taxas de crescimento, e se as mesmas perderem sua posição dominante no dossel elas morrerão. Algumas espécies emergentes mostram taxas de crescimento similares às das pioneiras (MANOKARAN e KOCHUMMEN, 1987), assim como um grupo pode ser um tanto intolerante à sombra. Um rápido crescimento autocorrelacionado, assim como uma alta mortalidade entre árvores de baixo crescimento, podem ser mais pronunciados entre espécies que formam o dossel da floresta em geral.

A combinação da autocorrelação de crescimento entre árvores individuais e

altas diferenças entre árvores dentro da população é atribuível a algumas misturas de variabilidade genética e fatores de sítio. Sua importância relativa em populações de árvores tropicais é desconhecida (SWAINE et al., 1987).

Em condições de luminosidade e espaço para provocar o crescimento da massa remanescente, o incremento médio anual da biomassa acumulada em fustes das espécies desejáveis alcança entre 0,5 e 2,5 m³/ha/ano em se tratando de regeneração em condições favoráveis constituídas de espécies oportunistas tardias (geralmente madeira de lei), e entre 3 e 15 m³/ha/ano quando se tratar de abundante regeneração de espécies pioneiras ou intolerantes de rápido crescimento. Em condições desfavoráveis, o incremento da madeira de valor comercial oscila em torno de 0,1 m³/ha/ano (ITTO et al., 1999).

Segundo SILVA et al. (1999c) o incremento periódico anual em diâmetro (IPADAP) verificado nas áreas estudadas situa-se dentro da amplitude de valores médios observada em outros países da América tropical, África e Ásia. Como regra geral, a resposta das espécies à luz resultou em taxas diferenciadas de crescimento: IPADAP das espécies intolerantes > IPADAP tolerantes do dossel superior > IPADAP das espécies tolerantes do sub-bosque.

SILVA et al. (1999c) observaram que as espécies dominantes que mais se destacaram na floresta primária não explorada foram *Bertholetia excelsa* e *Bixa arborea*, apresentando um IPADAP de 0,5 cm/ano (intolerantes) e *Carapa guianensis* e *Couratari oblongifolia* (tolerantes) com IPADAP de 0,3 e 0,2 cm/ano, respectivamente. Nas florestas exploradas destacaram-se, entre as espécies intolerantes, *Bixa arborea* e *Sclerolobium guianensis*, ambas com IPADAP de 1,0 cm/ano e entre as espécies tolerantes, *Carapa guianensis* e *Virola melinonii*, ambas com IPADAP de 0,6 cm/ano. As espécies comportam-se diferentemente em situações diversas de abertura do dossel, independentemente do grupo ecológico a que pertencem. A *Carapa* e a *Bixa* mostraram crescimentos bastante diferentes em condições de dossel aberto e fechado. Essas diferenças também foram observadas em relação ao grau de iluminação das copas. As árvores com copas totalmente expostas à

luz crescem mais rápido do que aquelas apenas parcialmente expostas, que por sua vez apresentam maior crescimento do que aquelas suprimidas ou recebendo apenas luz difusa.

Na região de influência do projeto Jari, no estado do Amapá, para um período de 11 anos de observações em floresta primária, GOMIDE (1999) encontrou um incremento periódico anual médio (IPADAP) 0,14 cm/ano, considerando todas as espécies da floresta com DAP ≥ 5 cm. Para os grupos de comercialização I, II e III os IPADAP foram de 0,20, 0,14 e 0,12 cm/ano, respectivamente. Observou-se uma maior taxa de crescimento (IPADAP) nas maiores classes diamétricas.

3.2.3 Mortalidade

A mortalidade é um dos principais fatores a ser observado em estudos de dinâmica de florestas tropicais, por ter diversas causas e conseqüências, e por representar a saída do sistema em estudo.

Segundo SWAINE et al. (1987), em florestas tropicais úmidas, a mortalidade no tempo e espaço é fortemente relacionada à máxima longevidade das árvores, à sua distribuição nas classes de tamanho, à abundância relativa das espécies, e ao tamanho e número de clareiras. As condições do micro-ambiente são influenciadas pela perda de árvores, assim como a taxa de crescimento de árvores vizinhas. Neste caso, a morte de uma árvore pode aumentar ou diminuir a probabilidade da morte de outras.

A mortalidade pode ser causada por diversos fatores, como idade ou senilidade, competição e supressão, doenças e pragas, condições climáticas, fogos silvestres, anelamento e envenenamento, injúrias, corte ou abate da árvore (SANQUETTA, 1996).

Segundo CARVALHO (1999), a mortalidade pode ser causada por muitos fatores, como ataque de patógenos, parasitas e herbívoros, tempestades, danos causados por fortes chuvas, principalmente em árvores emergentes, exploração florestal, durante a operação e principalmente nos primeiros cinco anos seguintes, e

morte por idade, considerando que todo ser vivo tem um período de vida finito.

Para LIEBERMAN e LIEBERMAN (1987), a causa mais comum da morte de árvores em florestas tropicais não perturbadas é o vento, mas frequentemente as árvores morrem em pé, como resultado de várias causas possíveis como fungos patogênicos, herbívoros, senescência, déficit hídrico ou supressão, ou a combinação destes fatores.

RANKIN-DE-MERONA et al. (1990) admitiram que a mortalidade numa floresta não perturbada pode ser causada por fatores, tais como: ventos fortes, queda de galhos, perda da copa, quebra do tronco, queda de outras árvores e diversos outros fatores além da simples mortalidade em pé (velhice, doenças e pragas).

VANCLAY (1994) e SANQUETTA (1996) classificam a mortalidade em regular e irregular. A mortalidade regular inclui todas as formas que normalmente possam ocorrer, tais como idade, competição, baixa incidência de pragas e doenças, mortalidade esporádica ou cíclica causada por efeitos climáticos, enquanto que a irregular inclui todas as outras formas de mortalidade catastrófica (p. ex. furacões, incêndios florestais de grandes proporções, etc.). Os efeitos da competição e supressão são geralmente expressos em função da densidade do povoamento, incremento mínimo em DAP, características individuais das árvores e do povoamento, posição sociológica, dentre outros, dependendo se a mortalidade é modelada a nível de árvore, classes ou povoamento como um todo.

A taxa de mortalidade difere entre espécies e com o sítio, embora isto seja frequentemente difícil de avaliar devido aos pequenos tamanhos de unidades amostrais. Em estudos realizados na Malásia, MANOKARAN e KOCHUMMEN (1987) observaram que as espécies pioneiras incomuns em florestas primárias têm alta taxa de mortalidade.

O grau de perturbação e o tempo transcorrido desde a perturbação têm um notável efeito sobre o comportamento da mortalidade na floresta tropical úmida. As florestas não perturbadas em estado de equilíbrio mostram taxas de mortalidade constantes sobre as classes de DAP e, portanto, nenhuma correlação com o tamanho da

árvore deve ser encontrado (LIEBERMAN e LIEBERMAN, 1987; MANOKARAN e KOCHUMMEN, 1987; SWAINE et al. 1987).

Porém, em florestas exploradas, a mortalidade tende a ser maior nas menores classes de tamanho. Depois de algum tempo, quando a maioria das espécies pioneiras componentes da floresta tiver morrido e ter sido substituída por espécies tolerantes à sombra, a mortalidade tende a estabilizar e torna-se quase constante nas classes de DAP (SILVA, 1989).

As florestas primárias não perturbadas apresentam maior estabilidade quanto à mortalidade e ao ingresso de novos indivíduos. LIEBERMAN e LIEBERMAN (1987) analisando florestas primárias na Costa Rica, relataram taxas de mortalidade de 1,9% ao ano. MANOKARAN e KOCHUMMEN (1987) obtiveram uma mortalidade de 2,0% ao ano em florestas virgens da Malásia. SWAINE et al. (1987), num estudo realizado durante 12 anos em uma floresta tropical úmida na localidade de Kade, em Ghana, observaram uma mortalidade de 1,32% ao ano para árvores com DAP ≥ 10 cm.

RANKIN-DE-MERONA et al. (1990) descreveram o comportamento de uma floresta em Manaus, sobre um período de 5 anos. A taxa de mortalidade para árvores com DAP ≥ 10 cm foi de 1,13% ao ano, enquanto que considerando apenas as árvores com DAP ≤ 25 cm esta taxa foi de 0,96%. Tais valores correspondem a uma mortalidade de 7,04 e 1,32 árvores/ha/ano, respectivamente.

Segundo SILVA et al. (1999c), em 2 experimentos onde houve exploração, situados na área da Floresta Nacional do Tapajós (km 67 e 114 da BR-163), as taxas foram de 1,7% e 2,4% ao ano. De modo geral, as espécies ditas pioneiras indesejáveis apresentaram as mais altas taxas de mortalidade ao ano (2,7-5,4%).

Na região de influência do projeto Jari, no estado do Amapá, GOMIDE (1999) verificou que, considerando todo o período monitorado (1985 a 1996), a floresta primária apresentou um balanço positivo, onde o número de árvores mortas foi de aproximadamente 16/ha/ano, e o número de ingresso de 19/ha/ano. Em termos percentuais, estes valores indicam que no período monitorado, a cada ano a floresta aumentou em 1,52% o número total de árvores da população, perdeu 1,22% por

mortalidade, o que gerou, em termos líquidos, um ganho de aproximadamente 0,3%. O grupo das espécies comerciais foi o único que apresentou um balanço negativo de 0,29%, já que os grupos das espécies potenciais e não comerciais apresentaram balanço positivo de 0,41% e 0,33%, respectivamente.

3.3 MATRIZ DE TRANSIÇÃO

A matriz de transição é um processo estocástico utilizado para estudar fenômenos que passam, a partir de um estado inicial, por uma seqüência de estados, onde a transição entre estados ocorre segundo uma certa probabilidade (ARCE et al, 2001).

Conforme SANQUETTA (1996) e SCOLFORO (1998), nas matrizes de transição utiliza-se o critério de separar árvores de uma certa classe diamétrica que crescem para uma, duas ou mais classes consecutivas daquelas que permanecem na mesma classe ou morrem durante um dado intervalo de tempo. As probabilidades da matriz de transição são obtidas pela razão da dinâmica nas classes.

Segundo SCOLFORO (1998), entre os modelos de crescimento e produção por classe de diâmetro, a Cadeia de Markov ou matriz de transição é um importante instrumento para viabilizar a prognose da produção em florestas nativas. A prognose a partir deste método é feita através da estimativa da probabilidade de transição dos diâmetros entre classes diamétricas, ou seja, suas projeções para o futuro, a partir da matriz de probabilidade de transição. O mesmo autor cita que estas projeções não devem ser realizadas para períodos de tempo longos, haja visto que o desempenho dos modelos é condicionado a dois pontos básicos. Um considera que o incremento periódico em diâmetro das árvores da floresta, obtido nas parcelas permanentes, tem o comportamento no futuro idêntico ao obtido por ocasião das avaliações realizadas nas parcelas permanentes. Neste caso, assume-se que apesar de mudanças em sua estrutura, a floresta continuará no futuro a apresentar o mesmo crescimento que aquele detectado por ocasião da avaliação das parcelas permanentes, sendo denominada de

transição estacionária. Um segundo ponto básico é que a projeção da estrutura da floresta depende somente do estado atual, não sofrendo efeito de qualquer característica passada da floresta. Esta característica ou propriedade do modelo considerado é definida como propriedade Markoviana.

Segundo SANQUETTA (1996), as funções probabilísticas, as matrizes de transição e os processos de difusão são modelos não espaciais que expressam o desenvolvimento do povoamento através da descrição da evolução das distribuições diamétricas ou de outra variável em classes.

Os pontos mais importantes na montagem de uma Cadeia de Markov são a definição de estados do sistema e a construção da matriz de transição probabilística (HOYOS, 1980¹ citado por ARCE et al, 2001). De acordo com ENRIGHT e OGDEN (1979), o único requisito para a utilização do modelo matricial é que a população possa ser dividida em estados ou compartimentos, e que haja a probabilidade de movimento de um estado para outro no tempo.

Os estudos de simulação do crescimento diamétrico de povoamentos florestais desenvolvidos com matrizes de transição são valiosos para viabilizar a prognose da produção de florestas nativas. Entretanto, há uma carência destes estudos com dados de florestas tropicais, em especial na Amazônia brasileira.

Alguns pesquisadores desenvolveram o estudo de crescimento diamétrico das árvores através de matriz de transição. Pode-se citar, entre outros, USHER (1966), BRUNER e MOSER JR. (1973), PEDEN et al. (1973), BUONGIORNO e MICHIE (1980) e ROBERT e HRUSKA (1986). Nas regiões tropicais, por exemplo, pode-se citar ENRIGHT e OGDEN (1979), OSHO (1991) e VANCLAY (1994). No Brasil, foi estudado por HIGUCHI (1987), AZEVEDO et al. (1994), SANQUETTA et al. (1996a, 1996b), SCOLFORO (1997), PULZ et al. (1999), ARCE et al. (2001), SPATHELF e DURLO (2001). No Estado do Amazonas, em uma área de floresta de terra firme, foi aplicado por HIGUCHI (1987) e FREITAS e HIGUCHI (1993), utilizando a Cadeia de

¹ HOYOS, A. Processos estocásticos e previsão. In: 4^o **Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística**. Rio de Janeiro, 21 a 25 de julho de 1980.

Markov dentro do manejo florestal como instrumento para elaboração de uma tabela de produção futura e um possível ciclo de corte.

ARCE et al (1998) utilizaram os processos de difusão na avaliação e simulação precoces do crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* L. Segundo esta abordagem, o crescimento das florestas pode ser entendido como um processo contínuo, que inclui uma entrada, um movimento e uma saída de matéria, sendo que a entrada é o ingresso, o movimento é o crescimento, e a saída a mortalidade.

Para SANQUETA (1996), os processos de difusão expressam a dinâmica das classes, tais como crescimento, mortalidade e recrutamento, simultaneamente em função do tempo e das próprias dimensões das classes diamétricas, integrando esses componentes em equações diferenciais. O modelo estocástico assim definido, chamado de processo de difusão, é descrito pela equação *forward* de *Kolmogorov* ou equação de *Fokker-Planck*.

SANQUETTA et al. (1996a) desenvolveram um modelo de simulação para a dinâmica da floresta nativa após intervenção. Este modelo tem por objetivo agregar ao modelo original mudanças em função da intervenção programada. Os componentes alterados são o vetor do estoque (\underline{E}') que deverá refletir o número de árvores após realizado o corte e a mortalidade por dano, o vetor de recrutamento (\underline{R}') que deverá refletir a aceleração da taxa de recrutamento devido à abertura do dossel, e a matriz de transição (A') que deverá refletir a aceleração no crescimento em consequência do aumento na taxa de iluminação promovido pela abertura do dossel. O modelo foi aplicado, a fim de demonstrar sua utilização, em um povoamento de “fir-hemlock”, Japão, para o período de 1984 a 1987. Observou-se que a área basal antes do corte e o número total de árvore após 12 anos com base na simulação pré-estabelecida tendem a retornar às condições iniciais (taxa de mortalidade = 20%, taxa de aceleração sobre o recrutamento da classe diamétrica = 30% em consequência da abertura do dossel).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 Localização e acesso

A área de estudo localiza-se no município de Itacoatiara, no Estado do Amazonas, a 227 km de Manaus. O acesso à propriedade é feito através da estrada Estadual da Várzea, a 2 km do km 227 da Rodovia AM-010. A propriedade está localizada entre os paralelos 2° 43' e 3° 04' latitude Sul e as longitudes 58° 31' e 58° 57' Oeste de Greenwich, compreendendo uma área total de 80.571 hectares (FIGURA 1).

4.1.2 Clima

O clima local está classificado, segundo Köppen, como Grupo Climático A (Clima Tropical Chuvoso), abrangendo o tipo e variedade climática Amw (chuvas do tipo monções), representando uma variedade do tipo Am, possuindo todas as características, diferindo apenas por apresentar as maiores quedas pluviométricas durante o outono. A precipitação pluviométrica anual é de cerca de 2.200 mm, com menor volume mensal entre agosto e outubro. A temperatura média é de 26 °C e a umidade relativa do ar é de 80% (RADAMBRASIL, 1978).

A precipitação pluviométrica, bem como o nível de água no solo, tem fortes conseqüências nas operações de colheita florestal e trabalho de silvicultura. O período de dezembro até junho apresenta alta precipitação pluviométrica, prejudicando as atividades de colheita e transporte de madeira. Porém, outros trabalhos relacionados com a silvicultura e o manejo em geral podem ser realizados, tais como o corte ou manutenção das linhas de abertura da floresta dos compartimentos; a prospecção para a colheita, bem como a marcação de locais para a construção das futuras estradas.

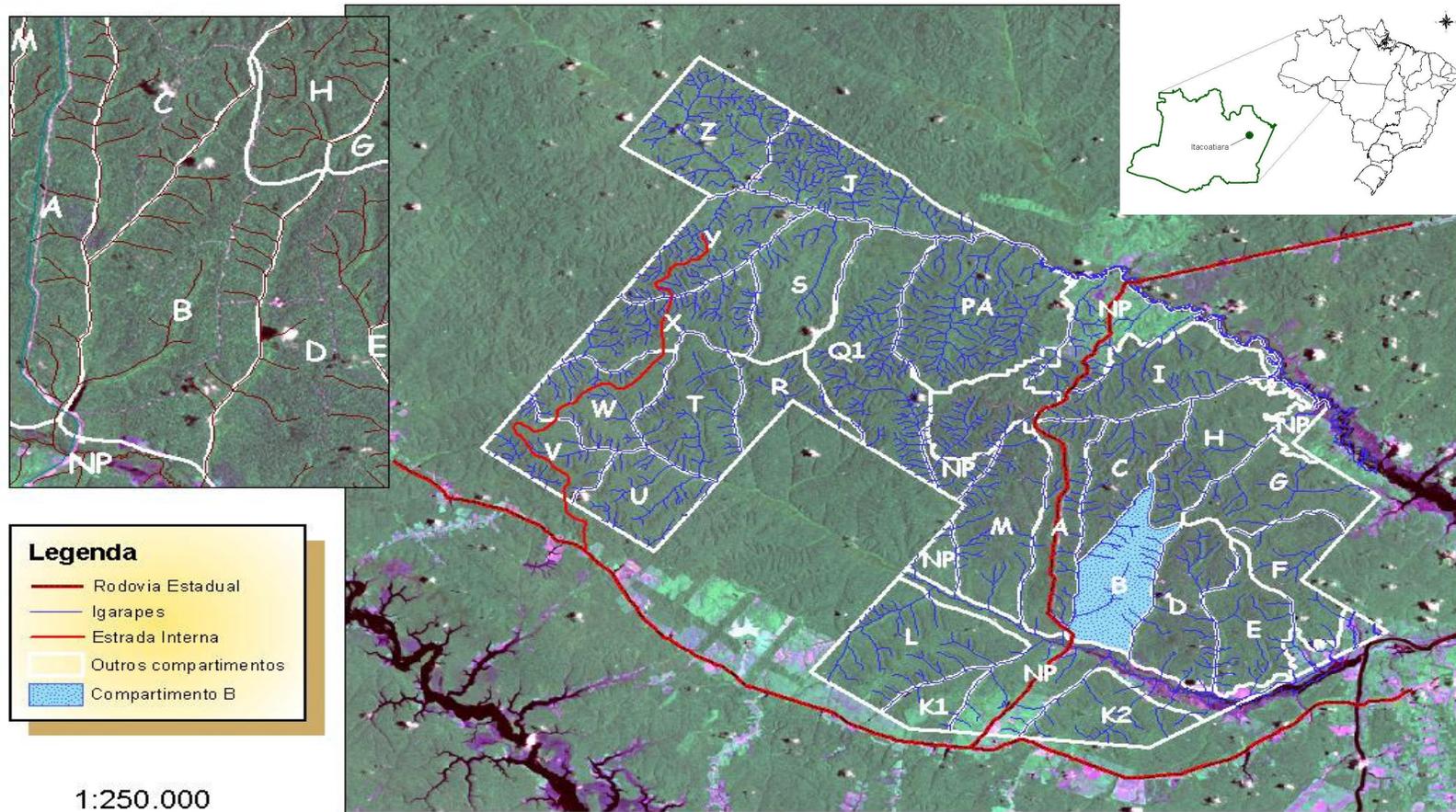


FIGURA 1 – Localização da área de estudo, com detalhe para o compartimento b

4.1.3 Solos

Os solos estão classificados no grupo dos Latossolos Amarelos Distróficos, de acordo com o Mapa Geral de Solos do Brasil. Segundo dados do projeto RADAMBRASIL (1978), a área está inserida na microrregião Médio Amazonas, com baixa fertilidade natural, alta toxidez de alumínio, e solos de textura argilosa.

As formas de relevo observadas na região permitem concluir que os solos foram consideravelmente desgastados de sua configuração original.

Os solos dos platôs apresentam um alto conteúdo de argila. Os solos nas encostas são também argilosos, porém apresentam uma camada superficial arenosa. Ao longo dos maiores cursos de água ocorrem extensas áreas de depósitos de areia de quartzo branco, profundas e puras, como por exemplo do Rio Caru (Itacoatiara-AM).

Estes solos argilosos têm uma razoável drenagem interna quando sob floresta primária, porém são bastante vulneráveis à compactação quando molhados. A sua estrutura interna não é muito forte, observando-se a ocorrência de fendas e presença de alto conteúdo de ferro, como é normal nos latossolos. O conteúdo de nutrientes e a capacidade de absorção são muito baixos. A saturação de bases é abaixo de 10%, e o pH é de baixo valor, entre 3,7 e 4,7. A saturação de alumínio está acima de 90%. A capacidade de troca catiônica é da ordem de 1,5 a 2,5 meq. O fosfato está presente em quantidades abaixo de 4 ppm.

4.1.4 Hidrografia

Os rios Anebá e Caru fazem a drenagem da região, em um sistema de fluxo no plano paralelo rumo Sudeste, desaguando no rio Urubu, que por sua vez deságua no rio Amazonas. O rio Anebá, no limite norte da área, alcança uma largura de até 10 m, sendo navegável para pequenas embarcações. Sua área de drenagem é de aproximadamente 1.500 km². O rio Caru, um pouco menor, é internamente maior

dentro da área de manejo, drenando cerca de 800 km².

Pequenos cursos de água bem como rios maiores podem aumentar consideravelmente de volume durante os períodos de chuvas, alagando muitas áreas de vegetação, que são conhecidas como floresta de Igapó.

4.1.5 Topografia

O relevo é um planalto dissecado, com platôs levemente inclinados, freqüentemente com encostas bastante íngremes limitando estas florestas. Estas encostas podem ter de 5 a 20 m de profundidade, com declives de 10 ° a 40 °. O ponto mais alto no mapa topográfico da propriedade é encontrado a cerca de 128 m, e o mais baixo a 40 m, com distância entre estes pontos de cerca de 40 km.

A formação vegetal típica da região é a Floresta Tropical Densa, da Sub-região de Baixos Platôs Dissecados. Os platôs são bem drenados e abrigam uma floresta significativamente mais densa do que nos declives e nos Igapós (vegetação inundada ao longo dos cursos de água). Estima-se que a vegetação de Igapó e Campinarana cubram cerca de 30 % do total da área florestal da empresa.

4.1.6 Vegetação

Segundo RADAMBRASIL (1978), a floresta da área de estudo está classificada como Floresta Tropical Fechada de Terras Baixas da sub região de baixos platôs da Bacia Amazônica. Esta floresta caracteriza-se em função de um clima quente com elevadas precipitações. A floresta cresce sobre os platôs de origem Terciária e sobre terraços de rios recentes ou mais velhos. Na cobertura vegetal podem-se observar vários estratos, formados de plantas herbáceas ou lenhosas, subarbustos, arbustos e finalmente de indivíduos arbóreos. Tais florestas são conhecidas como uma categoria de árvores emergentes, com as espécies alcançando o topo das árvores dominantes.

As espécies emergentes características destas florestas são a *Dinizia excelsa* (Angelim pedra) e *Manilkara cavalcantei* (Massaranduba). Estas árvores alcançam grandes diâmetros, de entre 1,5 e 2,0 metros, e altura acima de 60 metros. Na parte superior do dossel, espécies tais como *Manilkara* spp., *Protium* spp. e *Pouteria* spp. são dominantes.

A área de estudo está em floresta de terra firme. Conforme PIRES-O'BRIEN e O'BRIEN (1995), as florestas de terra firme caracterizam-se por ocorrer em áreas não sujeitas a inundações. O tipo predominante apresenta árvores altas (de mais de 25 m de altura), copa fechada, muitas lianas, sub-bosque aberto e elevada biomassa. As variações devem-se à ocorrência de fatores limitantes, como a luz e o solo desfavorável devido ao lençol freático fundo ou à existência de período seco prolongado.

4.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados utilizados são provenientes das parcelas permanentes instaladas no Compartimento B da área potencial de produção florestal da Empresa Mil Madeireira Itacoatiara Ltda. O monitoramento foi efetuado através de inventário florestal contínuo, com instalação e mensurações florestais nas parcelas permanentes. A coleta de variáveis ocorreu em três ocasiões: a primeira medição ocorreu antes da exploração no segundo semestre de 1996, a segunda logo após a exploração e a terceira ocorreu três anos após a exploração, em setembro de 2001.

As medições nestas parcelas foram feitas por funcionários da própria empresa e os dados foram digitados por estagiários da EMBRABA-CPATU, sob supervisão de pesquisadores.

Os dados da 1^a e 2^a medição já haviam sido estudados por ROSSI et al. (2001), em alguns aspectos, como os efeitos da exploração na dinâmica da floresta e danos às árvores.

4.3 LOCALIZAÇÃO E INSTALAÇÃO DAS PARCELAS

A Empresa Mil Madeireira Ltda., no cumprimento do Art. 7º da Portaria No. 48/95 de 10/04/1995 do IBAMA, que estabelece a implantação de uma parcela permanente de um hectare para cada 200 ha manejados, instalou 14 parcelas no Compartimento B (FIGURA 2), área anual de exploração de 2.640 ha, as quais são objeto de estudo deste trabalho.

A empresa adotou a Metodologia de Inventário Contínuo, para o monitoramento florestal, criada pela EMBRAPA-CPATU e descrita com detalhes por SILVA e LOPES (1984).

A Metodologia de Inventário Contínuo consiste na implantação de parcelas permanentes de 1 hectare (100 x 100 m) nos compartimentos anuais de exploração (FIGURA 3). As parcelas permanentes, foram subdivididas em 100 sub-unidades de 10 x 10 m, com utilização de piquetes pintados com tinta amarela (FIGURA 4). O formato das parcelas permanentes é quadrado, recomendado para florestas tropicais. Em cada sub-unidade todas as árvores com DAP acima de 15 cm foram medidas e identificadas botanicamente.



FIGURA 3 – Piquete de marcação das sub-parcelas (10 x 10 m)

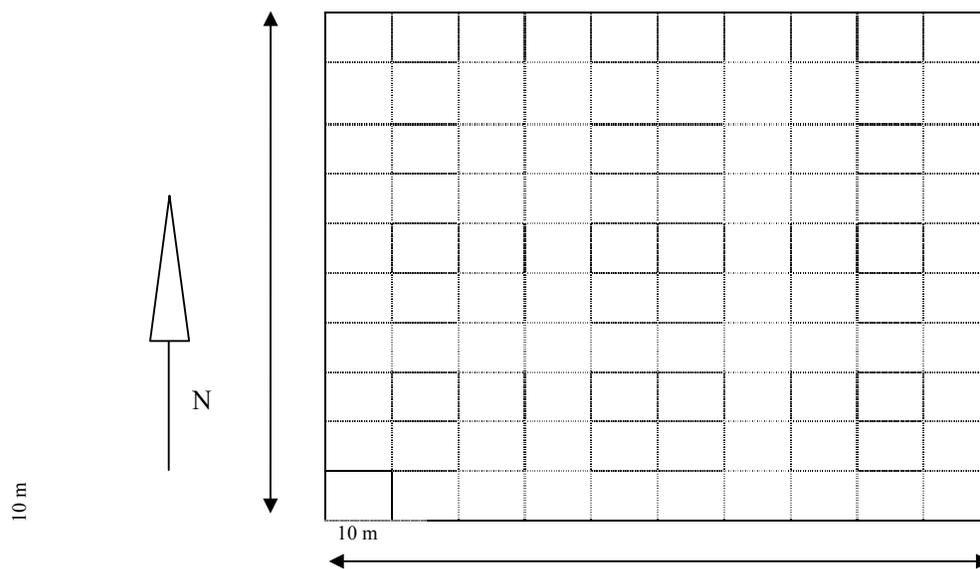


FIGURA 4 – Ilustração da construção da parcela e detalhe da divisão das sub-parcelas

4.4 ENUMERAÇÃO E MARCAÇÃO DAS ÁRVORES

Todas as árvores vivas com diâmetro à altura do peito - DAP \geq 15 cm, receberam uma plaqueta de alumínio com numeração composta de 6 dígitos. Os dois primeiros números identificam a parcela, os dois a seguir destes a sub-parcela e os dois últimos a árvore, conforme FIGURA 5. Cada numeração é única em cada parcela. Quando uma árvore morre, seu número jamais é usado em outra árvore que atinja tamanho mínimo para medição. Nestas, utiliza-se um novo número, o próximo da seqüência daquela sub-parcela. Todos os dados medidos nas parcelas permanentes foram registrados em fichas de campo de modelo da EMBRAPA-CPATU.

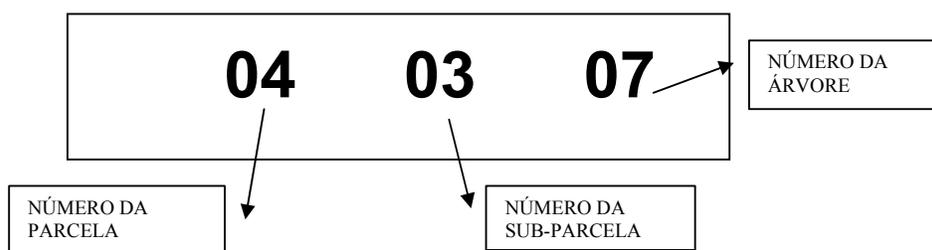


FIGURA 5 – Modelo da plaqueta utilizada para identificação das árvores na parcela

4.5 VARIÁVEIS COLETADAS

4.5.1 Variáveis coletadas antes da exploração florestal

As variáveis coletadas nas parcelas permanentes foram: espécie, DAP, Classe de identificação do tronco, posição e forma da copa segundo SYNNOTT (1979), grau de comercialização do tronco e presença de cipós. Estas variáveis estão descritas na Metodologia de Inventário Contínuo (SILVA e LOPES, 1984).

Foi considerado como tempo zero ($t = 0$) o momento em que ocorreram as medições feitas na parcela permanente antes da exploração florestal. As árvores com DAP (diâmetro a altura do peito 1,30 m) acima de 15 cm foram marcadas com tinta a óleo de cor vermelha na forma de uma tarja retangular, de modo que todas as medições

subseqüentes fossem feitas na mesma posição (FIGURA 6).



FIGURA 6 – Ponto de medição do diâmetro (DAP), marcado com tinta vermelha e placa de identificação da árvore na parcela.

Quando as árvores apresentavam irregularidade como sapopemas, nós, calosidades e podridão, a medição foi feita mais acima, na porção livre de defeitos do fuste, conforme procedimentos dendrométricos tradicionais.

4.5.2 Variáveis coletadas após a exploração florestal

Logo após a exploração, foram coletados as mesmas variáveis da primeira medição, além de informações sobre danos causados pela exploração nas árvores e determinação das causas da mortalidade.

A Metodologia de Inventário Contínuo (EMBRAPA-CPATU), apresenta diferentes códigos para os diversos estados em que as árvores podem ser encontradas na floresta, chamado de CIF – classe de identificação do fuste, que incluem mortalidade, danos em diferentes graus de severidade e presença de parasitas.

Neste trabalho os códigos de mortalidade que apareceram nos dados foram: 131 – árvore morta por causas naturais; 132 – árvore morta devido à exploração e 134 – árvore morta, toco cortado pela exploração.

4.6 IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA

As árvores foram primeiramente identificadas pelo nome vulgar, por um mateiro. O material botânico foi enumerado e preparado na forma de exsicata. A maioria das árvores foi identificada até o nível de espécie. Quando isto não foi possível, sua identificação ficou em nível de gênero e/ou família, sendo consideradas como espécies diferentes, para fins de quantificação. As espécies que não foram identificadas, em nenhum taxon, receberam o código NI (não identificada).

4.7 DESCRIÇÃO DOS GRUPOS DE QUALIDADE DE MADEIRA

A Metodologia de Inventário Contínuo (EMBRAPA-CPATU) apresenta códigos que definem diferentes grupos de espécies, quanto à utilidade da madeira ou possibilidades de futura comercialização. Os grupos de qualidade de madeira são: 1 – espécies comerciais tolerantes; 2 – espécies comerciais pioneiras; 3 – espécies potencialmente comerciais tolerantes; 4 – espécies potencialmente comerciais pioneiras; 5 – espécies não comerciais tolerantes; 6 – espécies não comerciais tolerantes de sub-bosque; 7 – espécies não comerciais pioneiras e 8 – espécies indefinidas.

O código de qualidade de madeira foi adotado para analisar as espécies florestais em seus grupos ecológicos e de importância econômica. Para facilitar a análise dos resultados, foram separados os grupos representados por espécies tolerantes, pioneiras, e por espécies de comportamento ecológico indefinidos (Grupo 8) (FIGURA 7).

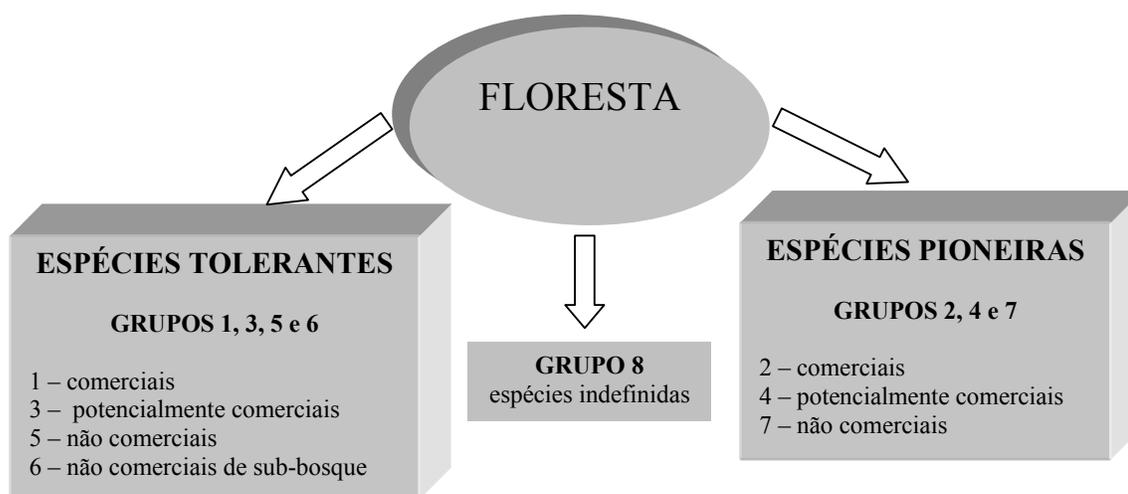


FIGURA 7 – Esquema de separação dos grupos de qualidade de madeira para análise

4.8 PROCESSAMENTO DOS DADOS

O processamento dos dados foi feito através dos aplicativos Microsoft EXCEL e MAT LAB. A partir de arquivo DBASE, os dados oriundos das parcelas permanentes foram ordenados e classificados com o auxílio de planilha eletrônica.

A escolha da amplitude de classe diamétrica dependeu da aparência da matriz de transição resultante e dos resultados das simulações realizadas. Então, foi estabelecida a distribuição diamétrica de amplitude constante, com sete classes diamétricas, com intervalos de 10 cm para cada classe, para as árvores com DAP maior igual a 15 cm.

A circunferência à altura do peito - CAP foi utilizada como base para o cálculo de obtenção do DAP e da área transversal. A área basal por espécie, dentro de cada classe diamétrica, foi obtida através do somatório das áreas transversais de cada indivíduo.

Para obter a altura comercial e volume estimado com casca de cada espécie madeireira foram aplicados, respectivamente, os modelos ajustados por HIGUCHI et al. (1985):

$$\log h = 1,2419 - \frac{0,0365}{d/100} \quad (1)$$

$$v = 3,2917076 \times \left(\frac{d}{100} \right)^{2,155715791} \times h^{0,42020427} \quad (2)$$

onde:

h = altura comercial

d = diâmetro à altura do peito.

v = volume comercial com casca;

Foi feita a distribuição do número de indivíduos por classe diamétrica, por espécie, por grupo de qualidade de madeira, com seus respectivos valores de área basal e volume.

4.9 MATRIZ DE TRANSIÇÃO

Foram utilizados os dados obtidos na segunda e na terceira medição (entre os anos de 1998 a 2001) para a simulação, visto que a primeira medição não apresentava consistência confiável para sua utilização.

A determinação da mortalidade foi dada pela contagem do número de árvores que saíram do sistema entre os dois inventários subseqüentes, e que representa a mortalidade periódica, em termos de valores discretos e absolutos. O recrutamento ou ingresso foi quantificado por ocasião das remedições, visto que representa o número de árvores que surgem na tabela dos dados entre os dois inventários subseqüentes.

Foi utilizado o método de matriz de transição que é um método de simulação que considera as freqüências diamétricas no ano de início da simulação (N_t) na forma de vetor, que multiplicado por uma matriz de probabilidades de transição entre classes diamétricas (J_p) permite obter as freqüências diamétricas do ano final (N_{t+1}). O

onde:

pf_i = probabilidade das árvores da classe i ficarem na classe i durante ($t \rightarrow t+1$);

pa_i = probabilidade das árvores da classe i avançarem para a classe $i+1$ ($t \rightarrow t+1$);

pb_i = probabilidade das árvores da classe i avançarem para a classe $i+2$ ($t \rightarrow t+1$);

pc_i = probabilidade das árvores da classe i avançarem para a classe $i+3$ ($t \rightarrow t+1$);

pm_i = probabilidade das árvores da classe i morrerem durante o período ($t \rightarrow t+1$);

i = número da classe diamétrica, variando de 1 até n (última classe).

Foram obtidas matrizes para cada grupo de qualidade de madeira com mesma amplitude de classes diamétricas. Foi determinado, para cada classe diamétrica, o número de árvores que permaneceram, morreram ou passaram para a(s) classe(s) seguinte(s), durante o período considerado. Com estes valores, foram calculadas as probabilidades de permanência na classe, transição entre classes e mortalidade das árvores de cada grupo de espécies e classe diamétrica, necessárias para a construção das matrizes de transição. A mortalidade foi incluída na matriz de transição nas últimas linha e coluna.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

A FIGURA 8 apresenta a distribuição das árvores da área estudada, dentro dos intervalos de classes por hectare, nas três ocasiões de medição. Observa-se que entre os anos de 1996 e 1998, período em que ocorreu a exploração florestal no compartimento B, houve uma redução do número de indivíduos por hectare em toda a amplitude de classe diamétrica. Porém, entre os anos de 1998 e 2001, período de três anos após a exploração florestal, observa-se um sutil aumento no número de indivíduos por hectare nas primeiras classes diamétricas.

Observa-se que, nas três ocasiões de medição, o maior número de indivíduos está concentrado nas primeiras classes e o menor número nas últimas classes, seguindo o padrão comum em florestas tropicais, que é a distribuição exponencial com forma de “J invertido”.

HOSOKAWA et al. (1998), OLIVEIRA et al. (1998), ITTO et al. (1999) e MENDONÇA et al. (2000) encontraram resultados semelhantes, que seguem o padrão de distribuição diamétrica em florestas tropicais da Amazônica brasileira. Podem-se citar alguns estudos de distribuições diamétricas que seguiram o padrão de uma curva na forma de “J-invertido”, como AZEVEDO et al (1994) em estudo de predição de distribuição diamétrica em floresta sem interferência na Reserva Florestal de Linhares-ES e FERREIRA et al. (1998) em floresta secundária de transição submetida a quatro níveis de redução de área basal em Minas Gerais.

LONGHI (1980) afirmou que este tipo de distribuição diamétrica garante que o processo dinâmico da floresta se perpetue, pois a súbita ausência de indivíduos dominantes (maiores dimensões), geralmente ocasionada por morte natural, dará lugar para o desenvolvimento das árvores chamadas de “reposição”.

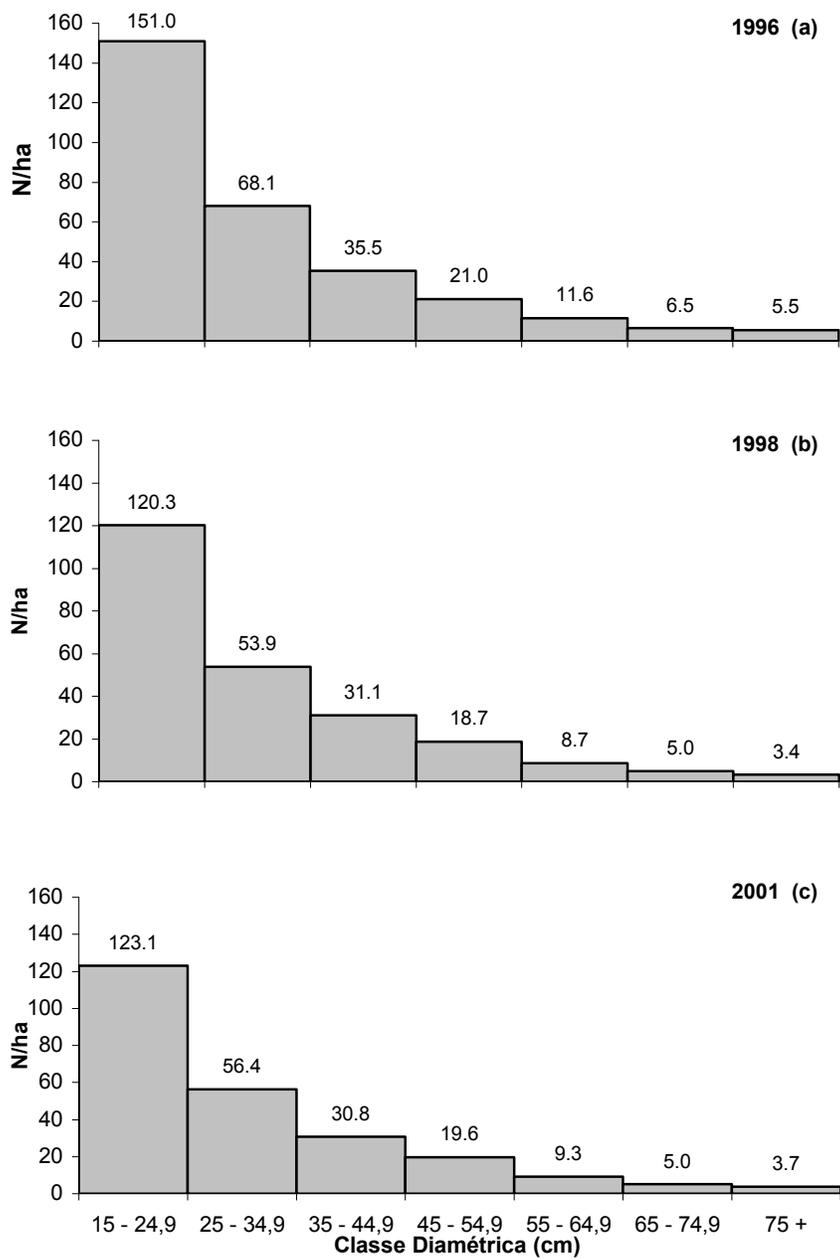


FIGURA 8 – Distribuição diamétrica da floresta em 1996(a), 1998(b) e 2001(c)

LAMPRECHT (1962) afirmou que uma distribuição diamétrica regular (maior número de indivíduos nas classes inferiores) é a maior garantia para a existência e sobrevivência das espécies e, ao contrário, quando ocorre uma estrutura diamétrica irregular, as espécies tenderão a desaparecer com o tempo.

Na primeira medição das parcelas permanentes, antes da exploração florestal (1996), o número de indivíduos nas três primeiras classes diamétricas ($DAP < 45$ cm) representou 85,1 % (254,6 árvores/ha) do total e as demais classes somaram apenas 14,9% (44,6 árvores/ha). Na segunda medição das parcelas, logo após a exploração florestal (1998), o número de indivíduos nas três primeiras classes diamétricas ($DAP < 45$ cm) representou 85,2 % (205,3 árvores/ha) do total e as demais classes somaram apenas 14,8% (35,8 árvores/ha). Já em 2001, na terceira medição, foi observado que 84,8% (210,2 árvores/ha) das árvores possuíam $DAP < 45$ cm e o restante 15,2% (37,6 árvores/ha) com $DAP \geq 45$ cm. A semelhança das porcentagens de número de indivíduos por classe diamétrica nas diferentes ocasiões de medição corresponde ao ingresso de novas árvores e a mortalidade ocorrida entre as medições.

MENDONÇA et al. (2000), em estudo de uma parcela permanente de um hectare em área de exploração florestal (talhão 97 da GETHAL S.A, Itacoatiara-AM), observaram que antes da exploração o número de indivíduos na primeira classe diamétrica (15-24,9 cm) atingiu 56,88 % do total, na segunda classe (25-34,9 cm) 20,65 %, na terceira classe (35-44,9 cm) 10,14 %, isto é, indivíduos com $DAP < 45$ cm totalizam 87,67 %. A soma das classes com $DAP \geq 45$ cm atingiu somente 12,32 %. Na parcela estudada por OLIVEIRA et al. (1998), 94,9 % das árvores possuíam $DAP < 45$ cm e apenas 5,1% $DAP \geq 45$ cm.

A FIGURA 9 apresenta a distribuição diamétrica por hectare dos grupos de qualidade de madeira. Pode-se observar que a maioria dos grupos segue a distribuição diamétrica em “J-invertido”, exceto os grupos 2 e 4 representados pelas espécies pioneiras.

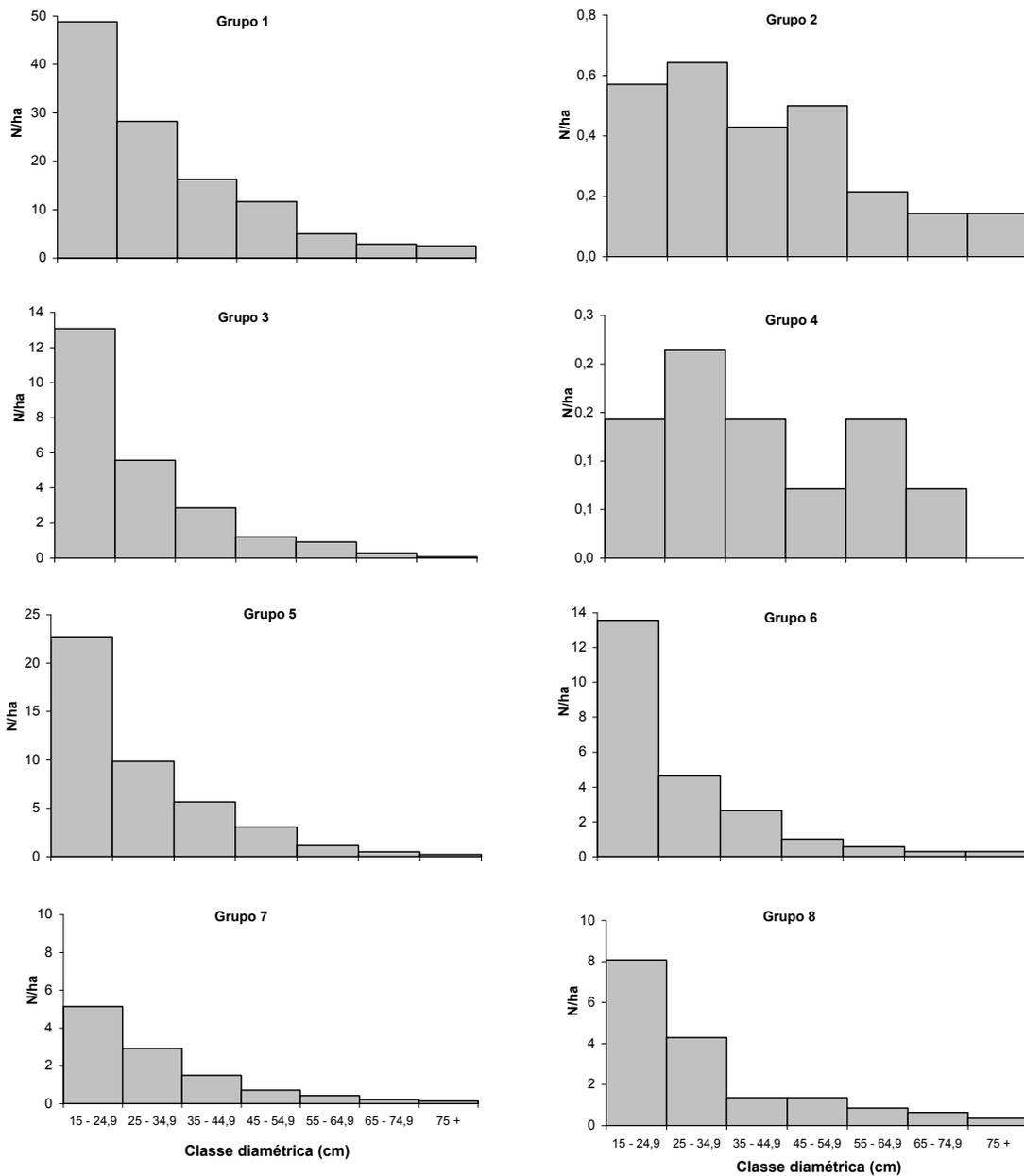


FIGURA 9. Distribuição diamétrica para os grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8

5.2 ÁREA BASAL E VOLUME

A área basal total antes da exploração (1996) foi de 27,12 m² ha, após a exploração (1998) foi de 22,23 m² ha e três anos após a segunda medição (2001) foi de 20,78 m² ha. A área basal antes da exploração, das árvores com DAP < 45 cm somou 49,5 % do total e árvores com DAP ≥ 45 cm, 50,5 % (FIGURA 10).

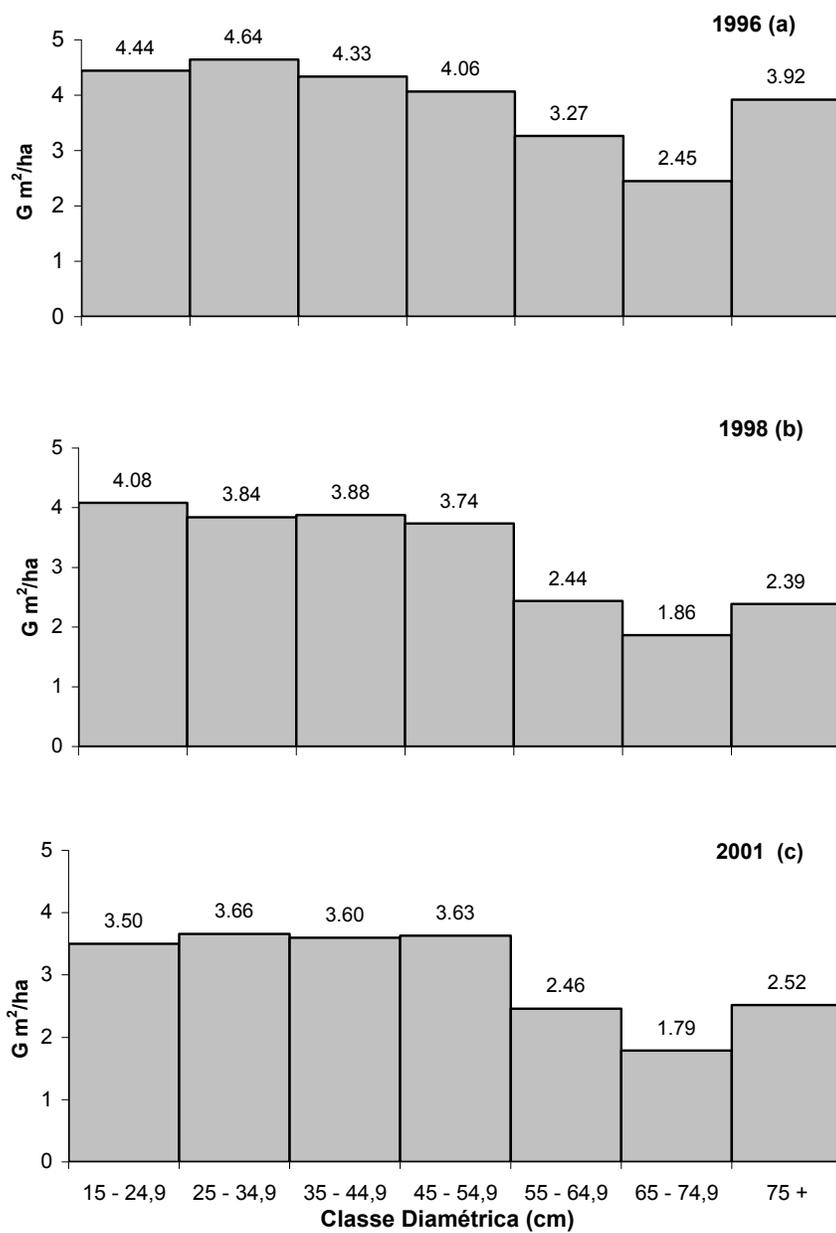
MENDONÇA et al. (2000) encontraram um valor de área basal antes da exploração florestal de 21,93 m² ha. A área basal das árvores com DAP < 45 cm representou 54,13 % do total e para as árvores com DAP ≥ 45 cm, 45,87 %. Após a exploração, a área basal foi de 17,22 m² ha. As árvores abatidas representavam 13,13 % de área basal.

Segundo SILVA et al. (1999b) a Floresta do Tapajós é uma típica floresta de terra firme, com área basal que varia de 30-35 m² ha.

A FIGURA 11 apresenta o volume por hectare por classe diamétrica observado nas três medições (1996, 1998 e 2001).

A faixa volumétrica que caracteriza a exploração florestal na região Amazônica é de 16 a 40 m³/ha, segundo MARTINS et al. (1997). Em áreas de florestas manejadas em Paragominas-PA, a produção média encontrada por VERISSÍMO et al.², citado por MARTINS et al. (1997), foi de 38 m³/ha.

² VERISSÍMO, A., BARRETO, P., AMARAL, P., JOHNS, J. (1992) *Logging impacts and respects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: The case of Paragominas*, In: **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, 55:169-199.



| FIGURA 10 – Área basal total da floresta por classe diamétrica em 1996 (a), 1998 (b) e 2001 (c)

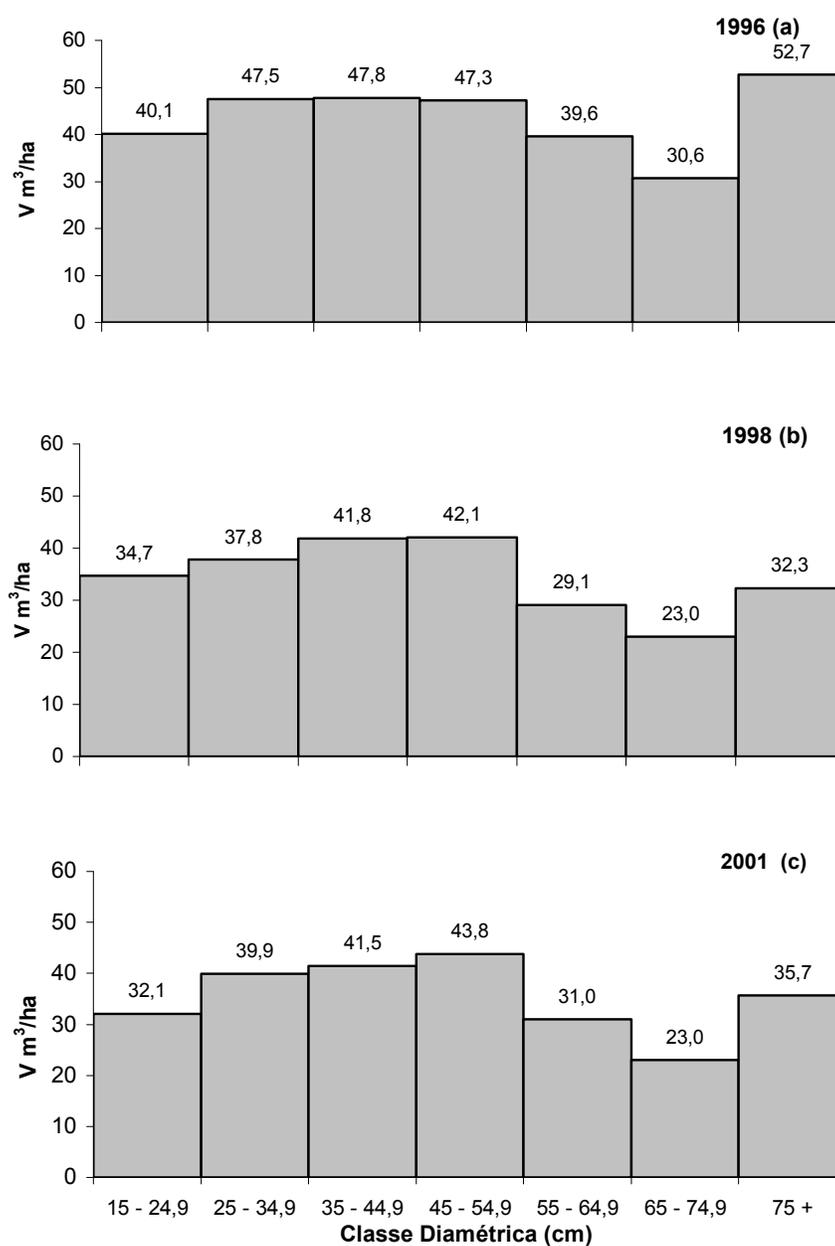


FIGURA 11 – Volume total da floresta por classe diamétrica em 1996 (a), 1998 (b) e 2001 (c)

As FIGURAS 12 e 13 apresentam, respectivamente, área basal e volume por hectare por classe diamétrica, para os Grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

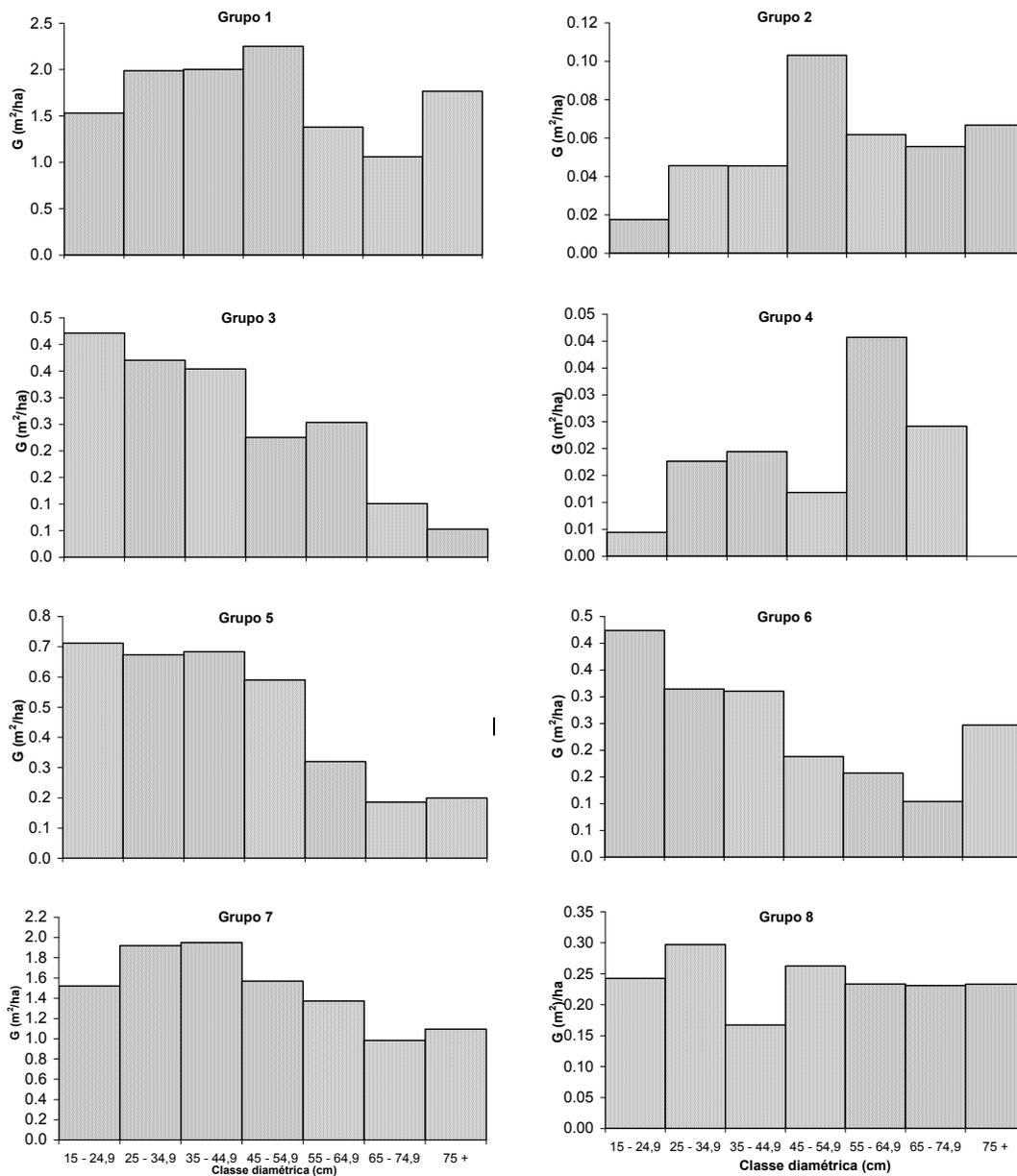


FIGURA 12. Área basal por classe diamétrica para os grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8

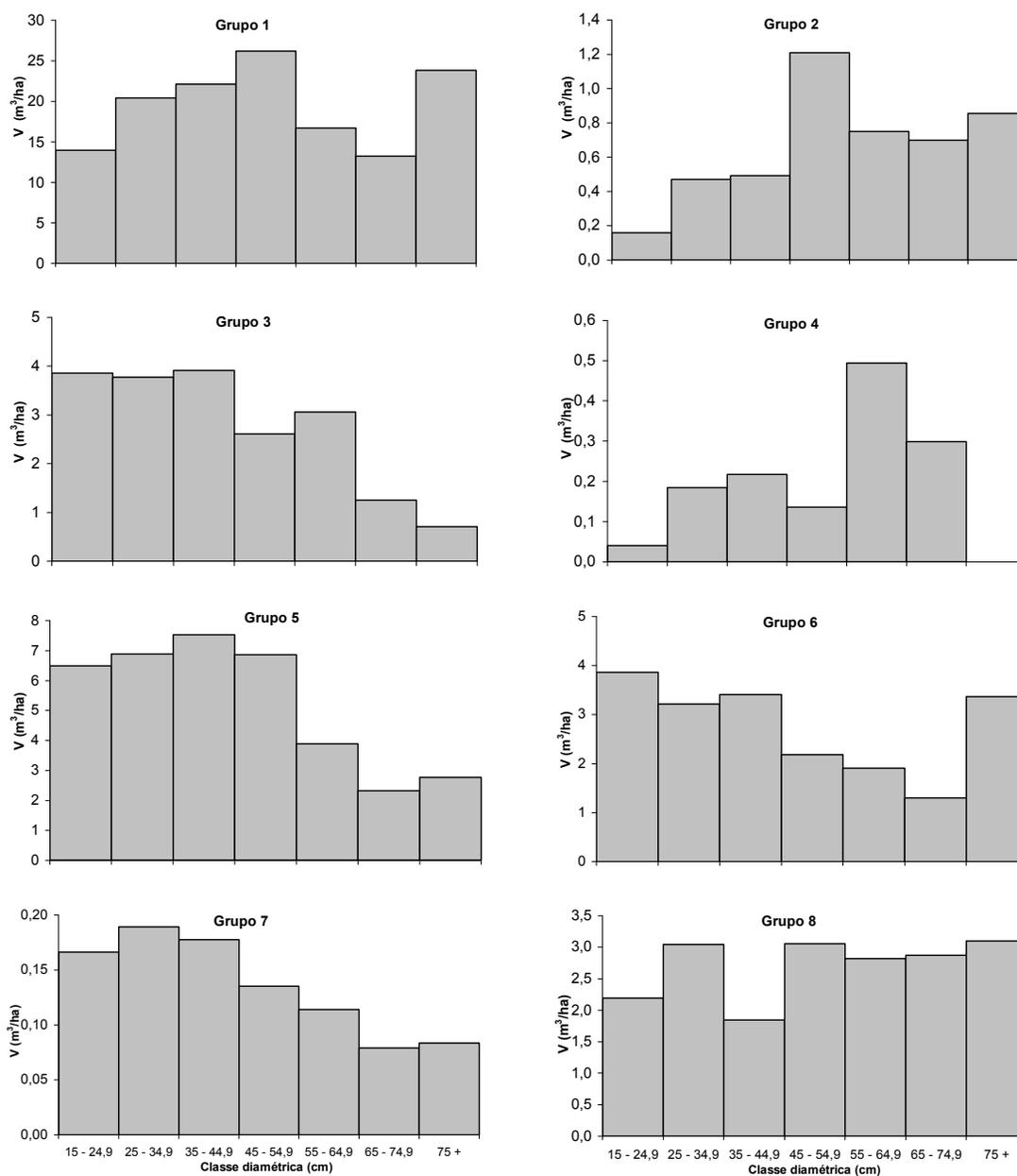


FIGURA 13 - Volume por classe diamétrica para os grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8

O grupo das espécies comerciais tolerantes (Grupo 1) representa 54,5 % (11,98 m²/ha) da área basal e 55,3 % (136,45 m³/ha) do volume total. Neste grupo, as árvores com DAP ≥ 45 cm representam 54,0 % (6,5 m²/ha) da área basal total. O grupo das espécies comerciais pioneiras (Grupo 2) representa respectivamente, 1,8 e

1,9 % da área basal e do volume total. Os Grupos 3 e 4, que indicam o grupo de espécies potencialmente comerciais, representam 8,6 % e 8,3 % da área basal e do volume total, respectivamente.

No Grupo 3, as árvores com $DAP \leq 45,0$ cm, representam 64,9 % da área basal total. Os Grupos 5, 6 e 7, que indicam o grupo de espécies não comerciais, representam 27,5 % e 26,9 % da área basal e do volume total respectivamente. As espécies indefinidas (Grupo 8) representam, respectivamente, 7,6 % e 7,7 % da área basal e do volume total

5.3 RECRUTAMENTO OU INGRESSO

O recrutamento observado na segunda medição, em 1998, foi de 1,1 % do total das árvores, isto é, 40 árvores (2,86 árvores por hectare), o que corresponde a $0,06 \text{ m}^2$ ha de área basal e $0,52 \text{ m}^3$ ha de volume de madeira. Na terceira medição, três anos após a exploração florestal (2001), o recrutamento apresentou-se mais expressivo, com taxa de 4,5 %, isto é, 155 árvores (11,07 árvores por hectare) o que corresponde a $0,23 \text{ m}^2$ ha de área basal e $2,00 \text{ m}^3$ ha de volume de madeira.

O aumento substancial do recrutamento, entre as medições, foi favorecido pelo crescimento em diâmetro das árvores que ingressaram para a primeira classe depois de atingir o DAP mínimo de 15 cm. Percebeu-se que as condições de luminosidade, resultante da abertura do dossel depois da exploração florestal, estimularam o crescimento em diâmetro das árvores.

SILVA et al. (1999a) verificaram em Experimento na Floresta Nacional do Tapajós, que esta apresentou um balanço positivo para todo o período estudado (11 anos de observações, 13 após a colheita), isto é, os ingressos (3,1 %, para todas as espécies com $DAP \geq 5$ cm) foram maiores que a mortalidade (2,2 %). No Experimento 2 a mesma tendência foi verificada, isto é, uma taxa de ingressos maior (5,9 % contra 4,7 %) no primeiro período de observações, com a mortalidade ligeiramente superior no segundo (2,4% contra 2,3 %) e um balanço positivo (3,2 % contra 2,8 %) quando

todo o período de observações foi considerado.

Em estudos feitos por VIDAL et al. (1998), no tratamento testemunha, o recrutamento foi de 2,4 %. O tratamento exploração predatória apresentou taxa de 2,4 % de recrutamento para os 3 anos após a exploração. No tratamento exploração planejada, o recrutamento foi superior a mortalidade, 2,8 % e 2,4 % respectivamente para os 3 anos.

HIGUCHI (1987) verificou que os índices médios de recrutamento durante um período de 5 anos de observação foram iguais a 3,72%.

Na área estudada por PEREIRA et al. (2000), entre os anos 1986 e 1989 e 1991 e 1993, as taxas de recrutamento foram superiores às taxas de mortalidade. Entre 1989 e 1991, e entre 1993 e 1996, a mortalidade foi maior do que o recrutamento, com uma provável diminuição em volume. Para todo período observado (1986 a 1996) a taxa média de recrutamento foi maior que a de mortalidade (1,16% 1,3% respectivamente). Nos três primeiros anos após a exploração, a dinâmica da floresta, em termos de recrutamento e mortalidade, é praticamente a mesma nos três tratamentos silviculturais; depois disso, as intensidades de corte começam a mostrar suas diferenças.

Alguns autores, como UHL (1982), afirmam que o recrutamento nas áreas de clareira seria maior do que a mortalidade, enquanto que na fase de construção o recrutamento e a mortalidade tenderiam ao equilíbrio por um curto tempo, sendo que em seguida a mortalidade excederia o recrutamento, e na fase madura a mortalidade e o recrutamento ficariam em equilíbrio.

5.4 MORTALIDADE

A mortalidade das árvores neste estudo apresenta-se com os códigos 131 (mortalidade por causas naturais), 132 (mortalidade devido a exploração florestal) e 134 (árvores exploradas), correspondentes à classe de identificação do tronco, segundo metodologia do Inventário Contínuo (EMBRAPA-CPATU).

Durante as operações de exploração florestal foram retiradas 7,43 árvores por hectare (código 134), equivalendo um total de área basal de 2,62 m² ha e volume de madeira de 33,16 m³ ha. A mortalidade por causas naturais ocorrida entre os anos de 1996 e 1998 foi de 0,85 árvores por hectare, e a mortalidade devido à exploração atingiu 33,9 árvores por hectare no mesmo período.

A FIGURA 14 apresenta a distribuição diamétrica, da área basal e do volume por hectare e por classe de diâmetro, da mortalidade por causas naturais para todo período (entre os anos de 1996 e 2001). A mortalidade por causas naturais referente ao período 1998 a 2001 atingiu 3,41 árvores por hectare, promovendo uma redução de 0,38 m² ha de área basal e volume de madeira de 4,76 m³ ha. Analisando esta mortalidade, em todo o período (entre os anos de 1996 e 2001) obtêm-se uma taxa de 0,28 % ao ano. A taxa de mortalidade por causas naturais nesta área foi menor quando comparada com taxas de outras áreas estudadas em florestas tropicais.

Pode-se citar o trabalho de SILVA et al. (1999a), em um experimento silvicultural na Floresta Nacional do Tapajós, em que concluíram que a mortalidade aumentou entre o primeiro e segundo período de observação (1,8 % ao ano), porém nos 11 anos de observações (13 após a colheita) a taxa de mortalidade foi de 2,2 % ao ano.

Segundo SILVA et al. (1999b), nos experimentos 1 e 2 onde houve exploração, situados na área da Floresta Nacional do Tapajós, as taxas foram de 1,7% e 2,4% ao ano, respectivamente, para as áreas 011 e 012.

Em estudos feitos por VIDAL et al. (1998), no tratamento exploração planejada, foram encontrados percentuais de 2,4 % de mortalidade para os 3 anos. No tratamento testemunha a mortalidade foi de 3,6 %, e na exploração predatória a mortalidade apresentou dados semelhante aos do tratamento testemunha, com uma taxa de 3,3 % de mortalidade para os 3 anos após a exploração.

PEREIRA et al. (2000) em trabalho executado na Estação ZF-2, a 90 quilômetros de Manaus, as taxas anuais de mortalidade dos tratamentos T1 (corte e

arraste de todas as espécies listadas com DAP ≥ 55 cm, realizado em 1987), T2 (corte e arraste de todas as espécies listadas com DAP ≥ 57 cm, realizado em 1987) e T3 (corte e arraste de todas as espécies listadas com DAP ≥ 40 cm, realizado em 1988) foram, respectivamente, 1,6 %, 1,9 % e 2,2 %, representando a reação da floresta residual após os tratamentos silviculturais.

LIEBERMAN e LIEBERMAN (1987) analisando florestas primárias na Costa Rica, relataram taxas de mortalidade de 1,9% ao ano. MANOKARAN e KOCHUMMEN (1987) obtiveram uma mortalidade de 2,0% ao ano em florestas primárias da Malásia.

RANKIN-DE-MERONA et al. (1990) descreveram o comportamento de uma floresta na região de Manaus, sobre um período de 5 anos. A taxa de mortalidade para árvores com DAP ≥ 10 cm foi de 1,13 %, enquanto que considerando apenas as árvores com DAP acima de 25 cm esta taxa foi de 0,96 %.

Na região de influência do projeto Jari, no estado do Amapá, GOMIDE (1999) constatou uma taxa de mortalidade de 1,22% para a floresta primária, considerando todo o período monitorado (1985 a 1996).

A mortalidade devido à exploração atingiu 49,7 árvores por hectare em todo o período estudado (FIGURA 15). Na segunda medição foram observadas 33,9 árvores por hectare, com 2,13 m² ha de área basal e 20,12 m³ ha de volume de madeira. A mortalidade observada na terceira medição (2001) foi ocasionada pelos efeitos retardados do impacto da exploração, somando 15,81 árvores por hectare, com 1,41 m² ha de área basal e 18,38 m³ ha de volume de madeira. Esta mortalidade representou 91,3 % do total de árvores mortas com o diâmetro menor que 45,0 cm.

Durante as operações de exploração florestal foram retiradas 7,4 árvores por hectare (código 134), equivalendo a uma redução de área basal de 2,62 m² ha e volume de madeira de 33,16 m³ ha (FIGURA 16).

HIGUCHI (1987) no trabalho para projetar a distribuição de frequências através do uso de Cadeia de Markov, verificou que os índices médios de mortalidade

durante um período de 5 anos de observação, foram de 9,18 % em relação ao total do número inicial de árvores observado no ano de 1980.

Os resultados encontrados para mortalidade e redução de área basal estão de acordo com as hipóteses consideradas pelo modelo de simulação para dinâmica em floresta nativa desenvolvido por SANQUETTA et al. (1996a). As hipóteses são:

- Após a colheita, há ocorrência de mortalidade por dano, uma vez que a derrubada de árvores de grande porte atinge árvores nas suas periferias, e também por motivos de acesso ao interior da floresta. Tal dano ocorre de forma inversamente proporcional ao diâmetro, isto é, maiores são os danos em árvores de menor diâmetro;
- A taxa de mortalidade natural (não por danos) se manterá igual à taxa verificada antes da exploração;
- A abertura do dossel provocada pela retirada das árvores de maior diâmetro provoca uma aceleração do crescimento diamétrico das remanescentes também inversamente proporcional ao DAP;
- A taxa de aceleração de crescimento irá diminuir de forma proporcional à taxa de recuperação da área basal, chegando a zero no momento em que a floresta recuperar sua área basal original.

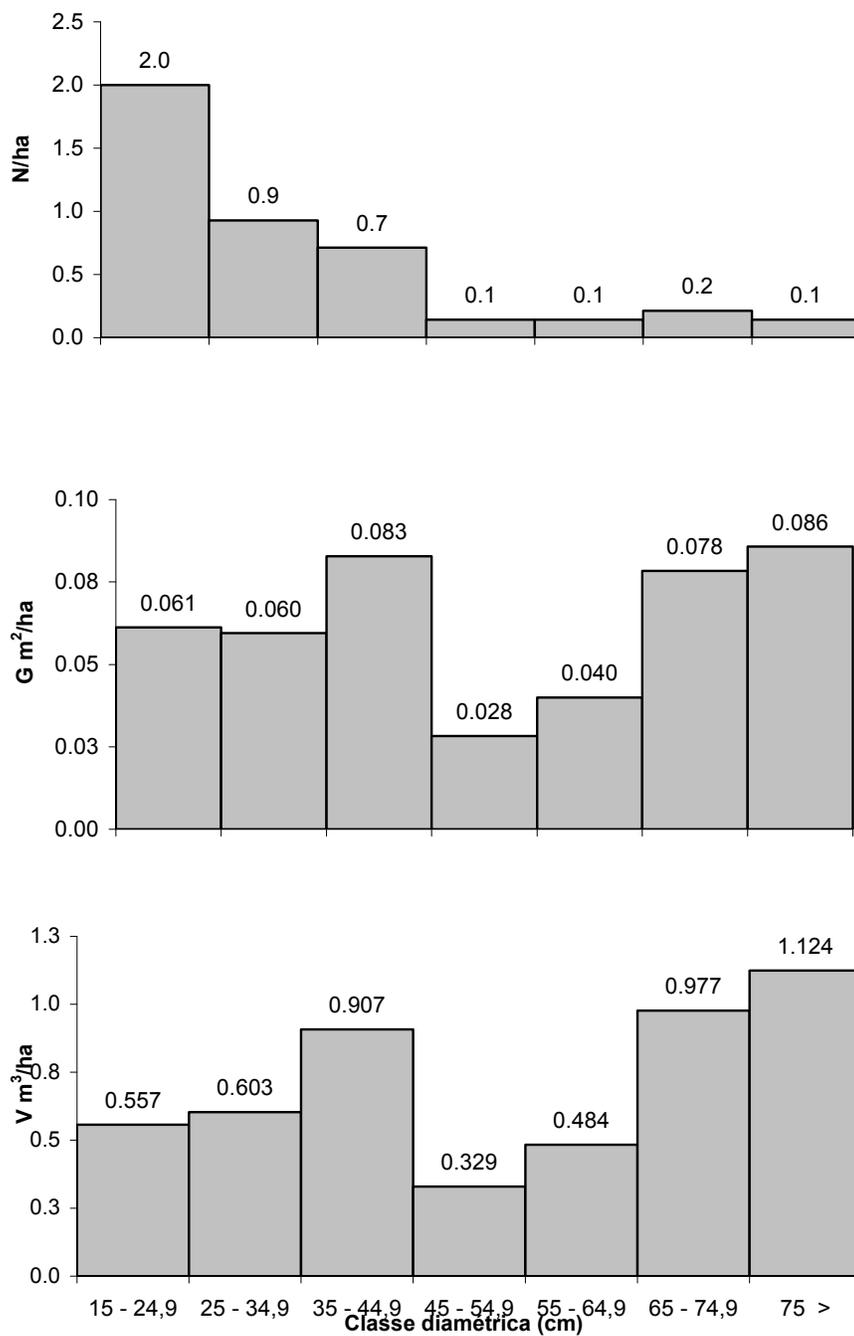


FIGURA 14– Distribuição diamétrica, da área basal e do volume, por classe de diâmetro das árvores mortas por causas naturais

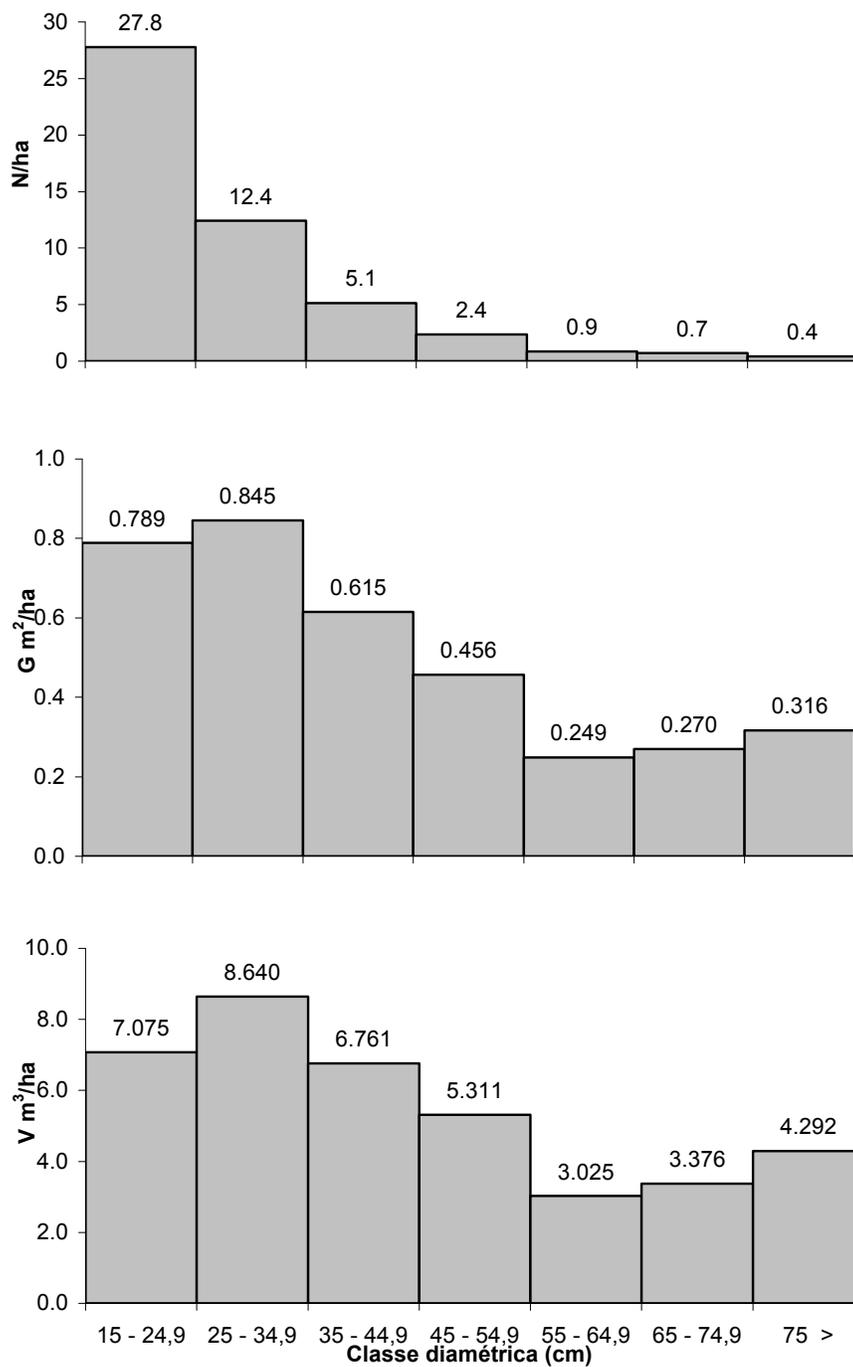


FIGURA 15 – Distribuição diamétrica, da área basal e do volume, por classe de diâmetro das árvores mortas devido à exploração florestal

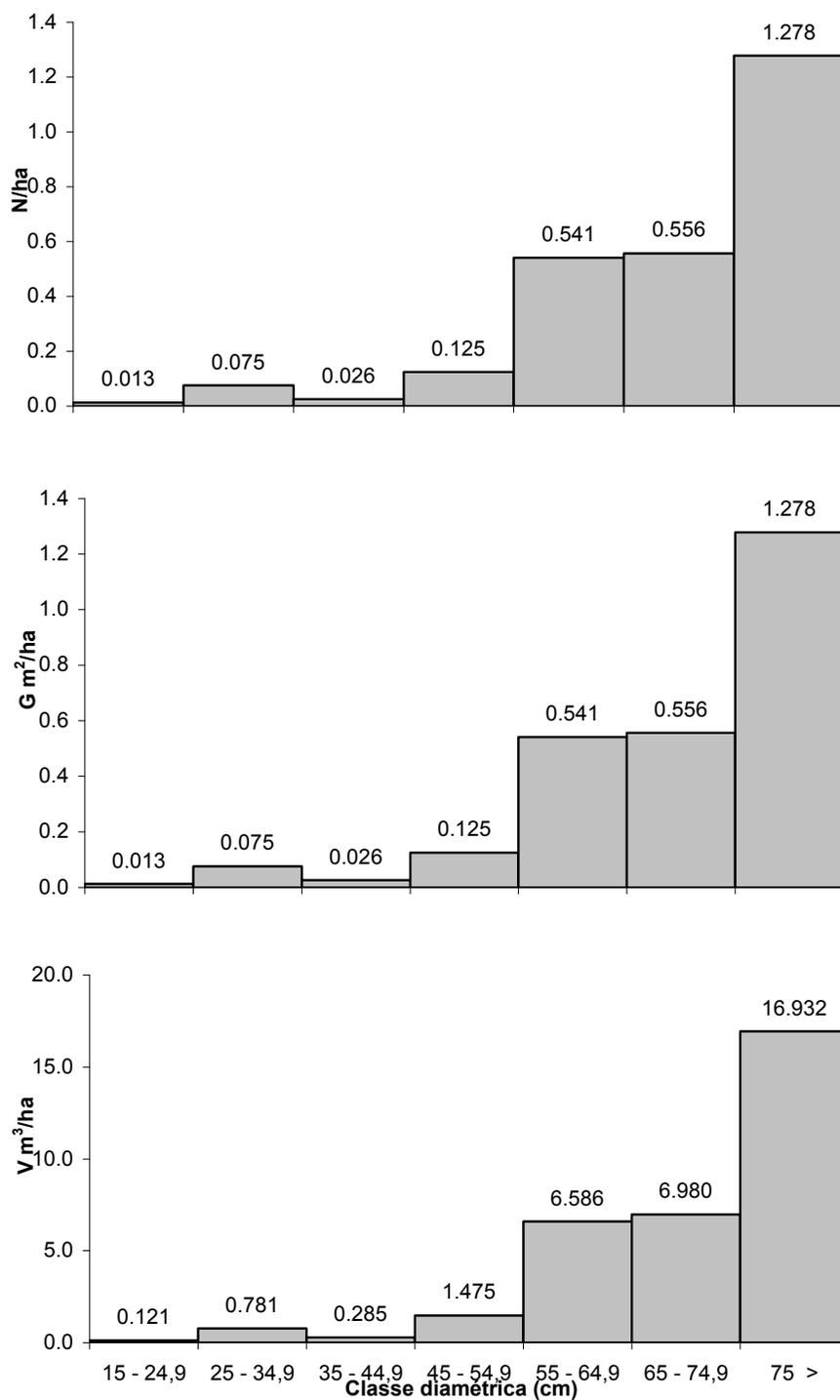


FIGURA 16 – Distribuição diamétrica, da área basal e do volume, por classe de diâmetro das árvores abatidas na exploração florestal

5.5 BALANÇO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL NAS PARCELAS

A TABELA 1 apresenta o balanço da exploração florestal nas três remedições, considerando a abundância, área basal e volume por hectare, das árvores remanescentes, cortadas, recrutadas (que atingiram DAP mínimo de 15,0 cm), e das árvores mortas por causas naturais e devido aos impactos da exploração florestal.

Foi observado que entre a primeira e a segunda medição, isto é, como consequência da exploração florestal, 485 árvores morreram, sendo 26,1 % (13 árvores) por causas naturais e 73,9 % (472 árvores) devido à exploração florestal. Na terceira medição, três anos após a exploração florestal, 269 árvores morreram, sendo 17,8 % (48 árvores) por causas naturais e 82,2 % (221 árvores) devido à exploração florestal.

A floresta mostrou um balanço negativo nos períodos observados, isto é, a mortalidade superou o recrutamento, o que gerou em termos líquidos uma perda de 16,62 % das árvores.

TABELA 1 – Balanço da exploração florestal nas três medições

EXPLORAÇÃO FLORESTAL		ANO DE MEDIÇÃO				
		1996	1998		2001	
			(+) CRÉDITO	(-) DÉBITO	(+) CRÉDITO	(-) DÉBITO
REMANESCENTES	N/ha	299,29	299,29		259,97	
	G (m ² /ha)	27,12	27,12		22,37	
	V (m ³ /ha)	305,59	305,59		252,61	
CORTADAS Árvores abatidas na exploração Florestal	N/ha			7,43		
	G (m ² /ha)			2,62		
	V (m ³ /ha)			33,16		
MORTALIDADE COD 131 – causas naturais	N/ha			0,85		3,41
	G (m ² /ha)			0,06		0,38
	V (m ³ /ha)			0,22		4,76
MORTALIDADE COD 132 – devido a exploração Florestal	N/ha			33,9		15,81
	G (m ² /ha)			2,13		1,41
	V (m ³ /ha)			20,12		18,38
INGRESSO	N/ha		2,86		11,07	
	G (m ² /ha)		0,06		0,23	
	V (m ³ /ha)		0,52		2,00	
SALDO	N/ha	299,29		259,97		251,86
	G (m ² /ha)	27,12		22,37		20,78
	V (m ³ /ha)	305,59		252,61		231,47

As árvores remanescentes representam 85,51 % do total, com área basal de 17,221 m²/ha (78,50%) e volume de 187,664 m³/ha (77,20 %).

CARVALHO et al. (1999b) observaram que na floresta não explorada as diferenças entre recrutamento e mortalidade não foram importantes, mas levemente balanceadas durante o período estudado. SWAINE et al. (1987) também concluíram que há um balanço dinâmico em florestas naturais não exploradas, onde árvores mortas são continuamente repostas por novos recrutas.

Segundo SILVA et al. (1999a), a mortalidade da floresta estudada aumentou entre o primeiro e segundo período de observação, enquanto o recrutamento diminuiu (2,6 % e 1,8 % respectivamente). Porém, o balanço geral nos 11 anos de observações (13 após a colheita) foi positivo, pois o povoamento ainda continuava aumentando em número de indivíduos (3,1 % de ingressos contra 2,2 % de mortalidade).

SILVA et al. (1999b), observaram na floresta onde houve exploração que as taxas de mortalidade variaram de 1,7 % a 2,4 % ao ano, sendo a taxa de mortalidade para floresta não explorada de 1,7 % e para floresta secundária de 4,8%. GOMIDE (1999) afirmou que no período monitorado (1985-1996) a floresta primária apresentou um balanço positivo, pois aumentou em 1,52 % o número total de árvores da população e perdeu 1,22% por mortalidade.

TABELA 9 – Matriz de transição obtida para o grupo 8 por classe de diâmetro para o período de 1998 – 2001

1998	2001							Mortas
	15 - 24,9	25 - 34,9	35 - 44,9	45 - 54,9	55 - 64,9	65 - 74,9	75 >	
15 – 24,9	0.93	0.05						0.02
25 – 34,9		0.93	0.03					0.03
35 – 44,9			0.94					0.06
45 – 54,9				0.86	0.14			0.00
55 – 64,9					0.90	0.10		0.00
65 – 74,9						0.80	0.20	0.00
75 >							1.00	0.00
Mortas								1.00

Na análise para toda a floresta (TABELA 2), a probabilidade das árvores da classe diamétrica 1 (15,0 – 24,9 cm) e 2 (25,0 – 34,9 cm) permanecerem na mesma classe após três anos é de 0,93; e a probabilidade das árvores destas classes avançarem para a próxima classe é de 0,05. Nas classes 3 (35,0 – 44,9 cm) e 5 (55,0 – 64,9 cm), a probabilidade das árvores ficarem na mesma classe é de 0,90, e a probabilidade das árvores destas classes avançarem para a próxima classe é de 0,08. Na dinâmica das florestas nativas, as árvores das primeiras classes diamétricas, apresentam-se com dinâmica menos expressiva, o que provoca uma maior probabilidade das árvores ficarem na mesma classe. Na classe diamétrica 4 (45,0 – 54,9 cm), a probabilidade das árvores ficarem na mesma classe é de 0,92, e a probabilidade das árvores desta classe avançarem para a próxima classe é de 0,08. A classe diamétrica 6 (65,0 – 74,9 cm) apresentou a menor probabilidade das árvores permanecerem na mesma classe (0,86) e a maior probabilidade das árvores destas classes avançarem para a próxima classe (0,10), visto que árvores com maiores diâmetros apresentam-se com dinâmica mais expressiva. A probabilidade das árvores das classes 1 (15,0 – 24,9 cm), 2 (25,0 – 34,9 cm), 3 (35,0 – 44,9 cm) e 5 (55,0 – 64,9 cm) morrerem durante o mesmo período é de 0,02. A classe diamétrica 4 (45,0 – 54,9 cm) apresentou a menor probabilidade das árvores morrerem durante o período estudado (0,01). A probabilidade das árvores das classes 6 (65,0 – 74,9 cm) e 7 (75,0 >) morrerem durante o período de três anos é

de 0,04, o que em números absolutos representa três árvores por hectare.

A mortalidade por causas naturais, nas classes de maiores diâmetros, não é muito comum em florestas nativas. Entretanto a área de estudo foi submetida a exploração florestal, que ocasiona uma maior abertura do dossel e danos às árvores nas atividades de corte e arraste. SILVA³, apud AZEVEDO et al. (1994), encontrou correlação negativa entre mortalidade e tamanho das árvores, indicando que no desenvolvimento das florestas remanescentes, após uma exploração seletiva, a taxa de mortalidade nas menores classes tende a ser maior que nas maiores classes.

No Grupo 1 (espécies comerciais tolerantes), a probabilidade das árvores das classes diamétricas 1 (15,0 – 24,9 cm), 2 (25,0 – 34,9 cm) e 4 (45,0 – 54,9 cm) permanecerem na mesma classe é de 0,93, e a probabilidade das árvores destas classes avançarem para a próxima classe é de 0,06. A probabilidade das árvores morrerem durante o período estudado, nestas classes, é de 0,01. Neste Grupo, todas as classes diamétricas apresentaram probabilidade de mortalidade, exceto na classe 7 (75,0 >) que apresentou probabilidade de mortalidade nula (TABELA 3).

No Grupo 2 (espécies comerciais pioneiras), a probabilidade das árvores da classe diamétrica 1 (15,0 – 24,9 cm) permanecerem na mesma classe é de 0,80, e a probabilidade das árvores destas classes avançarem para a próxima classe é de 0,20. A probabilidade das árvores da classe diamétrica 2 (25,0 – 34,9 cm) permanecerem na mesma classe é de 0,70, e a probabilidade das árvores desta classe avançarem para a próxima classe é de 0,20. A probabilidade das árvores morrerem durante o período estudado é de 0,10. As espécies pioneiras caracterizam-se pelo crescimento rápido, e consequentemente apresentam uma dinâmica florestal mais expressiva, em toda amplitude de classe diamétrica, justificando que a probabilidade das árvores ficarem na mesma classe é menor que a apresentada nos grupos de qualidade de madeira de espécies tolerantes. Neste Grupo, a probabilidade de mortalidade para o período

³ SILVA, J. N. M. **The behavior of the tropical rain forest of Brazilian Amazon after logging.** Oxford, 1989. 325p. Thesis Ph. D. University of Oxford.

estudado apresentou-se nula, em todas as classes diamétricas, exceto na classe 2 (25,0 – 34,9 cm), com probabilidade de 0,10 (TABELA 4).

No Grupo 3 (espécies potencialmente comerciais tolerantes), a probabilidade das árvores das classes diamétricas 4 (45,0 – 54,9 cm) e 5 (55,0 – 64,9 cm) permanecerem na mesma classe é de 0,82 e 0,83, respectivamente. A probabilidade das árvores destas classes avançarem para a próxima classe é de 0,18 e 0,17, respectivamente. Neste Grupo de qualidade de madeira, a probabilidade de mortalidade apresenta-se somente nas três primeiras classes diamétricas, sendo que nas demais classes a probabilidade de mortalidade é igual a zero (TABELA 5).

No Grupo 5 (espécies não comerciais tolerantes), a probabilidade das árvores da classe diamétrica 3 (35,0 – 44,9 cm) e 4 (45,0 – 54,9 cm) permanecerem na mesma classe é de 0,93 e 0,97, respectivamente. A probabilidade das árvores destas classes avançarem para a próxima classe é de 0,07 e 0,03 (respectivamente). A probabilidade das árvores da classe diamétrica 5 (55,0 – 64,9 cm) permanecerem na mesma classe é de 0,94, e a probabilidade das árvores desta classe avançarem para a próxima classe é de 0,06. Neste Grupo, a probabilidade de mortalidade apresenta-se nas duas primeiras classes diamétricas e nas duas últimas classes, sendo a probabilidade de mortalidade na classe diamétrica 6 (65,0 – 74,9 cm) de 0,13 e 7 (75,0 >) de 0,33. Nas demais classes (3, 4 e 5), a probabilidade de mortalidade é igual a zero (TABELA 6).

No Grupo 6 (espécies não comerciais tolerantes de sub-bosque), a probabilidade das árvores das classes diamétricas 3 (35,0 – 44,9 cm) e 4 (45,0 – 54,9 cm) permanecerem na mesma classe é igual (0,92), e a probabilidade das árvores destas classes avançarem para a próxima classe é de 0,08; a probabilidade das árvores da classe diamétrica 5 (55,0 – 64,9 cm) permanecerem na mesma classe é de 0,78, e a probabilidade das árvores desta classe avançarem para a próxima classe é de 0,22. Neste Grupo, a probabilidade de mortalidade apresenta-se somente nas duas primeiras classes diamétricas; nas demais classes, a probabilidade de mortalidade é igual a zero (TABELA 7).

Os Grupos 3, 5 e 6 de qualidade de madeira, representados pelas espécies tolerantes, apresentam nas suas matrizes de transição algumas classes diamétricas com probabilidade de mortalidade igual a zero, o que não reflete a realidade de uma floresta nativa em circunstância de exploração florestal. Foi escolhida a mesma amplitude de classe diamétrica para todos os Grupos, o que pode não ter sido adequado para registrar a mortalidade em todas as classes, ou ainda, o período de observação pode ter sido muito exíguo para a floresta estudada. Estas matrizes de transição satisfazem o requisito de que a somatória das probabilidades de todas as linhas da matriz de transição seja igual a 1. No entanto, a dinâmica da floresta fica mascarada pelas probabilidades apresentadas, visto que a probabilidade de mortalidade é nula.

SILVA et al (1999a) concluíram que com a exploração florestal e as conseqüentes mudanças na estrutura do dossel, alterou-se a composição florística do povoamento, reduzindo o número de espécies tolerantes e estimulando a regeneração de espécies heliófitas. O mesmo autor observou que 11 anos após a exploração florestal, a *Bixa arborea*, espécie pioneira, passou a responder pela maior dominância do povoamento, seguida por *Inga* sp e *Cecropia sciadophylla*, outras duas espécies pioneiras.

No Grupo 7 (espécies não comerciais pioneiras), na classe diamétrica 5 a probabilidade das árvores morrerem durante o período estudado é nula. Nas classes diamétricas 6 e 7 a probabilidade das árvores permanecerem na mesma classe é de 0,67, e a probabilidade das árvores desta classe avançarem para a próxima classe é nula. Porém, a probabilidade das árvores morrerem durante o período estudado, nesta classe, foi de 0,33, valor equivalente a uma árvore (TABELA 8).

No Grupo 8 (espécies indefinidas), a probabilidade das árvores da classe diamétrica 3 (35,0 – 44,9 cm) avançarem para a próxima classe é nula. As classes diamétricas 4, 5, 6 e 7 apresentam probabilidade nula das árvores morrerem nas respectivas classes (TABELA 9).

Pode ser observado o estado estático (sem dinâmica) nas matrizes de

transição correspondente aos Grupos 1, 2, 3, 6 e 8 (apresentadas respectivamente nas TABELAS 3, 4, 5, 8 e 9), uma vez que algumas probabilidades pf_i da matriz de transição têm valor 1 (100%). O estado estático (sem dinâmica) nas matrizes de transição, é chamado por SCOLFORO (1997) de estado adsorvente, que tem como característica básica a probabilidade de transição de uma classe diamétrica para classes posteriores ser igual a zero. Isto significa que todas as árvores destas classes permanecerão em suas respectivas classes, sem existir transição para as classes seguintes.

O Grupo 2 apresenta as probabilidades pf_3 , pf_4 , pf_5 e pf_7 da matriz de transição com valor 1 (100%). Consequentemente a probabilidade das árvores da classe i morrerem durante o período ($t \rightarrow t+1$) tem valor 0, o que equivale a dizer que todas as árvores desta classe diamétrica não morrerão no seguinte período de simulação de três anos. Esta observação pode ser feita para as probabilidades pf_6 e pf_7 das matrizes de transição dos Grupos 3 e 6 (TABELAS 4 e 8). Os Grupos 1 e 8 apresentam também, a probabilidade pf_7 da matriz de transição com valor 1.

PULZ et al. (1999), ao avaliar a prognose da estrutura diamétrica utilizando a matriz de transição a partir de três diferentes períodos de medição de uma reserva florestal em Lavras-MG, identificaram a existência do estado estático (sem dinâmica) na base de dados. SPATHELF e DURLO (2001), estudando uma floresta subtropical de Santa Maria-RS, encontraram nas classes cujos valores centrais são 62,5 e 72,5 cm, respectivamente, este estado estático. Porém, na classe de valor central 62,5, não se caracterizou um estado adsorvente por haver ainda transição de árvore para a classe de diâmetro seqüencial.

Conforme ARCE et al. (2001), nos estudos de simulação precoce do crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* L., foram observadas probabilidades com valor igual a 1 (100%), inclusive em probabilidade de mortalidade.

A ocorrência do estado adsorvente compromete as prognoses das freqüências da floresta e impede que o estado de equilíbrio seja detectado (SANQUETTA, 1996a).

A FIGURA 17 apresenta as curvas das freqüências observadas das distribuições diamétricas, para toda floresta, ocorrida no período de transição de 1998 a 2001, e as simulações feitas, para os anos de 2004, 2007 e 2010. As freqüências observadas e simuladas das distribuições diamétricas para a floresta e todos os grupos de qualidade de madeira constam no Apêndice 2. As freqüências simuladas apresentam uma tendência à superestimativa dos valores da mortalidade nas classes diamétricas. FREITAS e HIGUCHI (1993) encontraram comportamento semelhante estudando uma floresta de terra-firme.

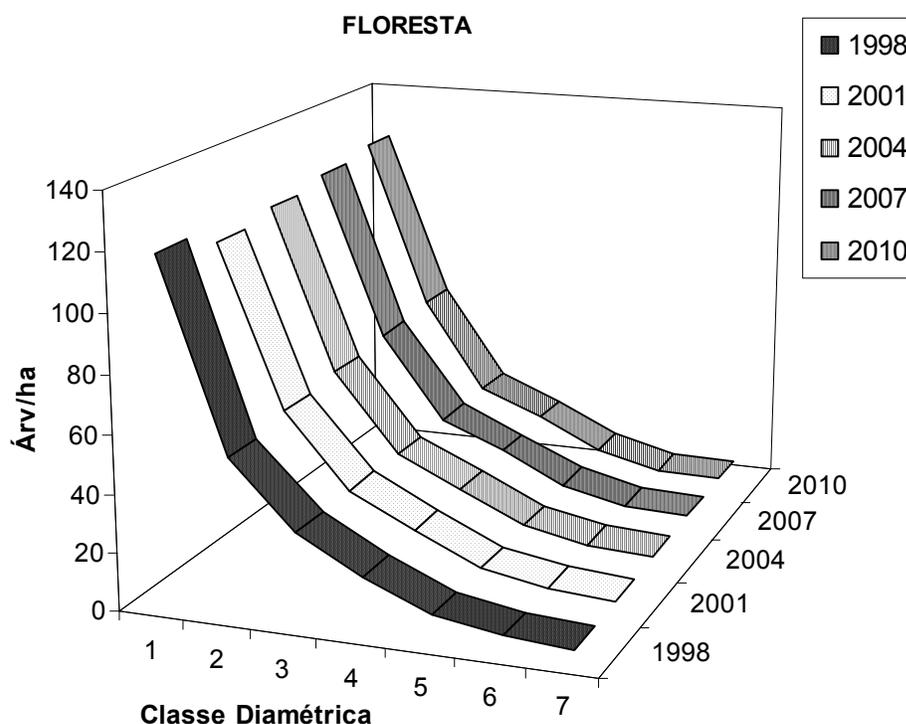


FIGURA 17 – Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) para TODA a floresta

As FIGURAS 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 a seguir apresentam as distribuições diamétricas observadas para os grupos 1, 2, 3, 5, 6, 7 e 8, respectivamente.

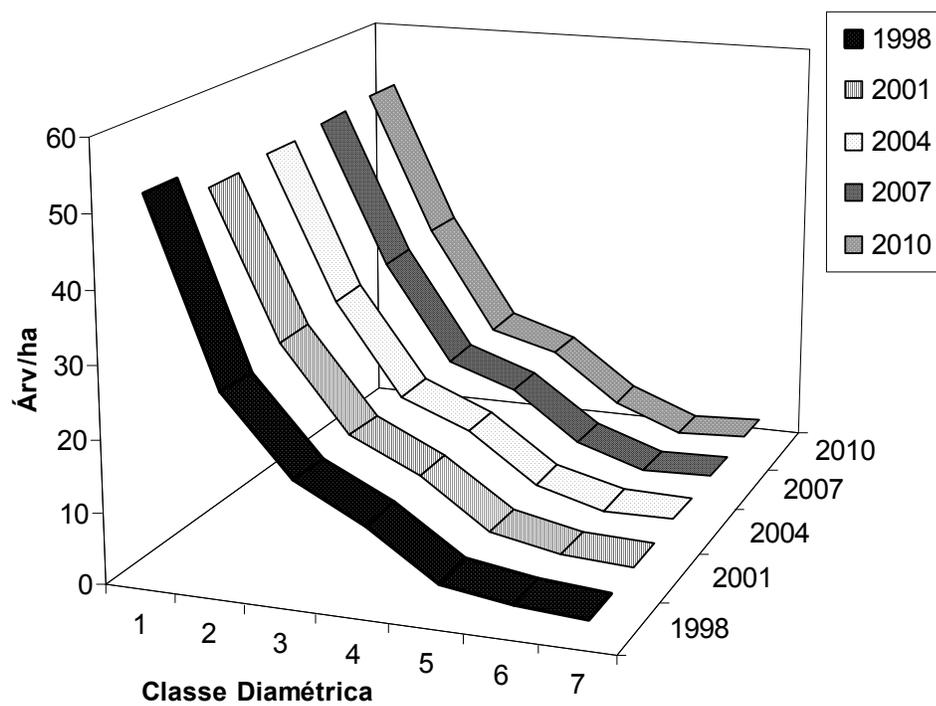


FIGURA 18 – Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do grupo 1

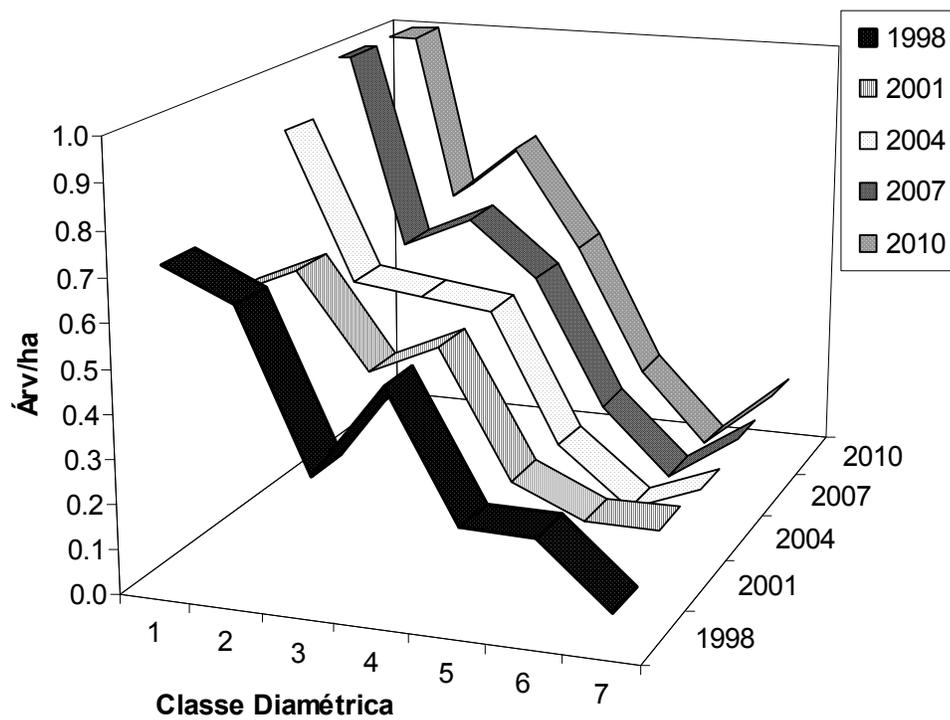


FIGURA 19 – Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do grupo 2

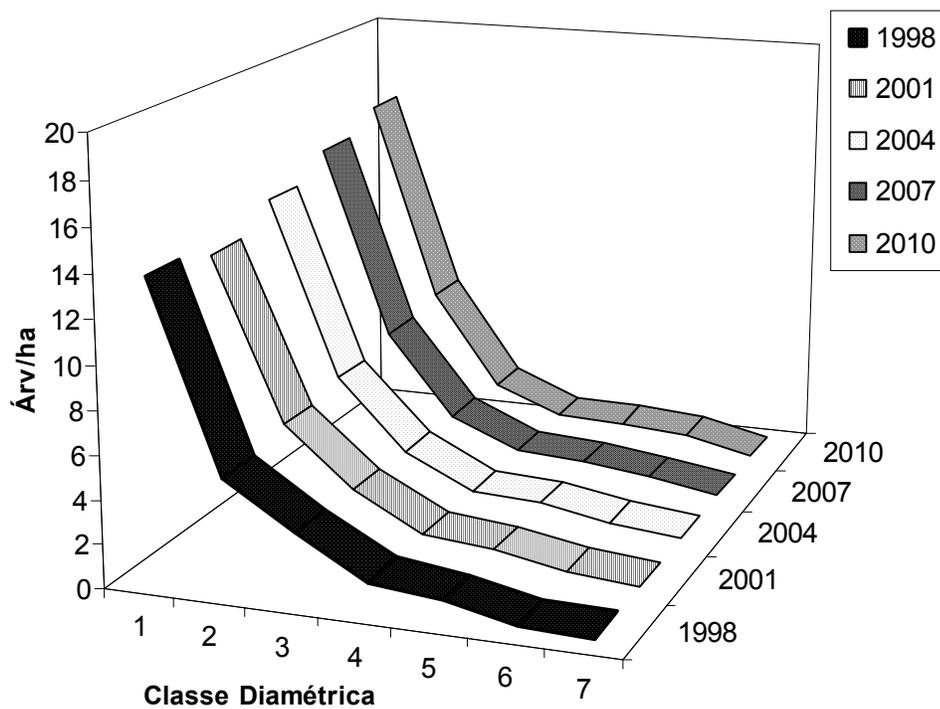


FIGURA 20 – Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 3

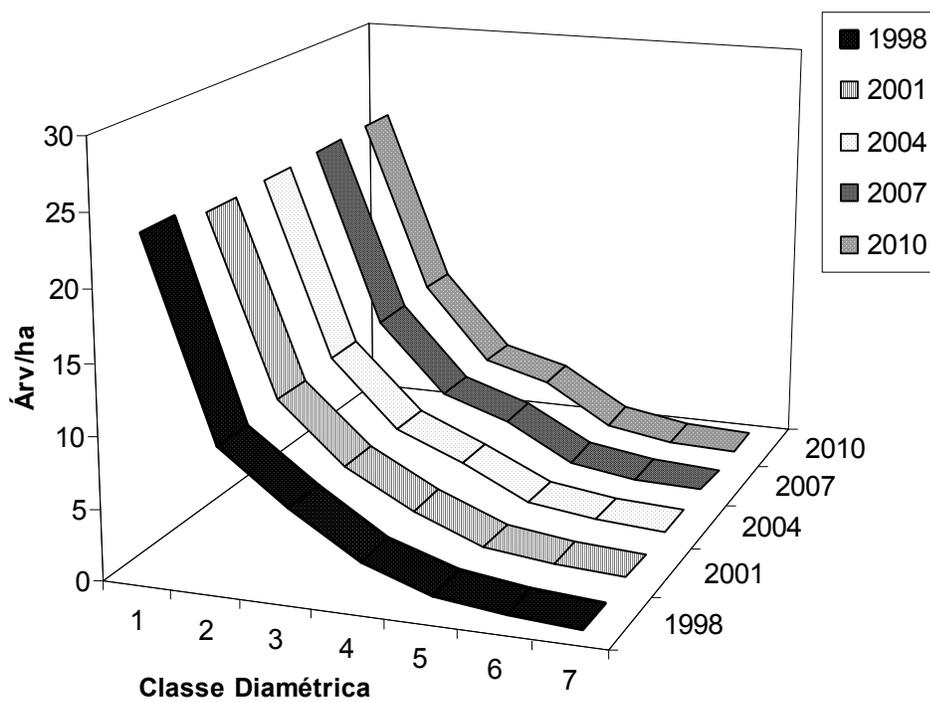


FIGURA 21 – Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 5

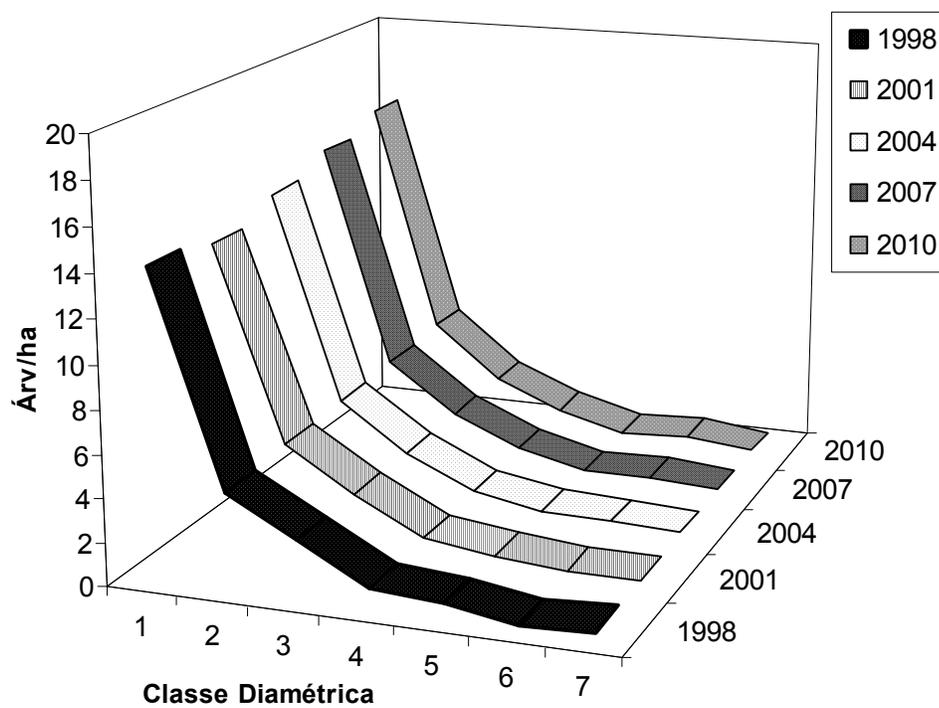


FIGURA 22 – Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 6

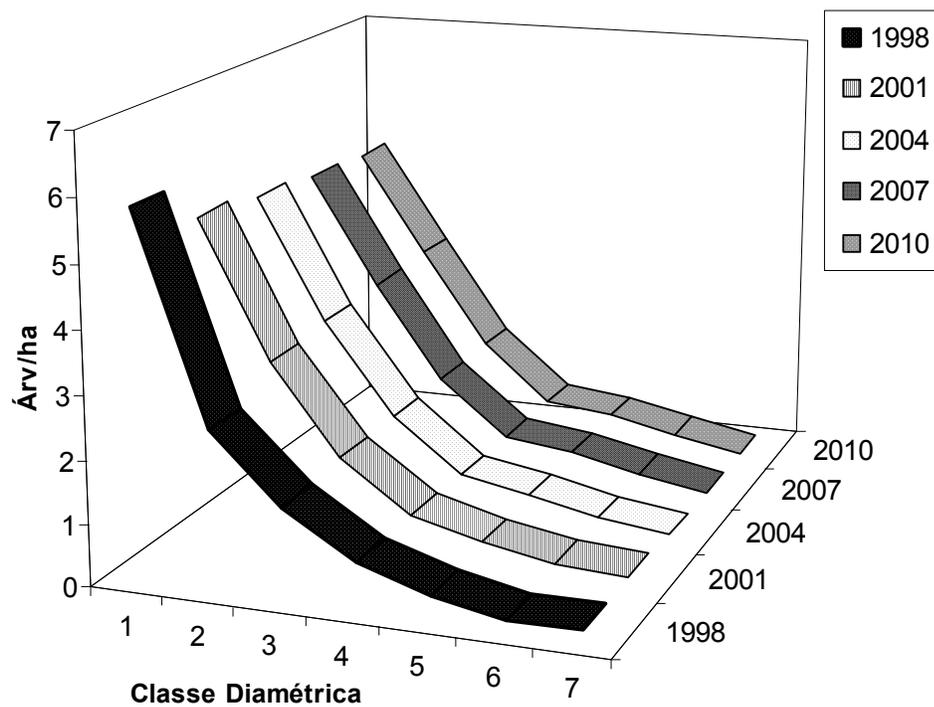


FIGURA 23 – Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do grupo 7

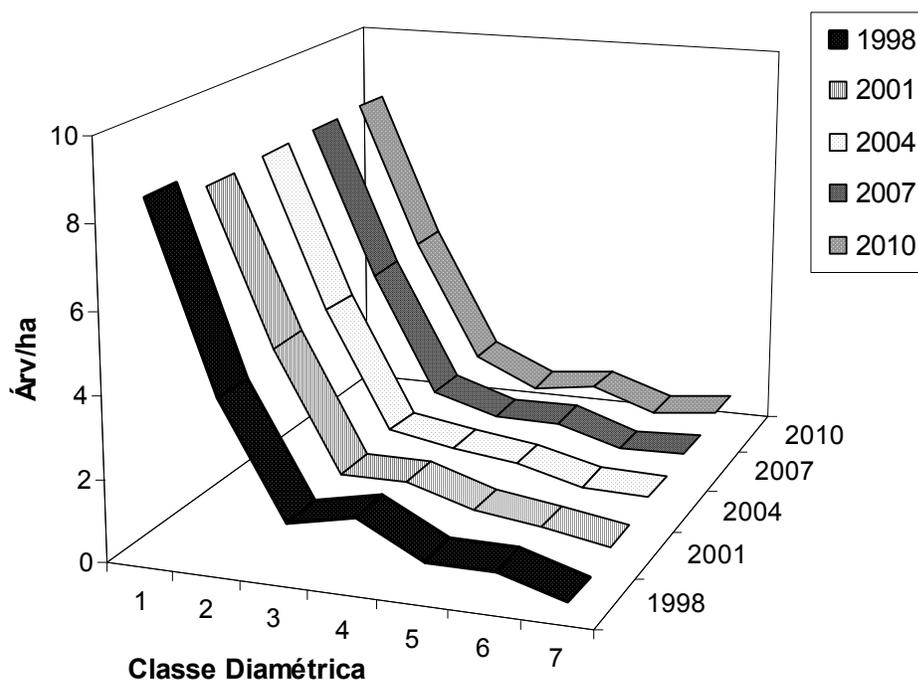


FIGURA 24 – Distribuições diamétricas observadas (1998; 2001) e simuladas (2004; 2007; 2010) do Grupo 8

Avaliando-se as FIGURAS 18 a 24, referentes às frequências por classes diamétricas dos grupos de 1 a 8 exceto o grupo 4 que foi desconsiderado, percebe-se que os grupos de qualidade de madeira apresentam comportamento semelhante nas matrizes de transição. Como pode ser observado, em todos os grupos, exceto no grupo 2, o número de árvores por hectare, para cada período de observação e para os períodos de simulações, segue a forma de curva em “J-invertido”, o que demonstra o equilíbrio das classes diamétricas após a colheita. Porém, a dinâmica da floresta é pouco expressiva para o período analisado (três anos). SILVA et al (1999a) concluíram que o estímulo resultante da abertura do dossel pela extração de árvores é passageiro, visto que em três anos o crescimento das árvores ocorreu intensamente e

depois entrou em declínio.

A área de estudo localiza-se em área de exploração florestal, onde a mortalidade e o recrutamento apresentam maiores porcentagens do que uma área não explorada. No caso em estudo, o modelo de matriz de transição apresenta o aspecto negativo de que as probabilidades de transição são dependentes somente do estado atual da floresta e que estas mesmas probabilidades são mantidas constantes ao longo do tempo (BRUNER e MOSER JR., 1973; SANQUETTA et al., 1996b; PULZ et al, 1999), e os diferentes padrões de crescimento não podem ser expressos por valores fixos.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A área estudada apresenta o padrão de distribuição diamétrica do tipo exponencial com forma de “J invertido”, nas três ocasiões de medições. Estes resultados seguem o padrão de florestas tropicais.

As árvores com DAP < 45 cm representam cerca de 50 % do total da área basal antes da exploração. Logo após a exploração florestal, que pode ser considerada modelo de manejo florestal na região, ocorre uma redução na área basal de 26,0 %. Na floresta remanescente, o grupo das espécies comerciais tolerantes (Grupo 1) representa 54,5 % da área basal e 55,3 % do volume total. Neste grupo, as árvores com DAP \geq 45 cm representam 54,0 % da área basal total.

Na medição realizada 18 meses após a exploração florestal, o recrutamento apresentou-se de forma inconspícua. No entanto, três anos após a exploração florestal, o recrutamento apresentou-se mais expressivo, com taxa anual de 1,5 %. Pode-se concluir que o aumento do recrutamento, entre as medições, foi favorecido pelo estímulo do crescimento em diâmetro das árvores, devido às condições de luminosidade resultantes da abertura de dossel depois da exploração florestal.

A mortalidade por causas naturais apresentou taxa de 0,28 % ao ano, em todo o período (entre os anos de 1996 e 2001). A mortalidade devido à exploração florestal representou 91,3 % do total de árvores com o diâmetro menor que 45,0 cm.

A floresta mostrou um balanço negativo nos períodos observados, isto é, a mortalidade supera o recrutamento.

Tanto os grupos de espécies tolerantes (grupos 1, 3, 5 e 6), quanto os de pioneiras (grupos 4 e 7) e indefinidas (grupo 8), apresentam comportamento semelhante nas matrizes de transição. As simulações geradas seguiram a forma de curva em “J-invertido”, o que demonstra o equilíbrio das frequências por classe diamétrica simuladas após a colheita.

As frequências simuladas apresentam uma tendência à superestimativa dos valores de mortalidade em toda amplitude de classe.

Seria recomendável construir matrizes de transição com diferentes amplitudes de classes diamétricas, para os diferentes grupos de qualidade de madeira.

O período analisado para a construção das matrizes de transição (três anos), provavelmente não foi suficiente para registrar a dinâmica da floresta, tornando a avaliação prematura, sendo necessário considerar uma simulação para intervalos de tempo maiores.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDER, D. **Growth and yield of mixed tropical forests: I.** Current knowledge. FAO Consultancy Report, 1983. 57 p.
- ARCE, J. E.; GOMES, F. dos S.; SANQUETTA, C. R.; CRUZ, E. C. Utilização dos processos de difusão na avaliação e simulação precoces do crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Cerne**, Lavras, v. 4, n.1, p. 154-170, 1998.
- ARCE, J. E.; PIZATTO, W.; SANQUETTA, C. R.; WENDLING, J. L. G.; MAESTRI, R. Utilização das matrizes de transição na avaliação e simulação precoces do crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 27, n.1/2, p. 83-98, 2001.
- AZEVEDO, C. P.; SOUZA, A. L.; CAMPOS, J. C. C.; PAULA JUNIOR, G. G. Predição da distribuição diamétrica da Floresta Atlântica pelo emprego da matriz de transição. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 179-193, 1994.
- BUONGIORNO, J.; MICHIE, B. R. A matrix model for uneven-aged forest management. **Forest Science**, U.S.A., v. 26, n.4, p. 609-625, 1980.
- BRUNER, H. D.; MOSER Jr, J. W. A Markov chain approach to the prediction of diameter distributions in uneven-aged forest stands. **Canadian Journal of Forest Research**, Ontario, v. 4, p. 409-417, 1973.
- CARVALHO, J. O. P.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A. Danos de exploração mecanizada em uma floresta de terra firma na Amazônia Brasileira. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA/DFID, 1999, Belém, **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1999, p.216-220.
- CARVALHO, J. O. P. de. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, 1999, Belém, **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1999, p. 174-179.

- CHAGAS, R. K.; BOTELHO, S. A.; VOLPATO, M. M. L. Análise fitossociológica da regeneração em áreas de clareira e dossel em uma floresta estacional semidecídua Montana-MG. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS: FOREST 99, 5., 1999, Curitiba. **Anais...** Curitiba: BIOSFERA, 1999, CD-ROOM.
- ENRIGHT, N.; OGDEN, J., Applications of transition matrix models in forest dynamics: *Araucaria* in Papua New Guinea and *Nothofagus* in New Zealand. **Australian Journal of Ecology**, n. 4, p. 3-23, 1979.
- FERREIRA, R. L. C.; SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Ingresso e mortalidade em uma floresta secundária de transição. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 155-162, 1998.
- FREITAS, J.V.; HIGUCHI, N. Projeções da distribuição diamétrica de uma floresta tropical úmida de terra firme pela cadeia de Markov. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO E I CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO, 7., 1993, Curitiba. **Anais..** Curitiba: S.B.S./ S.B.E.F., 1993. v. 2, p. 545-548.
- GOMIDE, G. L. A. Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primária e secundária no Estado do Amapá. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA/DFID, 1999, Belém, **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1999. p.195-202.
- HIGUCHI, N. **Short-term growt of an undisturbed tropical moist forest in the brazilian amazon.** PhD. Dissertation. Michigan State University – Department of Forestry. 1987.129p.
- HIGUCHI, N.; JARDIM, F. C. S.; SANDOS, J.; BARBOSA, A. P.; WOOD, T. W. W. Inventário Florestal Comercial. In: **ACTA Amazônica**. Manaus, v. 15, n. 3-4, p. 327-369, 1985.
- HIGUCHI, N. O uso da cadeia de Markov para projetar a distribuição de frequência (diâmetro e mortalidade) em uma Floresta Tropical Úmida de Terra Firme. In: ENCONTRO SOBRE SILVICULTURA E MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA, 1987, Manaus, **Anais...** Manaus: INPA/IBDF, 1987, p. 118.

- HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; NAHAMURA, S.; CHAMBERS, J.; RIBEIRO R. J.; SILVA, R. P.; ROCHA, R. M. Dinâmica da floresta primária da bacia do Rio Cuieiras (AM), entre 1996 e 2000. In: ESTUDOS PARA MANEJO FLORESTAL E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: WORKSHOP INTERMEDIÁRIO DO PROJETO JACARANDA FASE II. Manaus, 2000. **Anais...** Manaus: INPA, 2000, p. 10.
- HOSOKAWA, R. T. Estrutura de floresta natural em regime de rendimento sustentado. In: Curso de Atualização em Manejo Florestal. Curitiba: APEF, 1987, p. 56-57.
- HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Ed. da UFPR, 1998.
- ITTO; FUNPAR; IBAMA. Curso de disseminação e treinamento nas diretrizes e critérios da ITTO – Fase II, Estágio 2. Projeto PD 30/95. Amazonas. 1999. 6.42p.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos Trópicos**. Hamburg: GTZ, 1990, 343p.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology**, n. 3, p. 347-358, 1987.
- LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. Curitiba, 1980, 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.
- MANOKARAN, N.; KOCHUMMEN, K.M. Recruitment, growth and mortality of tree species in a lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, n. 3, p. 315-330, 1987.
- MARTINS, E. P., OLIVEIRA, A. D. de, SCOLFORO, J. R. S. (1997) Avaliação dos danos causados pela exploração florestal à vegetação remanescente, em florestas naturais. In: **Cerne**. Lavras: UFLA, v. 3, n. 1, p.14-24.
- MENDONÇA, A. C. A.; CORREA, I. M.; LIMA JUNIOR, M. J. Avaliação dos danos de exploração após dois anos em uma floresta de terra-firme com base em dados de uma parcela permanente (Projeto Santa Rita - Itacoatiara/AM - Convênio FUA/GETHAL). Manaus, 2000, 84 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Amazonas.

- OLIVEIRA, M. da S. ; FREITAS, J. V. de; CUNHA, U. S. **Implantação e Avaliação dendrométrica de uma parcela permanente Na fazenda experimental da Universidade do Amazonas (FEU)**. Manaus, 1998 46f Monografia (Grau de Engenheiro Florestal) – Universidade do Amazonas.
- OSHO, J. S. A. Matrix model for tree population projection in a tropical rain forest of south-western Nigeria. **Ecol. Model.** n. 59, p. 247-255.
- PEDEN, L. M., WILLIAMS, J. S. FRAYER, W. E. A Markov model for stand projection. **Forest Science**, v. 19, p.303-14, 1973.
- PEREIRA, L. da C.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos. Taxas de mortalidade e recrutamento de espécies arbóreas em florestas manejadas e não manejadas (primárias) de terra firme da região de Manaus. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2000, Manaus. **Anais...** Manaus: INPA, 2000, p. 247-250.
- PIRES-O'BRIEN, M. J.; O'BRIEN, C. M. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais**. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1995.
- PULZ, F. A.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta ineqüiânea com a matriz de transição. **Revista Cerne** v.5, n.1, p.01-14, 1999.
- RADAMBRASIL. **Propagação de Integração Nacional. Levantamento de Recursos Naturais**. IV – Vegetação. Manaus: DNPM, Ministério das Minas e Energia. 1978, v. 18. f SA20. 747p.
- RANKIN-DE-MERONA, J. M.; HUTCHINGS H., H. W.; LOVEJOY, T. E. Tree mortality and recruitment over a five-year period in undisturbed upland rainforest of Central Amazon. **In:** GENTRY, A. H. ed. Four Neotropical Rainforests. New Haven: Yale University, c.29, p. 573-599, 1990.
- ROBERTS, M. R.; HRUSKA, A. J. Predicting diameter distributions: a test of the stationary Markov model. **Can. J. For. Res.**, v.16, p.130-135, 1986.
- ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P.; SOUZA, J. R.; COSTA, M. S. B. Efeito da exploração em floresta sob manejo sustentável em escala comercial na Amazônia central. In: Simpósio latino-americano sobre manejo florestal. 2., 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2001, p. 319-333.

- SANQUETTA, C. R.; ANGELO, H.; BRENA, D. A. MENDES, J. B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 65-78, 1996a.
- SANQUETTA, C. R.; ANGELO, H.; BRENA, D.A. et al. Predição da distribuição diamétrica, mortalidade e recrutamento de floresta natural com matriz Markoviana de potência. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 24, n. 1/2, p. 23-26, 1996b.
- SANQUETTA, C. R.. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba, FUPEF. 1996. 49 p. (Série Didática, n. 08).
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Lavras : Fundação de apoio ao ensino, pesquisa e extensão – FAEPE, 1997. 438p.
- SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p.381-391.
- SILVA, J. N. M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. England, 1989. 312 f. Thesis. Oxford University.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. do C. A.; ALMEIDA, B. F.; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C.; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Crescimento e produção de uma floresta tropical da Amazônia brasileira treze anos após a exploração. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, 1999, Belém, **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1999(a) , p.186-189.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. do C. A; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, L. C. Estudos de crescimento e produção de madeira na região do Tapajós, Amazônia central brasileira. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, 1999, Belém, **Anais...** Belém: EMBRAPA, 1999(b), p.190-194.
- SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. do C. A. Um sistema silvicultural policíclico para produção sustentada de madeira na Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, 1999, Belém, **Anais** Belém:EMBRAPA, 1999(c), p.180-185.

- SILVA, J. N. M. e LOPES, J. C. A. **Inventário Florestal Contínuo em florestas tropicais: a metodologia utilizada pela EMBRAPA-CPATU na Amazônia brasileira.** Belém: EMBRAPA, 1984, 36p.
- SMERALDI, R. e VERÍSSIMO, A. Acertando o alvo: consumo de madeira no mercado interno brasileiro e promoção da certificação florestal. São Paulo: Amigos da Terra, IMAFLORA e AMAZON, 1999, 41p.
- SOBRAL, L.; VERÍSSIMO, A.; LIMA E.; AZEVEDO, T.; SMERALDI, R. Acertando o alvo 2: consumo de madeira amazônica e certificação florestal no Estado de São Paulo. Belém: AMAZON, 2002, p. 7-17.
- SPATHELF, P.; DURLO, M. A. Transition matrix for modeling the dynamics of a subtropical seminatural forest in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 151, 2001, p. 139-149.
- SPURR, S. H., **Forestry inventory.** The Ronald Press Company. New York, USA. 1952, 476p.
- SYNNOTT, T. J. **A manual of permanent plot procedures for Tropical Rainforest.** In: Tropical Forestry Paper, n. 14 Oxford, England: University of Oxford, 1979, 67p.
- SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F. E. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, v.3, p. 359-366, 1987.
- UHL, C. Tree dynamics in a species rich tierra firme forest in Amazônia Venezolana. **Acta Científica Venezolana**, v.33, n. ,1982. p. 72-77.
- UHL, C.; VIEIRA, I. C. G. Seleção predatória. In: **Revista Ciências Hoje**. v.10, n. 55, p.108-115, 1989.
- USHER, M. B. A matrix approach to the management of renewable resources, with special reference to selection forests. **J. Appl. Ecol.** n. 3, p.355-367, 1966.
- VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield - applications to mixed tropical forests.** Copenhagen, CAB International, 1994. 312 p.
- VERÍSSIMO, A.; AMARAL, P. **Exploração madeireira na Amazônia: situação atual e perspectivas.** Manaus: AMAZON. Fase: Caderno de Proposta. Ano 3, n. 4. p9-16, 1996.

- VERÍSSIMO, A.; COCHRANE, M.; SOUZA Jr. C.; SALOMÃO, R. Conservation Ecology 6:4. Disponível em : <http://www.consecol.org/vol> (Data de acesso: 22/11/2002)
- VIDAL, E., VIANA, V., BATISTA, J. L. F. (1998) Efeitos da exploração madeireira predatória e planejada sobre a diversidade de espécies na Amazônia Oriental. In: **Revista Árvore**, Viçosa-MG:SIF v. 22, n. 4, p.503-520.

Continuação:

GRUPO	NOME CIENTÍFICO	CLASSES DIAMÉTRICAS							Mo	R	Total
		1	2	3	4	5	6	7			
	<i>Osteophloeum platispermum</i>						1				1
	<i>Parkia pendula</i>	1									1
	<i>Trattinickia rhoifolia</i>	1									1
	<i>Virola melinonii</i>									1	1
	A identificar	3	1							3	7
	Total	683	395	227	163	70	40	35	23	62	1698
2	<i>Ormosia paraensis</i>	2	2	1	2	1	1	1		2	12
	<i>Piptadenia suaveolens</i>	2	1	2	4		1			2	12
	<i>Hymenolobium heterocarpum</i>	2	3	2	1					1	9
	<i>Anacardium giganteum</i>			1		2		1		1	5
	<i>Couratari stellata</i>	1	1								2
	<i>Dinizia excelsa</i>	1							1		2
	A identificar		2								2
	Total	8	9	6	7	3	2	2	1	6	44
3	<i>Protium sagotianum</i>	100	26	9	1	1			2	16	155
	<i>Licania heteromorpha</i>	50	33	13	9	8	1		4	9	127
	<i>Swartzia corrugata</i>	18	12	14	2					1	47
	<i>Licania unguiculata</i>	5		4	4	1	2			1	17
	<i>Buchenavia viridifolia</i>	6	4			3	1				14
	<i>Aniba duckei</i>	1	1						1		3
	<i>Mezilaurus sp</i>	1						1			2
	<i>Virola cuspidata</i>		2								2
	<i>Licaria Licaria spp.</i>									1	1
	<i>Platonia insignis</i>	1									1
	A identificar	1			1						2
	Total	183	78	40	17	13	4	1	7	28	371
4	<i>Ormosia sp</i>	2	3	1		2	1				9
	<i>Vataireopsis speciosa</i>			1						1	2
	A identificar				1						1
	Total	2	3	2	1	2	1			1	12
5	<i>Guateeria poeppigiana</i>	71	23	11	11	2	1	1	3	3	126
	<i>Perebea guianensis</i>	56	25	4	2	2	1		3	5	98
	<i>Licania spp.</i>	46	22	5	6	4	1		1	2	87
	<i>Chrysophyllum oppsitum</i>	28	23	19	3	1	1		1	3	79
	<i>Iryanthera sp</i>	31	8	5	3	3		1	3		54
	<i>Mezilaurus itauba</i>	29	3	5	2		1		2	4	46
	<i>Diploptropis sp</i>	3	2	7	6					1	19
	<i>Endopleura uchi</i>	3	4	3	3	1					14
	<i>Neea sp</i>	5	6		1	1					13
	<i>Licaria sp</i>	5	5	1							11
	<i>Capirona huberiana</i>	4	2	2	1	1					10
	<i>Pterocarpus amazonicus</i>	5	1	3						1	10
	<i>Talisia longifolia</i>	9	1								10
	<i>Aspidosperma rigidum</i>	2	1	2	1	1	1				8
	<i>Licania oblongifolia</i>	4	2	2							8
	<i>Pouteria bilocularis</i>	3	1	1	1				1	1	8
	<i>Siparuna decipiens</i>	3	2		1						6
	<i>Eschweilera amazonica</i>	3	1								4
	<i>Eschweilera odora</i>	1	1	1	1						4

Continuação:

GRUPO	NOME CIENTÍFICO	CLASSES DIAMÉTRICAS							Mo	R	Total
		1	2	3	4	5	6	7			
	<i>Swartzia brachyrachis</i>	1	1		1			1			4
	<i>Brosimum obovata</i>		1	2							3
	<i>Rinorea guianensis</i>	1					1		1		3
	<i>Eschweilera amara</i>	1		1							2
	<i>Maytenus pruinosa</i>		1	1							2
	<i>Platimiscium filipes</i>		1	1							2
	<i>Copaifera duckei</i>								1		1
	<i>Licaria canella</i>	1									1
	<i>Ocotea canaliculata</i>	1									1
	<i>Virola melinonii</i>	1									1
	<i>Vitex triflora</i>		1								1
	A identificar	1		3						1	5
	Total	318	138	79	43	16	7	3	14	23	641
6	<i>Eschweilera</i> sp	93	28	11	6	1				11	150
	<i>Eugenia patrisii</i>	32	7	1					1	1	42
	<i>Duroia sprucei</i>	6	6	2	3	4	1	3	1		26
	<i>Sacoglottis amazonica</i>	3	8	6	2	1				2	22
	<i>Xylopia benthamiana</i>	3	7	5	2					2	19
	<i>Rinorea macrocarpa</i>	15									15
	<i>Duguetia echinophora</i>	11	2	1							14
	<i>Couepia bracteosa</i>	6	1			1	2	1			11
	<i>Pera glabrata</i>	8	1	1						1	11
	<i>Poecilanthe effusa</i>	2	2	4	1						9
	<i>Lindackeria paraensis</i>	2		1							3
	<i>Myrcia bracteada</i>	1	1							1	3
	<i>Symphonia globulifera</i>	1		1		1					3
	<i>Aniba burchellii</i>			2							2
	<i>Annona ambotay</i>	1									1
	<i>Quararibea guianensis</i>			1							1
	<i>Theobroma sylvestris</i>	1									1
	A identificar	5	2	1			1			2	11
	Total	190	65	37	14	8	4	4	2	20	344
7	<i>Pithecelobium cauliflorum</i>	26	9	1					3	1	40
	<i>Sloanea froesii</i>	11	6	7	3	2		1	1		31
	<i>Porouma longipendula</i>	7	3	4	1	1			1		17
	<i>Hevea</i> spp.	3	3	1	3	1	1				12
	<i>Tachigalia myrmecophyla</i>	1	3	2	1	1	1		2	1	12
	<i>Cecropia</i> sp	2	4	2	1					2	11
	<i>Inga rubiginosa</i>	9	2								11
	<i>Inga heterophylla</i>	2	3								5
	<i>Solanum rugosum</i>	3								2	5
	<i>Byrsonima aerugo</i>	1	2							1	4
	<i>Jacaranda copaia</i>	2	1	1							4
	<i>Ormosia discolor</i>		1	1		1		1			4
	<i>Inga capitata</i>	1	1	1							3
	<i>Vismia japurensis</i>	3									3
	<i>Cordia alliodora</i>	1	1								2
	<i>Sclerolobium paraense</i>		1				1				2

Continuação:

GRUPO	NOME CIENTÍFICO	CLASSES DIAMÉTRICAS							Mo	R	Total
		1	2	3	4	5	6	7			
	<i>Bixa arborea</i>			1							1
	<i>Fagara pentandra</i>		1								1
	<i>Inga marginata</i>								1		1
	<i>Vatairea sericea</i>				1						1
	Total	72	41	21	10	6	3	2	8	7	170
8	<i>Geissospermum vellosii</i>	7	14	6	5	5	5		1		43
	<i>Mycropholis</i> sp	12	12	1	7	1	1	1		1	36
	<i>Mouriria</i> sp	8	2		3	1			2	2	18
	<i>Duckeodendron cestroides</i>	4	2			1	1	4			12
	<i>Swartzia recurva</i>	6	5	1							12
	<i>Tapura amazonica</i>		2	2	1	1				1	7
	<i>Annona sericea</i>	3	1								4
	<i>Abuta</i> sp	2									2
	<i>Guatteria amazonica</i>		1						1		2
	<i>Couma macrocarpa</i>					1					1
	<i>Guatteria chrysopetala</i>	1									1
	<i>Licania</i> spp.						1				1
	A identificar	70	21	9	2	2	1		1	4	110
	Total	113	60	19	19	12	9	5	5	8	249
TOTAL GLOBAL		1569	789	431	274	130	70	52	60	155	3529

APÊNDICE 2 – Frequências observadas e simuladas do número de árvores por hectare da Floresta e por grupo de qualidade de madeira

FLORESTA						
Classe	Frequências N/ha					
Diamétrica	Observadas			Simuladas		
(cm)	Mort.	1998	2001	2004	2007	2010
15 - 24,9	2.0	118.3	112.1	115.6	118.8	121.8
25 - 34,9	0.9	52.9	56.4	58.3	60.3	62.3
35 - 44,9	0.7	30.4	30.8	30.6	30.6	30.6
45 - 54,9	0.1	18.6	19.6	20.4	21.0	21.7
55 - 64,9	0.1	8.6	9.3	9.9	10.5	11.0
65 - 74,9	0.1	4.8	5.0	5.0	5.1	5.3
75 >	0.2	3.2	3.7	4.0	4.4	4.7
GRUPO 1						
Classe	Frequências N/ha					
Diamétrica	Observadas			Simuladas		
(cm)	Mort.	1998	2001	2004	2007	2010
15 - 24,9	0.6	52.0	48.8	49.7	50.5	51.3
25 - 34,9	0.3	26.7	28.2	29.1	30.0	30.8
35 - 44,9	0.5	15.9	16.2	16.1	16.0	16.0
45 - 54,9	0.1	10.9	11.6	12.2	12.7	13.2
55 - 64,9	0.1	4.4	5.0	5.4	5.9	6.4
65 - 74,9	0.1	2.9	2.9	2.8	2.7	2.6
75 >	0.0	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1
GRUPO 2						
Classe	Frequências N/ha					
Diamétrica	Observadas			Simuladas		
(cm)	Mort.	1998	2001	2004	2007	2010
15 - 24,9	0.0	0.7	0.6	0.9	1.1	1.3
25 - 34,9	0.1	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6
35 - 44,9	0.0	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
45 - 54,9	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
55 - 64,9	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
65 - 74,9	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0
75 >	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
GRUPO 3						
Classe	Frequências N/ha					
Diamétrica	Observadas			Simuladas		
(cm)	Mort.	1998	2001	2004	2007	2010
15 - 24,9	0.4	13.6	13.1	14.2	15.3	16.3
25 - 34,9	0.1	5.1	5.6	6.0	6.4	6.8
35 - 44,9	0.1	3.0	2.9	2.7	2.5	2.4
45 - 54,9	0.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1
55 - 64,9	0.0	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
65 - 74,9	0.0	0.1	0.3	0.5	0.6	0.8
75 >	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Continuação:

GRUPO 5						
Classe	Frequências N/ha					
Diamétrica	Observadas			Simuladas		
(cm)	Mort.	1998	2001	2004	2007	2010
15 - 24,9	0.8	23.4	22.7	22.9	23.1	23.2
25 - 34,9	0.1	9.4	9.9	10.2	10.5	10.7
35 - 44,9	0.0	5.8	5.6	5.5	5.4	5.3
45 - 54,9	0.0	2.7	3.1	3.4	3.8	4.1
55 - 64,9	0.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
65 - 74,9	0.1	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
75 >	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
GRUPO 6						
Classe	Frequências N/ha					
Diamétrica	Observadas			Simuladas		
(cm)	Mort.	1998	2001	2004	2007	2010
15 - 24,9	0.1	14.1	13.6	14.5	15.3	16.1
25 - 34,9	0.1	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2
35 - 44,9	0.0	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7
45 - 54,9	0.0	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4
55 - 64,9	0.0	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
65 - 74,9	0.0	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7
75 >	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
GRUPO 7						
Classe	Frequências N/ha					
Diamétrica	Observadas			Simuladas		
(cm)	Mort.	1998	2001	2004	2007	2010
15 - 24,9	0.1	5.8	5.1	5.0	4.9	4.8
25 - 34,9	0.2	2.5	2.9	3.0	3.1	3.1
35 - 44,9	0.1	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6
45 - 54,9	0.1	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6
55 - 64,9	0.0	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
65 - 74,9	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
75 >	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
GRUPO 8						
Classe	Frequências N/ha					
Diamétrica	Observadas			Simuladas		
(cm)	Mort.	1998	2001	2004	2007	2010
15 - 24,9	0.1	8.5	8.1	8.2	8.2	8.3
25 - 34,9	0.1	4.0	4.3	4.4	4.5	4.6
35 - 44,9	0.1	1.2	1.4	1.5	1.5	1.6
45 - 54,9	0.0	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9
55 - 64,9	0.0	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1
65 - 74,9	0.0	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
75 >	0.0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7