

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA – INPA  
Programa de Pós-Graduação em Ciências de Floresta Tropicais

**DINÂMICA DE UMA FLORESTA SUBMETIDA A MANEJO FLORESTAL  
NA AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL**

MANAUS – AM

2012

HUDSON FRANKLIN PESSOA VERAS

**DINÂMICA DE UMA FLORESTA SUBMETIDA A MANEJO FLORESTAL NA  
AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências de Floresta Tropical, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais Tropicais.

Orientador: Dr. Joaquim dos Santos

Co-orientador: Dr. Niro Higuchi

MANAUS – AM

2012



Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação  
 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
 Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS**

**DEFESA PÚBLICA DISSERTAÇÃO / PPG-CFT - INPA**

Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado de **HUDSON FRANKLIN PESSOA VERAS** aluno (a) do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS, realizada no dia 16 de abril de 2012.

Aos 16 dias do mês de abril de 2012, às 08h30min, no Mini-Auditório do Bosque da Ciência, Campus I, INPA-Sede, realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado intitulada: "Dinâmica de uma floresta submetida a manejo florestal na Amazônia Sul Ocidental", do (a) aluno(a), **HUDSON FRANKLIN PESSOA VERAS** em conformidade com o Artigo 68 do Regimento Interno do PPG-CFT e Artigo 52 do Regimento Geral da Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (MCT-INPA) como parte final de seu trabalho para a obtenção do título de **MESTRE EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS**, área de concentração em **Manejo Florestal**. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes professores doutores: **SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO** (UFPr), **CELSO PAULO DE AZEVEDO** (EMBRAPA) e **GIL VIEIRA** (INPA). O Presidente da Banca Examinadora, Dr. Joaquim dos Santos (orientador-INPA), deu início à sessão convidando os senhores membros e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares e informou sobre os procedimentos a serem observados para o prosseguimento do exame. A palavra foi, então, facultada ao(à) Mestrando(a) que apresentou uma síntese do seu estudo e respondeu às perguntas formuladas pelos membros da Banca Examinadora. Depois da apresentação e arguição, a referida Banca Examinadora se reuniu e decidiu por **A PROVAR**.

A sessão foi encerrada às **10:40** e, para constar eu, Valdecira Azevedo, Secretária do PPG-CFT lavrei a presente Ata, que depois de lida e aprovada foi assinada pelo Presidente e membros da Banca Examinadora. Em Manaus (AM), 16 de abril de 2012.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO

Prof. Dr. CELSO PAULO DE AZEVEDO

Prof. Dr. GIL VIEIRA

Prof. Dr. JOAQUIM DOS SANTOS  
 Presidente da Banca

Prof. Dr. JOSÉ FRANCISCO DE CARVALHO GONÇALVES  
 Coordenador do PPG-CFT

**PPG CFT**  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
 CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS  
 Mestrado e Doutorado

Av. André Araújo, 2936 - Aleixo  
 CEP: 69.060-010 - Manaus, AM, Brasil  
 Fone/Fax: +55(021)3643-1838  
 www.cft.inpa.gov.br - email: cft@inpa.gov.br



V473 Veras, Hudson Franklin Pessoa  
Dinâmica de uma floresta submetida a manejo florestal na Amazônia Sul  
Occidental / Hudson Franklin Pessoa Veras. --- Manaus : [s.n.], 2012.  
xiv, 65 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) --- INPA, Manaus, 2012.  
Orientador : Joaquim dos Santos  
Coorientador : Niro Higuchi  
Área de Concentração: Manejo Florestal e Silvicultura

1. Inventário florestal. 2. Manejo florestal. 3. Diversidade florística. I. Título.

CDD 19. ed. 634.928

*Nossas dúvidas são traidoras  
e nos fazem perder o que, com frequência,  
poderíamos ganhar, por simples medo de arriscar."*

William Shakespeare

Aos meus pais Joaquim e Maria  
A minha irmã Kássia e meu cunhado João  
A minha namorada Rejane

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) pela oportunidade concedida.

A Embrapa-Acre por ter disponibilizado recursos e estrutura para realização desse trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa.

Ao programa de Ciências de Florestas Tropicais (CFT) e à todo os docentes que contribuíram na minha formação intelectual.

Aos meus orientadores Dr. Joaquim dos Santos e Dr. Niro Higuchi.

Ao M.Sc. Luis Claudio, pesquisador da Embrapa, por ter acreditado em mim, pela sua paciência, disponibilidade de tempo e ajuda nas análises estatísticas.

Aos colegas discentes do curso Ciências de Floresta Tropical (CFT), ótimas amizades foram feitas.

Aos meus pais Joaquim e Maria, pelo incentivo, educação e formação profissional e intelectual.

A minha irmã Kássia e cunhado João por terem me acolhido em Manaus, fornecendo toda a estrutura disponível e pelos momentos de descontração.

A minha companheira Rejane pela compreensão, dedicação, incentivo e amor fornecido por todo esse tempo.

## RESUMO

O inventário florestal contínuo foi adotado na Floresta Estadual do Antimary a partir de 1999 para verificar como a estrutura da floresta iria se comportar após ter sido realizado manejo florestal servindo como base de informação para entidades científicas e o Poder Público. Foram executados estudos voltados para a diversidade florística, os parâmetros fitossociológicos foram calculados, analisou-se a área basal, volume e taxa de mortalidade, foi ajustado um modelo linear para estimativa do crescimento futuro da floresta. Para identificar o estoque da floresta no futuro foi realizada a projeção das classes diamétricas utilizando a cadeia de transição probabilística de Markov para os anos de 2013 utilizando as parcelas dos períodos de 2001 e 2007. Para UPA Tabocal realizou-se a projeção para o ano de 2007, pois a mesma possuía três períodos de medição (2001, 2004 e 2007), com isso foi possível verificar se a cadeia ajusta-se para esse sítio, comparando os dados observados com estimado. Utilizaram-se dados das parcelas permanentes dos anos de 2001 e 2007 para o estudo. O índice de diversidade de Shannon e Weaver foi de 5,054 e a equabilidade de Pielou 0,853 para o ano de 2001, praticamente o mesmo foi encontrado em 2007. O volume médio encontrado em 2001 foi 145,92<sup>a</sup> média foi equivalente a 175,71 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. O incremento periódico anual em volume da floresta dentro do período de seis anos foi de 4,24 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. A taxa de mortalidade para UPA tabocal foi de 3,87%. O modelo obtido pela regressão linear  $IPA_{DAP} = 0,59709 + X_{ij}*(0,00273) + Y_{ij}*(0,06252) + Z_{ij}*(-0,03179)$  estimou o crescimento da UPA Tabocal com ótimos parâmetros  $R^2 = 0,9963$  e  $CV = 6,82 \%$ . As projeções feitas, utilizando a cadeia de Markov tanto para o ano de 2013 (toda a floresta) quanto para o ano de 2007 (UPA Tabocal) não puderam ser validadas, devido os períodos de projeções serem muito curtos é recomendado utilizar intervalos maiores, para ter maior precisão na projeção. O estudo concluiu que é necessário ter mais observações medidas para gerar estimativas mais confiáveis, no entanto, os resultados encontrados nesse trabalho servem de subsídio para tomada de decisão das autoridades.

**Palavras chaves:** Inventário florestal contínuo, diversidade florística, mortalidade, cadeia de Markov.



## ABSTRACT

The continuous forest inventory was adopted in the Antimary State Forest from 1999 to see how the forest structure would behave after being held forest management serving as a base of information for scientific organizations and government, as it was the first forest state of Acre. We performed studies on floristic diversity, the phytosociological parameters were calculated, analyzed basal area, volume and mortality rate has been adjusted by a linear model to estimate the future growth of the forest. To identify the forest inventory was conducted in the future projection of the chain diameter classes using Markov transition probability for the years 2013 using portions of the periods of 2001 and 2007. For UPA Tabocal held the projection for the year 2007, because it had three measurement periods (2001, 2004 and 2007), it was possible to verify whether the chain adjusts to this site, comparing the observed data with estimated. We used data from permanent plots for the years 2001 and 2007 for the study. The diversity index of diversity index of Shannon and Weaver was 5.054 e Pilou equabilty 0.853 and evenness for the year 2001, virtually the same was found in 2007, very small variation. The volume of the plots in 2001 ranged from 116.82 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> to 183.62 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> in 2007 and the range was 144.48 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> to 206.93 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. The annual increment in volume of the forest within the period of six years was 4.24 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. The mortality rate for UPA Tabocal was 3.87%. The model obtained by linear regression  $IPA_{DAP} = 0,59709 + X_{ij}*(0,00273) + Y_{ij}*(0,06252) + Z_{ij}*(-0,03179)$  estimated the growth of the UPA Tabocal with optimal parameters  $R^2 = 0.9963$  and  $CV = 6.82\%$ . The projections made using the Markov chain for both the year 2013 (entire forest) and for the year 2007 (Tabocal UPA) could not be validated, because the periods are very short of projections is recommend to use longer intervals for have greater precision in the projection. The study concluded that more observations are necessary to have measures to generate more reliable estimates, however, the results found in this study provided basic information for decision making authorities.

**Keywords:** continuous forest inventory, floristic diversity, mortality, Markov chain

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
3.1 MANEJO FLORESTAL.....	16
3.1.1 Conceito .....	16
3.1.2 Inventário Florestal Contínuo .....	17
3.2 DINÂMICA DE FLORESTA TROPICAL .....	18
3.2.1 Crescimento .....	19
3.2.2 Recrutamento e Ingresso .....	22
3.2.3 Mortalidade.....	23
3.3 CADEIA DE MARKOV.....	24
3.3.1 Aplicabilidade na Ciência Florestal.....	25
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	26
4.2 MONITORAMENTO DA FLORESTA .....	27
4.3 ANÁLISE DA VEGETAÇÃO .....	36
4.3.1 Parâmetros fitossociológicos.....	37
4.3.2 Classificação das espécies .....	37
4.3.3 Crescimento e mortalidade.....	37
4.3.2 Distribuição diamétrica .....	38
4.3.3 Cadeia de Markov .....	38
4.3.4 Análise estatística .....	40
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
5.1 DIVERSIDADE .....	42
5.2 PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS.....	43
5.3 COMPARAÇÃO DA DIVERSIDADE .....	47

5.4 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA.....	47
5.5 ÁREA BASAL E VOLUME.....	49
5.6 ANOVA.....	52
5.7 MORTALIDADE .....	55
5.8 MODELO CRESCIMENTO .....	56
5.9 CADEIA DE MARKOV.....	59
5.9.1 Projeção para 2013 .....	59
5.9.2 Projeção para a UPA Tabocal para o ano de 2007 .....	63
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIA .....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de amostragem em diversas fases.....	18
Figura 2 - Mapa de localização da Floresta Estadual do Antimary.....	27
Figura 3 - Classe de floresta .....	29
Figura 4 - Classe de identificação do fuste .....	31
Figura 5 - Classificação dos tipos de danos que as árvores podem sofrer .....	32
Figura 6- Tipos de iluminação da copa que as árvores podem sofrer.....	33
Figura 7 - Classificação da podridão que ocorre nas árvores .....	34
Figura 8- Classificação da forma da copa .....	35
Figura 9- Tipos de presença e efeito de cipós que podem ocorrer na floresta.	36
Figura 10 - Distribuição diamétrica para a medição de 2001 .....	48
Figura 11 - Distribuição diamétrica para a medição de 2007 .....	48
Figura 12 - Teste de médias utilizando Tukey a 5% de significância para as classes diamétricas entre os anos de 2001 e 2007.....	54
Figura 13 - Proporção da mortalidade das árvores por classe diamétrica para UPA Tabocal no período de 2001 a 2007 .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das informações sobre as parcelas permanentes lançadas na FEA. ....	28
Tabela 2 - Classificação do grupo ecológico .....	29
Tabela 3 - Classificação da classe de tamanho do indivíduo .....	29
Tabela 4 - Situação Silvicultural .....	30
Tabela 5 - Classificação da classe de diâmetro .....	30
Tabela 6 - Classe de identificação do fuste.....	32
Tabela 7 - Legenda dos tipos de danos que as árvores podem ter.....	32
Tabela 8 - Legenda dos tipos de podridão .....	34
Tabela 9 - Legenda referente a forma da copa .....	35

Tabela 10 - Legenda dos códigos referente aos tipos de cipó presente na floresta .....	36
Tabela 11 - Quantidade de indivíduos, espécies, famílias, parcelas levantadas ao decorrer das medições e os índices de diversidades e equabilidade.....	43
Tabela 12 – As 10 Espécies com altos valores fitossociológicos na medição de 2001. ....	45
Tabela 13 - Parâmetros fitossociológicos das 10 famílias com os maiores valores na medição de 2001. ....	45
Tabela 14 - Parâmetros fitossociológicos das 10 espécies com maiores valores no ano de 2007. ....	46
Tabela 15 - Fitossociologia das 10 famílias com valores mais expressivos presentes na medição de 2007. ....	46
Tabela 16 - Volume e área basal por parcela e por hectare para os sete talhões da FEA da medição de 2001, Acre, Brasil.....	50
Tabela 17 - Volume e área basal por parcela e por hectare para os setes talhões da FEA da medição de 2007, Acre, Brasil. ....	51
Tabela 18 - Análise de variância para volume total para as UPA's estudadas, Acre, Brasil. ....	52
Tabela 19 - Teste de médias de Tukey a 5% de significância para a variável volume em ambas as medições .....	53
Tabela 20- Anova para a variável volume separando os dados por classe diamétrica.....	54
Tabela 22- Análise da variância da regressão do $IPA_{DAP}$ .....	56
Tabela 23 - Estimativas dos parâmetros do modelo para o crescimento ( $IPA_{DAP}$ ) .....	57
Tabela 24 - Estimativas dos novos parâmetros do modelo gerado pela análise do PROC GENMOD para o crescimento ( $IPA_{DAP}$ ) .....	57
Tabela 25 - Análise da variância após o procedimento PROC GENMOD para a variável $IPA_{DAP}$ .....	58
Tabela 26 - Novos coeficientes gerados após o procedimento GENMOD para o modelo de crescimento para a variável $IPA_{DAP}$ .....	58
Tabela 27 - Transição do número de árvores em cada classe diamétrica em DAP (cm), durante o período de 2001 - 2007.....	60

Tabela 28 - Transição probabilística de um estado (i) para outro (j), durante um período de dois anos após a exploração (2001 – 2007) .....	61
Tabela 29 - Matriz de transição probabilística ( $p_{ij}$ ) dois passos adiante (até 2013).....	62
Tabela 30 - Frequência observada (F.O.) em 2001, 2007 e 2013 e frequência projetada (F.P.) para 2001 do número de árvores vivas, mortas por classe de diâmetro. ....	63
Tabela 31 - Transição do número de árvores em cada classe diamétrica em DAP (cm), durante o período de 2001 - 2004.....	65
Tabela 32 - Transição probabilística de um estado (i) para outro (j), durante um período de dois anos após a exploração (2001 – 2004) .....	65
Tabela 33 - Matriz de transição probabilística ( $p_{ij}^2$ ) dois passos adiante (até 2007).....	67
Tabela 34 - Frequência observada (F.O.) em 2001, 2004 e 2007 e frequência projetada (F.P.) para 2007 do número de árvores vivas, mortas e valores do teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) calculado por classe de diâmetro. ....	68

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores dificuldades que as populações tradicionais da Amazônia enfrentam é associar o seu desenvolvimento econômico com a conservação da floresta. Pode-se perceber que, nos últimos anos, surgiu um interesse maior das indústrias e dos governos em explorar produtos não só madeireiros como também não-madeireiros com o objetivo de conservar as áreas florestadas (Azevedo, 2006).

Saber a capacidade de suporte da floresta é fundamental para determinar o tamanho da intensidade de exploração que ela absorva sem que prejudique sua função ecológica. A legislação brasileira determina um número mágico para intensidade de exploração que se deve realizar na Floresta Amazônica, alegando que com isso é possível realizar tal atividade de forma sustentável. No entanto, a ausência de números de intensidades de exploração economicamente viáveis e ecologicamente corretas, ocorre pela falta de informações de velocidade de crescimento de cada espécie, que por sua vez, é influenciada pela biologia, fotossíntese, tamanho da clareira, dinâmica de povoamento (riqueza florística, distribuição espacial, suscetibilidade à exploração, mortalidade, ingresso, crescimento e incremento) em área sob manejo florestal sustentável (Azevedo, 2006).

A partir disso, fica claro a importância de conhecer as respostas dos ecossistemas florestais da Amazônia influenciado pelas atividades antrópicas (Azevedo, 2006). Ter conhecimento sobre a dinâmica de florestas manejadas é imprescindível para concretização do manejo florestal compatível com o desenvolvimento da região (Higuchi *et al.*, 1997a).

As informações geradas através da dinâmica de crescimento da floresta Amazônica podem ajudar a explicar várias perguntas que surgem quando pretende conciliar produção e conservação. Serve como subsídio para tomada de decisões do manejo florestal como escolha das espécies que serão exploradas e protegidas; projeção mais acurada para o ciclo de corte e a prescrição de tratamento silviculturais (Silva, 2001).

Ainda é fato que pouco se conhece da dinâmica da floresta Amazônica, seja manejada ou não. Esse problema ocorre devido à dificuldade de

reconstruir o desenvolvimento da floresta, que por sua vez encontra obstáculos em obter a idade de espécies tropicais; a presença de elevada diversidade e heterogeneidade das espécies florestais e altas taxas de decomposição. Como realizar essas medidas na floresta Amazônica? Através da medição e remedição das parcelas permanentes, que ainda são escassas. (Rocha, 2001).

Nesse trabalho será avaliado a dinâmica de uma floresta após submetida a manejo utilizando como ferramenta básica as parcelas permanente monitoradas por mais de dez anos. Pretende-se inferir sobre a composição florística, como também sobre o possível estoque futuro que a mesma poderá ter e sugerir um modelo de crescimento para a floresta.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Conhecer a capacidade de regeneração de uma floresta submetida à exploração seletiva de madeira através da análise da dinâmica de crescimento da floresta.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito da exploração sobre a dinâmica da floresta (riqueza florística, mortalidade, ingresso, incremento em área basal e volume);
- Determinar um modelo de regressão linear para o crescimento das espécies baseado em características categóricas;
- Prognosticar a distribuição diamétrica da floresta utilizando a cadeia de transição probabilística de Markov;

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 MANEJO FLORESTAL

##### 3.1.1 Conceito

Existem diversos conceitos para manejo florestal sustentável, alguns amplos e outros restritos, mas o que expressa o real sentido da ciência é de Camino (2002), onde fala que a definição deixou de ser puramente técnica e com significado apenas para os profissionais da área. O termo manejo florestal, passou a ser entendido dentro do contexto da “Agenda 21” responsável por orientar a atividade do homem e das futuras gerações com base no desenvolvimento sustentável. Deixa claro que somente um fluxo contínuo de produtos através do tempo não garante o manejo florestal. Portanto, a definição desse autor é a seguinte:

O manejo e o uso florestal sustentável da floresta é um processo que valoriza o uso da floresta como atividade permanente, e: 1) Supõe que das intervenções nos povoamentos se extrai madeira, outros produtos e serviços; 2) A colheita de bens e serviços está dentro dos limites de produtividade do sistema, da capacidade de suporte e do seu nível de garantia das operações permanentes nos ecossistemas; 3) As operações de manejo são rentáveis de acordo com os critérios do ator que faz a gestão do manejo; 4) Todos os atores afetados no processo participam da elaboração, execução, avaliação e distribuição dos custos e benefícios, das políticas e ações concretas de acordo com seus direitos e assumem, portando, responsabilidades e 5) É parte do desenvolvimento sustentável, portanto, não está dissociado das políticas de desenvolvimento nacional e dos setores relacionados e nem dos direitos das gerações futuras (Camino, 2002).

Outro conceito bastante sedimentado é o presente no código florestal brasileiro (Lei 4.771) que trata o manejo florestal sustentável como uma forma de administrar a floresta para obter benefícios econômicos e sociais,

respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo.

### 3.1.2 Inventário Florestal Contínuo

Para verificar a dinâmica de crescimento de uma floresta que tenha sofrido exploração de seus recursos naturais é necessário que realize o monitoramento, (instrumento de avaliação do caráter dinâmico da comunidade) da área para avaliar a regeneração e se preciso adotar os tratamentos silviculturais para acelerar o processo de sucessão (Queiroz, 1998).

Na ciência florestal, para realizar o monitoramento de uma área, usa-se o termo inventário florestal contínuo (IFC), que corresponde à instalação de parcelas dentro da floresta, onde serão realizadas várias medições em escala de tempo diferente, pode ser conhecido também por parcelas permanentes. Esse procedimento gera uma grande quantidade de informações para o manejador, como avaliação do crescimento, mortalidade, ingresso, sucessão, ciclo de corte, incremento volumétrico, dentre outros (Azevedo, 2006).

As parcelas permanentes, no sentido do manejo florestal, são áreas permanentemente demarcadas na floresta, onde é feito a mensuração de diversas variáveis (geralmente apenas o DAP) no decorrer do tempo, com o objetivo de adquirir informações sobre crescimento e dinâmica da floresta (Alder e Synnott, 1992).

O IFC procede através de quatro alternativas, como pode-se observar na Figura 1, onde  $t$  = número de amostras temporárias na 1ª medição,  $u$  = número de amostras temporárias da 2ª medição e  $p$  = número de amostras permanentes em qualquer medição.

## Inventário Florestal Contínuo

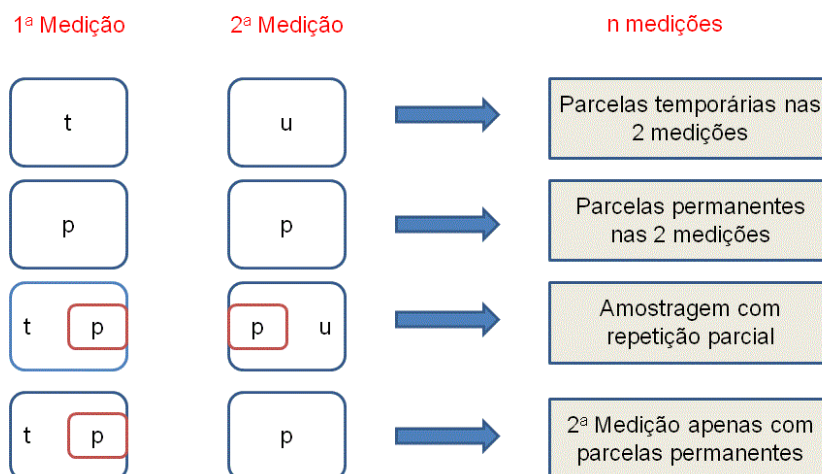


Figura 1 – Tipos de amostragem em diversas fases  
 Fonte: Adaptado de Husch *et al.*, 1972.

De acordo com a Instrução Normativa Nº 5 (11/12/2006) do Ministério do Meio Ambiente no Brasil não exige que os planos de manejo florestais tenham um sistema de monitoramento através de parcelas permanentes (são facultativos), no entanto os manejadores florestais, cada vez mais, estão implantando as mesmas, pois apesar dos gastos financeiros para instalarem, são recompensados com informações que permite acompanhar o crescimento e rendimento do povoamento remanescente, com o propósito de usá-las como base perante a tomada de decisões para determinar qual tratamento silvicultural a ser instalado na floresta, ciclo de corte, diâmetro e volume mínimo de corte entre outros pré-requisitos essenciais ao Plano de Manejo Florestal.

### 3.2 DINÂMICA DE FLORESTA TROPICAL

Dinâmica da floresta consiste na compreensão das taxas de crescimento, recrutamento, ingresso e mortalidade, tanto em condições natural, quanto sob manejo florestal. Esse entendimento gera informações de extrema importância para definir ciclos de corte, quantidade de volume retirada e prescrição de tratamentos silviculturais para florestas manejadas. É possível,

em floresta primária, verificar as taxas de recrutamento e mortalidade e inferir se há sequestro ou emissão de carbono, contribuindo para o efeito-estufa (Rocha, 2001). Informa ainda, a resposta da floresta em função dos tratamentos silviculturais (Azevedo, 2006).

Lamprecht (1990) afirma que dinâmica florestal é o mecanismo por meio do qual a floresta permanece em equilíbrio, preservando sua estrutura e composição ao decorrer do tempo. Os fatores ecológicos (sucessão, competição, a exposição, o sítio natural e a luminosidade) influenciam diretamente na dinâmica de florestas (Moscovich, 2006). Os processos de dinâmica de sucessão natural de florestas tropicais estão correlacionados com a formação de clareiras por morte ou queda natural de árvores (Jardim *et al.*, 1993).

A maior parte dos resultados de crescimento de florestas manejadas e não manejadas oriundo das parcelas permanentes instaladas em floresta tropical úmida encontra-se de posse das instituições públicas, ou quando publicada, em relatório técnico de circulação limitada. Lima (2010) identificou que no estado do Amazonas existem 1.332 parcelas permanentes instaladas distribuídas em grande parte do território.

Ainda são poucas as informações referentes à taxa de crescimento por espécie das florestas tropicais nativas, sejam em áreas de exploração ou livre de perturbações, isso ocorre devido à floresta possuir uma complexa composição e grande número de espécies com diversas características silviculturais, ecológicas e tecnológicas diferentes. Esses dados interferem diretamente quando deseja-se definir o ciclo de corte ideal para essas florestas e, também, sobre o comportamento do número de árvores por classe diamétrica durante o tempo (Scolforo *et al.*, 1996).

### 3.2.1 Crescimento

Do ponto de vista florestal, crescimento corresponde ao aumento do tamanho que os organismos apresentam (Philip, 1987). Crescimento é o aumento irreversível em tamanho, peso ou volume, aumento do protoplasma e

multiplicação celular (Taiz e Zeiger, 2009). Esta definição baseia-se exclusivamente nas expressões morfológicas das atividades de crescimento.

Como é possível verificar se está ocorrendo crescimento em um indivíduo? Realizando medições em um período inicial e interligando com um período final, chamado de “incremento”. Por sua vez, incremento é a taxa de acumulação de rendimento (Synnott, 1978). Em florestas tropicais, devido à impossibilidade de ter a variável idade, geralmente, só é possível calcular o incremento periódico anual (IPA), seja ele em diâmetro, volume ou área basal (Silva, 2001).

Estudos que avaliaram o grau de impacto em uma floresta da Amazônia Oriental submetida à exploração predatória e planejada afirmam que a diversidade de espécies é abalada, pois a área testemunha não sofreu nenhuma alteração, correspondente a exploração planejada 4% das espécies sumiram e 7,4% desapareceram na exploração predatória (Vidal *et al.* 1998).

Muitos trabalhos sobre crescimento e rendimento das florestas tropicais inferem apenas no nível de ecossistema e não no nível de crescimento individual das espécies. Wadsworth (1987) e Leslie (1987) desenvolveram trabalhos nesse sentido na Ásia e África, respectivamente, onde concluíram que os índices de produtividade variam de 2 a 4 m<sup>3</sup>/ha/ano. Para a Amazônia, nos sítios de Santarém, na FLONA Tapajós e em Manaus (ZF-2, Tarumãzinho), o incremento periódico anual em volume foi de 5 m<sup>3</sup>/ha/ano, para áreas que com dez anos de exploração seletiva de madeira (Silva *et al.* 1996; Higuchi *et al.*, 1998).

Segundo Leslie (1987) o incremento periódico anual em florestas tropicais úmidas é, em média, equivalente a 3m<sup>3</sup>/ha/ano, levando em consideração todas as espécies arbóreas de todos os tamanhos (DAP ≥ 10 cm).

Em um estudo sobre métodos e sistemas silviculturais utilizados nos trópicos, pode-se constatar que em floresta de Dipterocarpaceas, localizadas nas Filipinas, a produtividade pode alcançar os 10m<sup>3</sup>/ha/ano. No entanto, a produção normal de florestas tropicais da África e Ásia-Pacífico é em torno de 2 a 4 m<sup>3</sup>/ha/ano (Wadsworth, 1987).

Segundo Johnson (1976) o incremento em florestas tropicais úmidas do Sudeste Asiático está entre 1e 3 m<sup>3</sup>/ha/ano, para as florestas da Nigéria em

torno de 2 m<sup>3</sup>/ha/ano e para as florestas de Diterocarpaceas das Filipinas está entre 2,9 e 4,3 m<sup>3</sup>/ha/ano.

Silva *et al.* (1996) instalaram parcelas permanentes na região de Santarém (FLONA do Tapajós), no Estado do Pará, em quatro diferentes áreas, na floresta primária (testemunha), em duas áreas que sofreram exploração seletiva de madeira aos 7 e 13 anos e em uma floresta secundária de 50 anos. Com o objetivo de avaliar o crescimento e produção das florestas de terra-firme. Os incrementos periódicos anuais foram de 1,6 m<sup>3</sup>/ha/ano em floresta não explorada a 4,8 m<sup>3</sup>/ha/ano em floresta manejada. O autor ainda afirma que separando apenas os indivíduos com DAP ≥ 50 cm e espécies comerciais o incremento médio correspondeu a 1m<sup>3</sup>/ha/ano em áreas manejadas.

Higuchi *et al.* (1997b) desenvolveram pesquisas na região de Manaus, AM, abordando o crescimento e incremento de uma floresta manejada, com 10 anos de idade. Determinaram que o incremento periódico anual em volume comercial com casca é de 5,57 m<sup>3</sup>/ha/ano para exploração de leve intensidade (DAP ≥ 55 cm); 4,45 m<sup>3</sup>/ha/ano para exploração média (DAP ≥ 50 cm) e 5,73 m<sup>3</sup>/ha/ano para exploração pesada (DAP ≥ 40 cm), enquanto que na parcela testemunha o crescimento foi de 2,82 m<sup>3</sup>/ha/ano. Para espécies comerciais o incremento correspondeu a 1 m<sup>3</sup>/ha/ano.

Alder e Silva (2000) criaram um modelo de crescimento (CAFOGROM) para duas regiões da Amazônia: Jari e Flona do Tapajós em Santarém. Levando em consideração apenas as espécies de valor comercial com DAP ≥ 45 cm, encontrou-se uma taxa de crescimento entre 0,39 m<sup>3</sup>/ha/ano e 1,0 m<sup>3</sup>/ha/ano para um período de 12-17 anos. A partir dessa informação os autores concluíram que o ciclo de corte dessas áreas está em torno de 30 a 35 anos.

Pantelão *et al.* (2008) estudou uma floresta semidecidual submontana na Amazônia Mato-Grossense e verificou um incremento volumétrico periódico médio de 0,042 m<sup>3</sup>/ha/ano. As espécies com maiores incrementos volumétricos foram *Manilkara* sp., *Ocotea* sp. e *Esenbeckia leiocarpa* 0,59, 0,41 e 0,029 m<sup>3</sup>/ha/ano, respectivamente. Os autores verificaram para as dez espécies com maior incremento periódico anual médio em área basal 0,38 m<sup>2</sup>/ha.

Estudo realizado no interior do Pará, em área manejada e não manejada, constatou-se que na área manejada as árvores (incremento 0,63 cm/ano) cresceram quase duas vezes a mais que da área não manejada (0,33 cm/ano). As espécies de valor comercial com maior incremento foram *Parkia gigantocarpa* e a *Tachigalia myrmecophylla* com uma média de 1,40 cm/ano e 1,38 cm/ano, respectivamente (Vidal *et al.*, 2002).

### 3.2.2 Recrutamento e Ingresso

Ingresso corresponde ao processo pelo qual as árvores surgem no tempo  $t+1$  após uma medição inicial (tempo  $t$ ) nas parcelas permanentes (Alder, 1983). Isso ocorre quando árvores com diâmetro mínimo entre duas medições entram no sistema, já que sua entrada é compensada pela saída de outras através da mortalidade ocorrida na maior parte, em menores classes diamétricas. Para Carvalho (1999), o ingresso equivale à entrada de um indivíduo dentro de uma comunidade ou população.

O estudo do ingresso ou recrutamento em florestas tropicais é de grande relevância do ponto de vista silvicultural, pois é possível verificar como está se comportando a qualidade e quantidade de espécies comerciais que abastassem a floresta, tornado assim, uma área sustentável para o manejo, já que espera que esses ingressos sobrevivam e cresçam até o tamanho de abate a cada ciclo de corte (Silva, 1989).

O volume de ingresso varia de acordo com a composição florística e a disposição do dossel (Alder, 1983; Silva, 1989). Áreas com clareiras ou com dossel parcialmente aberto não proporcionam um grande aumento no número de indivíduos ingressantes e sim um avanço na velocidade de incremento das árvores adjacentes (Chagas *et al.*, 1999).

Clareiras de pequeno tamanho prevalecem espécies tolerantes a sombra e crescimento lento, logo o ingresso que ocorre é lento. Em áreas com clareiras maiores, onde sofreram grandes perturbações (exploração), ocorrem elevadas taxas de germinação e crescimento de espécies pioneiras (Silva, 1989; Chagas *et al.*, 1999).



Os impactos causados pela exploração florestal assemelham-se às perturbações causadas pela queda natural das árvores. A regeneração ocorre rápido devido a presença de sub-bosque, plântulas e inúmeras brotações, já que aumenta a luminosidade e a entrada de nutrientes oriundos da mortalidade de outros indivíduos.

Pantelão *et al.* (2008) observaram a taxa de ingresso 1,25% para uma área na floresta Amazônica Mato-Grossense.

### 3.2.3 Mortalidade

A mortalidade natural das árvores em uma floresta não perturbada surge pelos elevados ventos, queda de galhos, perda de copa, quebra de tronco, queda de outras árvores, enfermidades ou até mesmo velhice.

Nos estudos voltados para dinâmica de florestas tropicais, a mortalidade é um dos principais fatores a ser levado em consideração. Pois, indica a saída de indivíduos do sistema e pode apresentar diversas causas e consequências. As taxas de ingresso, recrutamento e mortalidade inferem sobre a reposição do estoque florestal, indicam se está ocorrendo ganho ou perda de indivíduos através das intervenções (tratamentos silviculturais ou manejo florestal) que a mesma foi submetida. Quando avaliam-se as mesmas características em floresta primária, é possível predizer se a floresta está funcionando como sumidouro ou fonte de dióxido de carbono.

A mortalidade natural é retratada através de um processo estocástico dependente do diâmetro. Em uma comunidade florestal, a mortalidade afeta todos os níveis da composição florestal, atua determinantemente na evolução da floresta, inferindo em quantas árvores alcançarão um tamanho ideal para o corte.

Higuchi *et al.* (1997a) determinaram a taxa de mortalidade anual de  $1,03\% \pm 0,38\%$  para região de terra-firme da Amazônia brasileira. Carey *et al.* (1994) diz que as taxas anuais de mortalidade, para florestas tropicais da Venezuela, está entre 0,5 e 3,3%. Em áreas que sofreram exploração de impacto reduzido a taxa de recrutamento foi superior a 44% de mortalidade, já

para exploração convencional, o recrutamento foi apenas 4% superior à mortalidade (Silva, 2004).

Oliveira *et al.* (2004) desenvolveram um trabalho na Floresta Estadual do Antimary, onde dividiu a área em talhões para exploração madeireira, pode-se observar que a taxa de mortalidade das colocações Poção e Dois Barracos foram 3,5% ao ano. Na UPA Chico Bocão, a qual sofreu manejo, a mortalidade obtida foi de 2,8%. Em condições semelhantes, Oliveira e Braz (1998), com extração planejada de 20 m<sup>3</sup>/ha, obtiveram mortalidade média anual de 4%.

Pantelão *et al.* (2008) observou uma mortalidade 2,7% para uma área de floresta na Amazônia Mato-Grossense.

### 3.3 CADEIA DE MARKOV

A cadeia de markov é baseada em um processo estocástico. Consiste no sistema que está sob o controle do acaso, em que o futuro não possui nenhuma ligação com o passado, onde deve conter ao menos uma variável aleatória (randômico, não-determinístico) que varia em tempo e espaço (Colpini, 2008).

Os modelos determinísticos são capazes de prever um simples resultado proveniente de um conjunto de circunstâncias, enquanto os modelos estocásticos realizam a predição de um conjunto de resultados possíveis através de probabilidades e são caracterizados pelas relações de dependência que existe entre suas variáveis (Cunha *et al.* 2002).

A probabilidade de estar em certo estado em um determinado tempo futuro, está relacionada com o estado atual do sistema, desprezando os estados do passado. O símbolo  $p_{ij}$  a probabilidade de um sistema que esteja no estado  $i$  em um determinado momento, mude para o tempo seguinte.

Ao executar o processo de transição probabilística de Markov, após certo tempo, o comportamento da distribuição tende a permanecer o mesmo. Isso explica-se através das probabilidades do sistema que ao estar em cada um dos vários estados pouco ou nada varia a medida que o tempo passa.

Os estados de um processo de Markov são divididos em transitório e recorrente. Isso corresponde à probabilidade do processo retornar ao estado  $i$  em que iniciou. Para ser mais exato, seja  $a_{ii}$  probabilidade do sistema retornar ao estado  $i$ , sendo que inicialmente o processo partiu desse estado. Portanto a definição de recorrente é se o estado  $i$ , se e somente se, partindo dele mesmo, o processo, poderá, eventualmente, retornar ao estado  $i$  com probabilidade  $a_{ii}$  (Cunha *et al.* 2002).

Os processos de markov sempre utilizam a variável “tempo”, seja na forma discreta (tempo variando em intervalos regulares), ou na forma contínua podendo assumir valores reais. Para representar a transição de probabilidades para  $n$  passos utilizar-se em forma de matriz.

O estudo dos modelos de Markov tem aplicabilidade nas áreas de ciências sociais, biológicas, administrativas e florestais.

### 3.3.1 Aplicabilidade na Ciência Florestal

A cadeia de Markov pode ser utilizada na ciência florestal para criar modelos de crescimento e produção, que por sua vez, prognosticam a dinâmica de um povoamento. Embora possam parecer estruturalmente complexos, eles possuem a capacidade de criar estimativas das características dos povoamentos de determinado ponto específico no tempo. (Avey e Burkhart, 1994).

É uma ferramenta extremamente útil para estimar a distribuição diamétrica, os quais se baseiam em funções probabilísticas de distribuição permitindo descrever as mudanças presentes na estrutura do povoamento, como número de árvores por classe de diâmetro, taxas de mortalidade, relações hipsométricas, disponibilizando características que poderão ser utilizadas ao longo do tempo. Para isso os modelos estocásticos são os melhores para descrever o crescimento em diâmetro representado por matriz de transição (Austregésilo *et al.*, 2004).

É possível calcular o tempo de passagem que leva para todas as árvores de uma determinada classe diamétrica passar para a classe seguinte.

Com isso, pode-se estimar quanto tempo uma espécie, ou um grupo de espécies demoram em alcançar um diâmetro estipulado, em outras palavras, inferir sobre o ciclo de corte de uma floresta nativa ou plantada, assunto extremamente importante para definição e implementação de planos de manejo.

Higuchi (1987), Azevedo *et al.* (1994), Sanquetta *et al.* (1996), Scolforo (1997), Pulz *et al.* (1999), Arce *et al.* (2001), Mendonça (2003), Azevedo (2006), Vasconcelos (2009) foram os autores que realizaram trabalhos no Brasil com cadeia de Markov, tanto em floresta tropical nativa quanto plantada. Percebe-se que essa ferramenta é de grande importância quando deseja-se trabalhar com dinâmica de floresta e principalmente prognosticar a produção futura da mesma.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

A Floresta Estadual do Antimary (FEA) foi criada em 1988 para a implantação do Projeto de Desenvolvimento Integrado da Amazônia Ocidental baseado nos Recursos Florestais, executado pela Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC) e financiado pela International Tropical Timber Organization (ITTO). O Objetivo desse projeto foi executar o Plano de Manejo de uso Múltiplo, que consistiu em efetuar a exploração sustentável de recursos madeireiros e não-madeireiros pela ou com a participação da população local (seringueiros), conservando ao máximo a integridade do ecossistema (Machado e Martins, 2004).

O trabalho foi realizado na FEA, dentro do Projeto de Assentamentos Agroextrativistas do Limoeiro com cerca de 11.150 ha (SEF, 2006). Localizada entre os paralelos 09°01' e 09°31' de latitude sul e entre os meridianos 68°01' e 68° 23' de longitude oeste. Inserida no município de Bujari, distante 85,6 km da capital Rio Branco do Estado do Acre (Figura 1). Temperatura média anual é

de 25°C, com precipitação média de 2041 mm, os períodos secos vão de março a setembro. O clima, de acordo com a classificação de köeppen, é *Am*, correspondente a quente e úmido com um curto período de estação seca, com altas temperaturas, altos índices de precipitação pluviométrica e alta umidade relativa do ar (FUNTAC, 1996).

A tipologia florestal que ocorre na região corresponde à floresta ombrófila aberta com palmeiras, floresta ombrófila aberta com bambu, floresta densa e floresta aluvial (FUNTAC, 1996). O solo predominante é o argissolo vermelho amarelo e em pequenas áreas ocorre gleissolo melânico e luvisolo hipocrômico (FUNTAC, 2008).

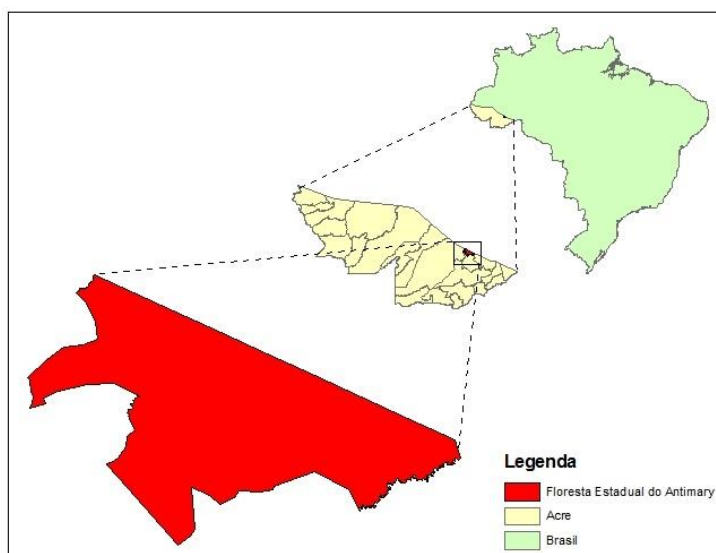


Figura 2 - Mapa de localização da Floresta Estadual do Antimary, Acre, Brasil.

#### 4.2 MONITORAMENTO DA FLORESTA

Os dados utilizados neste trabalho são oriundos do inventário florestal contínuo realizado pela Embrapa Acre, na área de estudo descrita anteriormente. Utilizou-se o método de amostragem em dois estágios, que corresponde às unidades primárias a serem alocadas aleatoriamente e as unidades secundárias de forma sistematicamente.

Na área que foi submetida à exploração, foram instaladas 38 parcelas permanentes conforme descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Resumo das informações sobre as parcelas permanentes instaladas na FEA.

<b>Área de Estudo</b>	<b>Área Total (ha)</b>	<b>Tipologia Florestal</b>	<b>Nº de parcelas</b>	<b>Medições (anos)</b>
UPA Tabocal	1000	Floresta aberta com tabocas	10	1999 – 2001 2004 – 2007
UPA Chico Bocão	1000	Floresta densa	7	2001 – 2007
UPA Jatobá	1000	Floresta densa	3	2001 – 2007
UPA Cumarú	1000	Floresta aberta	7	2001 – 2007
Dois Barracos	300	Floresta aberta	2	2001 – 2007
Porção	300	Floresta Aberta	2	2001 – 2007
STCP	400	Floresta Aberta	7	2001 – 2007

Cada parcela permanente possui 1,0 ha (100 m x 100 m), das quais foram divididas em 100 unidades secundárias (subparcelas) de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>), com o intuito de facilitar a localização das árvores monitoradas. Todos os indivíduos com DAP  $\geq$  10,0 cm foram mensurados e identificados de acordo com a lista de espécies florestais do Acre (Araújo e Silva, 2000) e catálogo da flora do Acre (Daly e Silveira, 2008).

#### 4.2.1 Variáveis Categóricas Medidas

##### A – Grupo ecológico

Grupo ecológico corresponde à classificação que é atribuída para uma espécie de acordo com a sua tolerância à luz (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação do grupo ecológico

Código	Grupo Ecológico
1	Pioneiras
2	Demandantes de luz
3	Tolerantes a sombra

## B – Classe de floresta

Classe de floresta diz respeito ao estado de conservação que se encontra cada subparcela como pode observar na Figura 3.

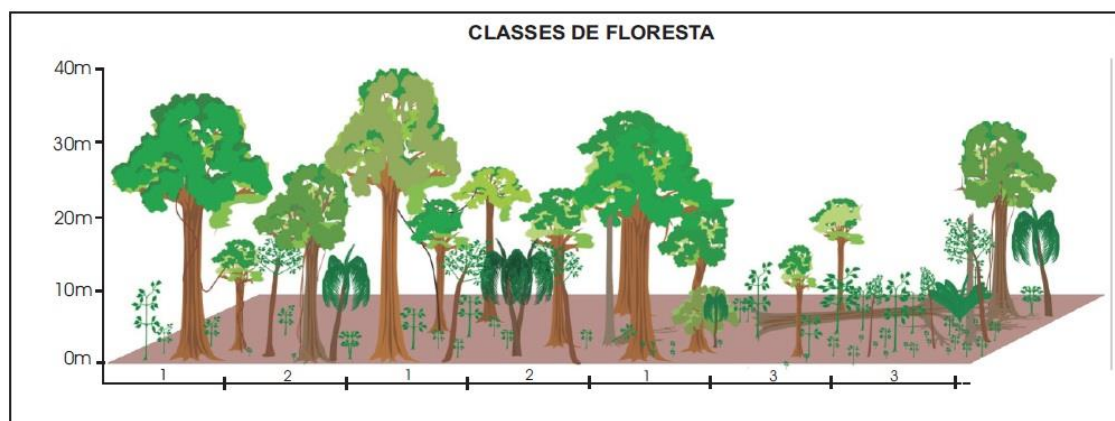


Figura 3 - Classe de floresta

Legenda: 3 – Clareira; 2 – Floresta em construção; 1 – Floresta madura

## C - Classe de tamanho

Classe de tamanho do indivíduo classifica em sete níveis o tipo do indivíduo conforme segue a tabela 3.

Tabela 3 - Classificação da classe de tamanho do indivíduo

Código	Classe de tamanho de indivíduo
--------	--------------------------------

1	Árvore
2	Arvoreta
3	Vara
4	Muda numerada
5	Muda Contada
6	Palmeira numerada
7	Palmeira contada

#### D – Situação silvicultura

Situação silvicultural corresponde à descrição aceitável que um indivíduo possa vir a ter em diferentes medições (Tabela 4)

Tabela 4 - Situação Silvicultural

Código	Situação silvicultural
1	Árvore reservada para futura colheita
2	Árvore anelada
3	Árvore anelada e tratada com aplicação de arboricida
4	Árvore beneficiada por tratamento silvicultural
5	Árvore não reservada nem tratada

Cada árvore recebeu um código referente a classe diamétrica que a mesma se encontrava conforme segue a descrição na tabela 5.

#### E – Classe de diâmetro

Tabela 5 - Classificação da classe de diâmetro

Código	Classe de diâmetro
1	10 cm a 20 cm
2	20 cm a 30 cm



<b>3</b>	30 cm a 40 cm
<b>4</b>	40 cm a 50 cm
<b>5</b>	50 cm a 60 cm
<b>6</b>	60 cm a 70 cm
<b>7</b>	70 cm a 80 cm
<b>8</b>	80 cm a 90 cm
<b>9</b>	90 cm a 100 cm
<b>10</b>	≥ 100 cm

#### F – Classe de identificação do fuste

Classe de identificação do fuste (CIF) descreve a condição atual que o fuste apresenta de acordo com a classe de tamanho (figura 4).

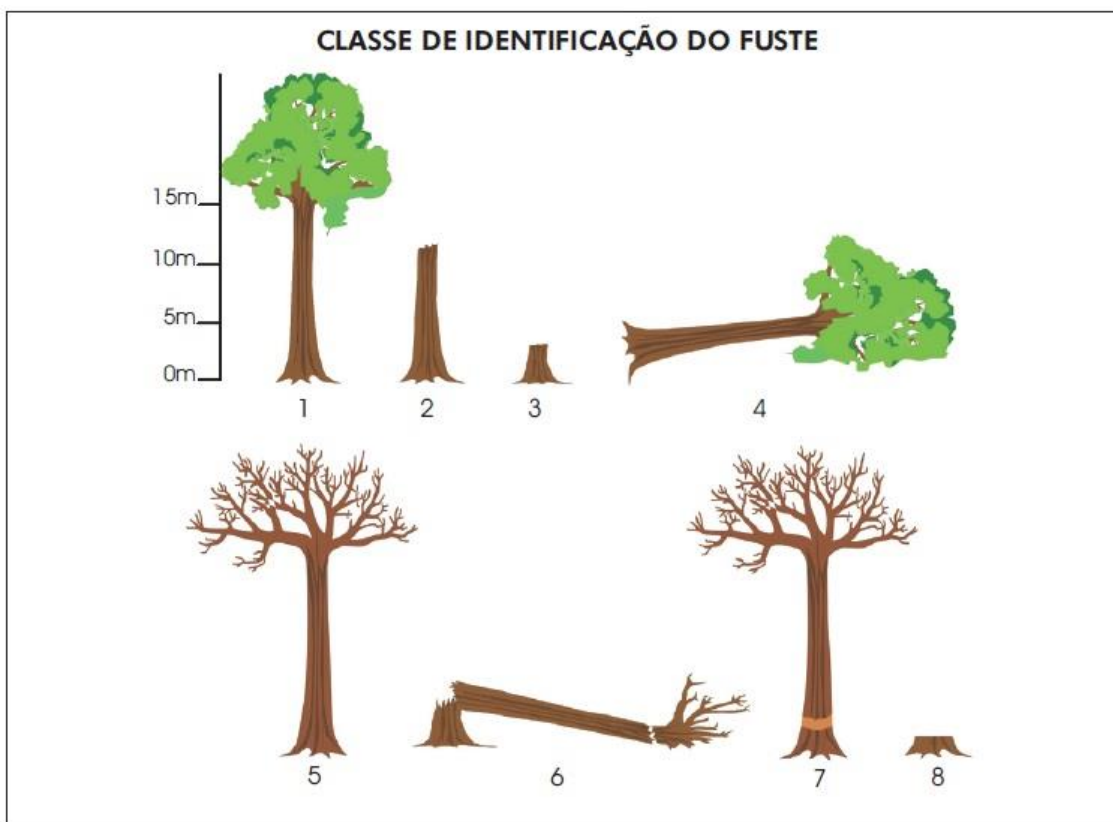


Figura 4 - Classe de identificação do fuste

Tabela 6 - Classe de identificação do fuste

Código	Classe de identificação do fuste
1	Árvore viva em pé completa
2	Árvore viva em pé, sem copa, fuste > 4
4	Árvore viva caída
5	Árvore morta natural
6	Árvore morta por exploração
7	Árvore morta por tratamento
8	Árvore colhida

## G – Dano

O tipo de dano do indivíduo é descrito de acordo com a Figura e Tabela 5.

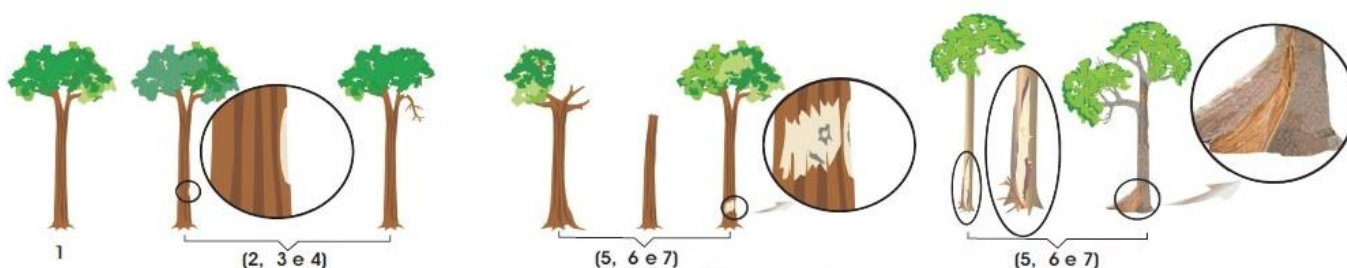


Figura 5 - Classificação dos tipos de danos que as árvores podem sofrer

Tabela 7 - Legenda dos tipos de danos que as árvores podem ter

Código	Dano
1	Árvore sem danos
2	Danos leves por causa natural
3	Danos leves por exploração
4	Danos leves por tratamento silvicultural
5	Danos severos por causa natural

6	Danos severos por exploração
7	Danos severos por tratamento silvicultural
8	Danos leves por fogo (apenas o tronco atingido)
9	Danos severos por fogo
10	Dano recuperado ou cicatrizado

## H – Iluminação da copa

A iluminação da copa descreve a quantidade de luz que a copa está recebendo diretamente (Figura 6).

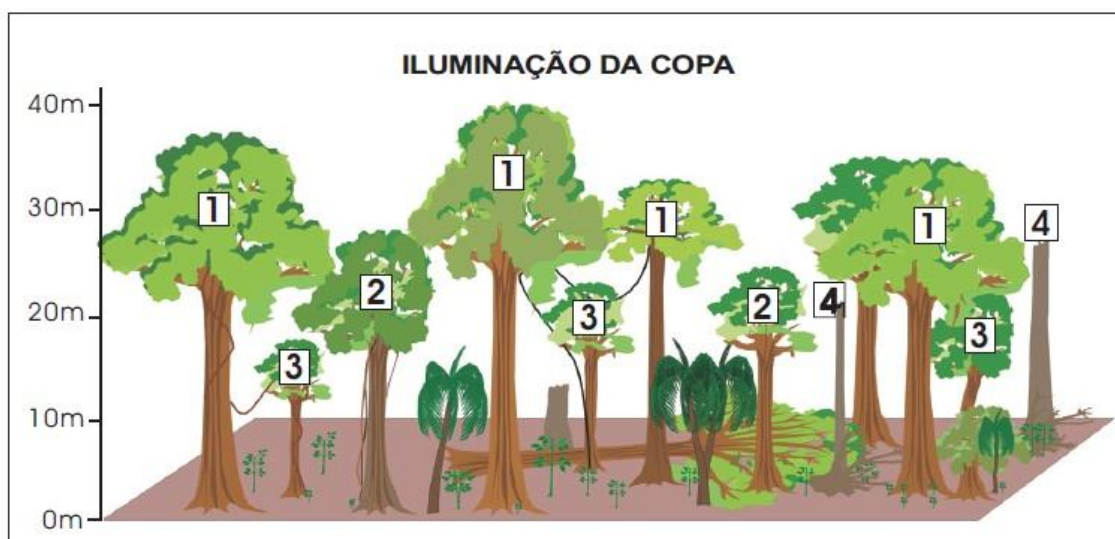


Figura 6- Tipos de iluminação da copa que as árvores podem sofrer

## I - Podridão

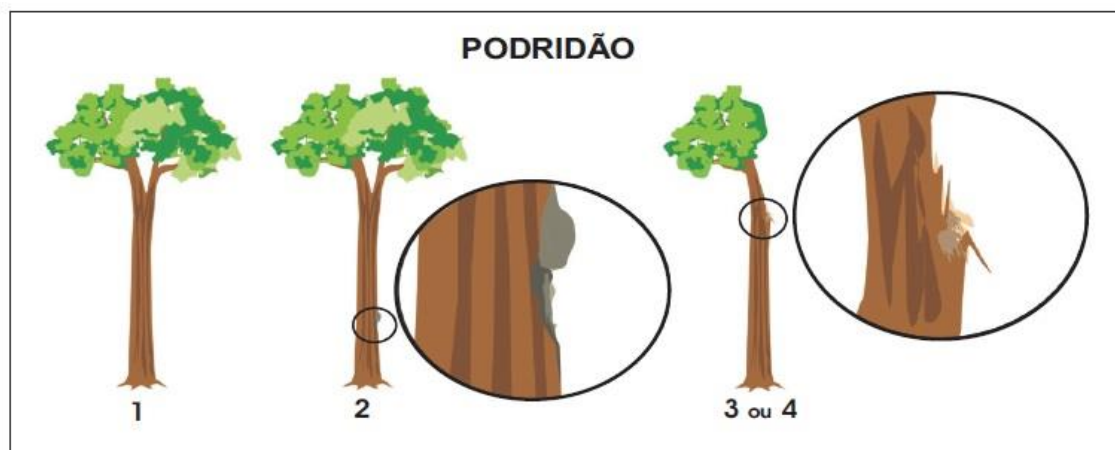


Figura 7 - Classificação da podridão que ocorre nas árvores

Tabela 8 - Legenda dos tipos de podridão

Código	Podridão
1	Copa emergente ou completamente exposta à luz
2	Copa parcialmente iluminada
3	Copa completamente coberta por copas de árvores vizinhas
4	Copa sem condições de observação

## J – Forma da Copa

A forma da copa é descrita conforme a Figura 8.

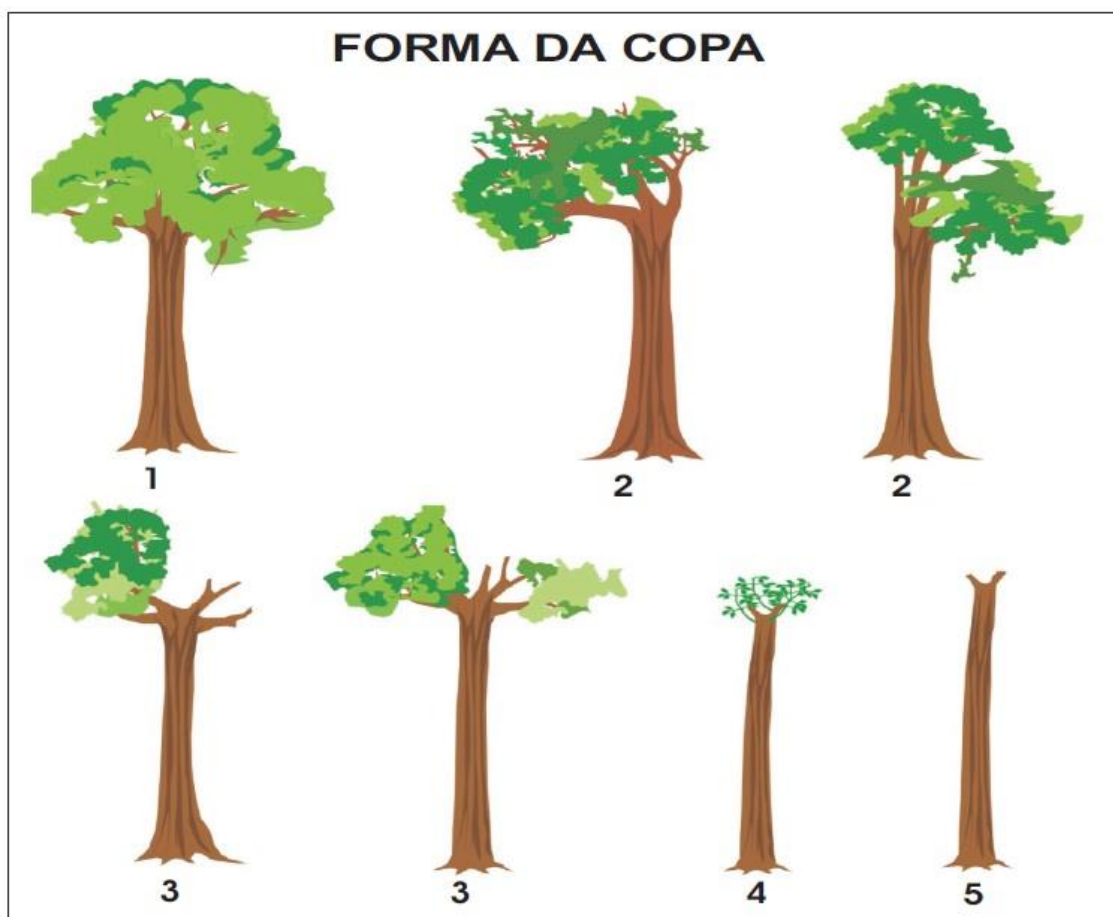


Figura 8- Classificação da forma da copa

Tabela 9 - Legenda referente a forma da copa

Código	Forma da copa
1	Copa completa irregular
2	Copa completa normal
3	Copa incompleta
4	Rebrotação
5	Sem copa

K – Presença e efeito de cipós

Descrevem a presença e efeito de cipós em um indivíduo da classe de tamanho da árvore (Figura 9 e Tabela 10).

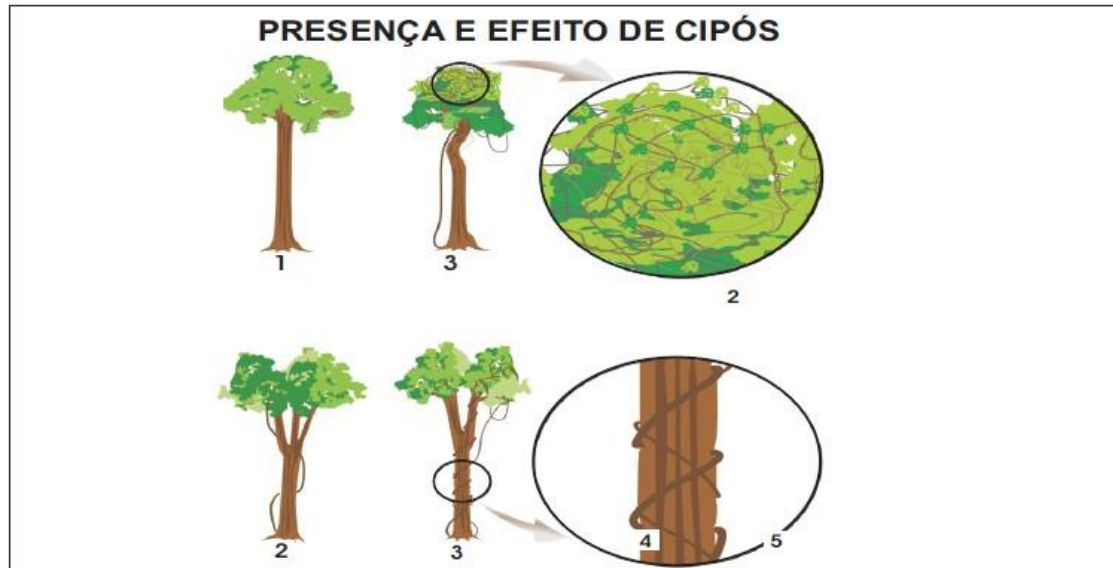


Figura 9- Tipos de presença e efeito de cipós que podem ocorrer na floresta

Tabela 10 - Legenda dos códigos referente aos tipos de cipó presente na floresta

Código	Cipó
1	Nenhum cipó na árvore
2	Cipós presentes (sem causar danos)
3	Cipós presentes (restringindo o crescimento)
4	Cipós cortados (sem causar dano)
5	Cipós cortados ( restringindo o crescimento)
6	Cipós cortados e mortos

#### 4.3 ANÁLISE DA VEGETAÇÃO

#### 4.3.1 Parâmetros fitossociológicos

Com base nos dados que foram coletados em campo foi estudada a composição florística. Os seguintes parâmetros fitossociológicos referentes à estrutura horizontal foram estimados: densidade, frequência e dominância absoluta e relativa, valor de importância e valor de cobertura para espécies, além do índice de diversidade de Shannon e Weaver ( $H'$ ) e de Equabilidade de Pielou ( $J'$ ) com base em Mueller-Dombois e Ellenberg (1974). Os dados foram tabulados e analisados por meio do programa FITOPAC 2.1 (Shepherd, 2006).

#### 4.3.2 Classificação das espécies

Para classificar os indivíduos arbóreos, utilizou-se a classificação de Swaine e Whitmore (1988) que divide em dois grupos, as pioneiras e as tolerantes.

No 2º inventário indivíduos a partir de 10 centímetros de DAP foram mensurados e considerados como ingresso. Para isso utilizou-se o cálculo da razão de ingresso de Condit *et al.* (1995) que divide o número total de plantas ingressantes em uma medição pelo número de adultos da amostragem anterior, sendo o resultado dividido pelo intervalo de tempo entre as duas medições.

A distribuição diamétrica da floresta foi realizada para ambos os períodos de medição, com o objetivo de verificar as oscilações de ingresso dentro das classes diamétricas.

#### 4.3.3 Crescimento e mortalidade

O incremento periódico anual em diâmetro foi obtido utilizando-se a fórmula:  $IPA_{DAP} = (DAP_2 - DAP_1)/t$ , onde  $DAP_1$  e  $DAP_2$  são, respectivamente,

os diâmetros obtidos na primeira e na última avaliação de campo e  $t$  é o intervalo de tempo em anos entre as duas medições.

Também a quantificação da mortalidade foi obtida após a realização do 2º inventário, calculada de acordo com o sugerido por Sheil *et al.* (1995):  $M = 1 - (N_1/N_0)^{1/t}$ , onde  $N_0$  e  $N_1$  são o número de indivíduos existentes na primeira e na segunda avaliação da população realizada num determinado intervalo de tempo ( $t$ ).

Para determinar a taxa de mortalidade escolheu apenas a UPA Tabocal pelo fato da mesma possuir quatro medições das parcelas permanentes dentro do período de oito anos, assim é possível efetuar uma estimativa com maior segurança. Foi utilizado o procedimento LIFETEST do software SAS 9.1. Para validar os valores estimados foi utilizado o teste de Wilcoxon.

#### 4.3.2 Distribuição diamétrica

A distribuição diamétrica da floresta foi realizada para ambos os períodos de medição, com o objetivo de verificar as oscilações de ingresso dentro das classes diamétricas.

#### 4.3.3 Cadeia de Markov

Para estimar as probabilidades de transição de um indivíduo que possa mudar de classe, para isso, realizou-se a razão da frequência absoluta de cada classe pela soma total da linha de cada classe. Após o processamento de uma série de dados, foi identificado o número de árvores por classe de diâmetro, que permaneceram na classe, mudaram de classe, foram perdidas por mortalidade e ingressaram.

Portanto, as probabilidades, para cada intervalo de medição, foram obtidas ao dividir o número de árvores, respectivamente, que mudaram de classe ou permaneceram na mesma classe pelo número de árvores naquela



classe no início do período de crescimento. Logo, o cálculo das probabilidades de transição foi realizado por meio da fórmula:

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_j}$$

em que  $n_{ij}$  = número de indivíduos na classe  $j$ , no tempo  $t+1$ , uma vez que estavam na classe  $i$ , no tempo  $t$ , para  $i = 1, \dots, k$  e  $j = 1, \dots, k$ ,  $n_j$  = número total de indivíduos na classe  $i$ , no tempo  $t$ .

Assim, a matriz de transição ( $G$ ) de cadeia de Markov é quadrada,  $k \times k$ , com elementos  $P_{ij}$ :

$$G = \begin{matrix} & \begin{matrix} j_1 & j_2 & j_3 & \dots & j_k \end{matrix} \\ \begin{matrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ i_k \end{matrix} & \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1k} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2k} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & \dots & P_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{k1} & P_{k2} & P_{k3} & \dots & P_{kk} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

em que  $G$  é não-negativa e a soma  $p_{i1} + p_{i2} + \dots + p_{ij} = 1$

	$j_1$	$j_2$	$j_3$	$j_4$	$j_5$	$j_6$	$j_7$	...	$j_k$
$i_1$	$a_i$	$b_i$	$c_i$					...	$P_{1k}$
$i_2$		$a_i$	$b_i$	$c_i$				...	$P_{2k}$
$i_3$			$a_i$	$b_i$	$c_i$			...	$P_{3k}$
.				$a_i$	$b_i$	$c_i$		...	$P_{4k}$
.					$a_i$	$b_i$	$c_i$	...	$P_{5k}$
$i_k$								...	$P_{kk}$

A diagonal principal de matriz  $G$  representa a proporção de árvores que permaneceram na mesma classe de tamanho ( $a_i$ ); a subdiagonal representa a proporção das árvores que se movem para a próxima classe de tamanho ( $b_i$ ); abaixo da subdiagonal estão as proporção das árvores que avançaram mais de uma classe ( $c_i$ ), na unidade de tempo; e o resto da matriz é preenchido com zeros.

Foram feitas duas projeções, uma utilizando todas as parcelas permanentes de ambas às medições (2001 e 2007) projetando para 2013. A outra projeção foi feita para a UPA Tabocal, pois existe medições dos anos de 2001, 2004 e 2007, logo utilizou-se as medições de 2001 e 2004 projetando para 2007, com isso pode-se comparar os resultados do projetado com o observado. Amas as projeções foram considerados como recrutamento DAP  $\geq$  20 cm.

A cadeia de Markov será processada por meio do software Statistical Analysis System (SAS) versão 9.1.3 (SAS Institute, 2004). Para verificar se os dados observados se ajustam a cadeia de transição probabilística foi utilizado o teste do  $\chi^2$ .

#### 4.3.4 Análise estatística

Para analisar a dinâmica da floresta para cada variável foi testado um modelo estatístico. Para análise da diversidade para os anos de 2001 e 2007 foi utilizado o teste t descrito por Poole (1974) e Magurran (1988) que compara a diversidade de Shannon em duas amostras (2001 e 2007), foi utilizado o software PAST.

Índice de Shannon

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i - \frac{S-1}{2N}$$

Onde:

S...: número de espécies

N...: número de indivíduos

$p_i$ ...: proporção de 0 a 1 da espécie

Estimativa da variância

$$\text{Var } H' = \frac{\sum p_i (\ln p_i)^2 - \sum (p_i \ln p_i)^2}{N} - \frac{S-1}{2N^2}$$

Test t

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2}}$$

Distribuição de frequência do test t

$$df = \frac{(\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^2}{\frac{(\text{Var } H'_1)^2}{N_1} + \frac{(\text{Var } H'_2)^2}{N_2}}$$

O volume foi calculado por alometria, pela equação (FUNTAC, 1995):

$$V = 0,000308 \cdot (\text{DAP})^{2,1988}$$

Onde:

V= Volume em m<sup>3</sup>

DAP = diâmetro altura do peito

r<sup>2</sup> = 0,9426

erro = 0,1441

Utilizou-se a variável volume para verificar se os talhões apresentam diferença estatística entre si para cada ano da medição (2001 e 2007), para isso usou a análise da variância a 5% de significância. Caso tenha sido ocorrida significância, realizou o teste de *Tukey* para identificar aonde ocorreu essa diferença.

Ajustou-se o modelo linear  $\text{IPA}_{\text{DAP}} = \beta_0 + X_{ij}\beta_1 + Y_{ij}\beta_2 + Z_{ij}\beta_3 + \epsilon$ , onde:

X: classe diamétrica;

i: iésimo valor da observado

j: valores de classe diamétrica, onde j = 1,2...9,10

Y: iluminação de copa

i: iésimo valor observado

j: valores da iluminação da copa, onde  $j = 0,1,2,3,4$

Z: grupo ecológico

l: iésimo valor observado

J: valores de grupo ecológico, onde  $j = (1,2,3)$

Recorrendo-se ao procedimento PROC GENMOD (modelo linear generalizado) para determinar um modelo de crescimento para a área utilizando as variáveis independentes classe de diâmetro, iluminação da copa e grupo ecológico onde o resultado, ou seja, variável resposta é o incremento periódico anual de diâmetro ( $IPA_{DAP}$ ) para a FEA.

## 5 RESULTADOS

A área amostrada correspondeu a 38 hectares, representando 0,34% da área total da FEA.

### 5.1 DIVERSIDADE

Na tabela 11 está apresentado o resumo do número de indivíduos, espécies, famílias e parcelas de cada medição, juntamente com os valores do índice de diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ) e equabilidade de Pielou ( $J$ ).

Mediu-se em 2001 38 parcelas permanentes, totalizando 8.023 indivíduos amostrados, distribuídos em 362 espécies e 63 famílias. O índice de diversidade de Shannon e Weaver foi de 5,061 e a equabilidade de Pielou 0,859 o que indica que a área possui alta taxa de diversidade e que os indivíduos estão bem distribuídos entre as espécies.

Em 2007 levantou-se 15.125 indivíduos, distribuídos em 429 espécies e 69 famílias, o índice  $H'$  foi 5,082 e a equabilidade de Pielou foi 0,838, valores

muito próximos da medição anterior, embora tenha ocorrido à entrada de dezenas de espécies.

Os valores identificados para o índice de Shannon-Weaver coincidem com o proposto por Amaro (1996); segundo esse autor as florestas do Acre apresentam índice variando de 5,21 a 4,79 H'. Souza *et al.* (2009), trabalhando na mesma área, mas utilizando amostragem menor afirma que o índice H' é de 4,79. A equabilidade de Pielou foi 0,85, inferindo afirmar que as proporções indivíduos/espécies são parcialmente homogêneas, não havendo dominância clara de uma ou mais espécies.

Tabela 11 - Quantidade de indivíduos, espécies, famílias, parcelas instaladas no decorrer das medições e os índices de diversidades e equabilidade.

Medição	Indivíduos	Espécies	Famílias	Parcelas	H'	J
2001	8.023	362	63	38	5,061	0,859
2007	15.125	429	69	38	5,082	0,838

Um fator a ser levado em consideração é a grande quantidade de clareiras que surgiram após a exploração seletiva de madeira ocorrida na região. Com isso, acarretou no aumento da dinâmica da floresta, devido às altas taxas de luminosidade, biomassa, espaço, nutrientes disponíveis.

## 5.2 PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS

As espécies com maior número de indivíduos em 2001 foram *Tetragastris altissima* (349), *Nealchornea japurensis* (324) e *Pseudolmedia laevis* (286) como se pode observar na Tabela 12. Em 2007 as mesmas espécies continuaram tendo a maior riqueza com 523, 521 e 545 indivíduos, respectivamente (Tabela 14).

As espécies *Tetragastris altissima* (4,35%), *Nealchornea japurensis* (4,04%) e *Pseudolmedia laevis* (3,56%) foram as mais abundantes

relativamente na medição de 2001 (Tabela 12). Persistiram em 2007, no entanto com menores valores 3,46%, 3,44% e 3,60%, respectivamente (Tabela 14), o que indica que pelo fato da floresta ainda estar em construção, devido à exploração, logo ocorre grande competição entre as espécies, acarretando mudanças nas proporções das mesmas. Souza (2009) também encontrou as espécies *Nealchornea japurensis* e *Pseudolmedia laevis* como sendo umas das mais abundantes 6,13% e 4,12%, respectivamente.

No trabalho realizado por Oliveira e Sant'Anna (2003) no sudoeste do Acre pode-se constatar resultados semelhantes, *Tetragastris altissima* (6,91%) e *Pseudolmedia laevis* (4,75%) foram as espécies mais abundantes seguido da *Metrodorea flavia* (3,64%).

Quanto a frequência relativa, *Pourouma* sp., *Castilla ulei*, *Pseudolmedia laevis* e *Clarisia racemosa* foram as que estavam mais presentes nas parcelas amostradas em 2001. Comparando com 2007, pode-se perceber que *Pourouma* sp., *Celtis* sp. *Castilla ulei* foram as mais frequentes levantadas das unidades amostrais mensuradas, no entanto os seus valores diminuíram, estando mais uniforme com o restante das espécies. No trabalho de Oliveira e Sant'Anna (2003) *Pseudolmedia laevis* e *Brosimum uleanum* foram as mais frequentes.

Geralmente as espécies com maior número de árvores são as que possuem maior dominância relativa, pois conseguem abranger uma área maior como é o caso da *Tetragastris altissima* (5,07%) verificado em 2001 (Tabela 12). Em 2007 esta espécie continuou sendo a espécie com maior dominância, 4,94%, no entanto, com uma quantidade de indivíduos superior *Pseudolmedia laevis* representa uma dominância de apenas 2,57%, o que demonstra que a maioria dos indivíduos são jovens, com pouco incremento volumétrico. Enquanto que a espécie *Dialium guianense* apresenta um cenário diferente, com quase quatro vezes menos indivíduos que a espécie *Pseudolmedia laevis*, sua dominância relativa foi correspondente a 2,13%, indicando que os poucos indivíduos levantados possuem grande incremento em biomassa (Tabela 14).

As espécies com maior IVI em 2001 foram *Tetragastris altissima* (10,21), *Nealchornea japurensis* (7,50) e *Pseudolmedia laevis* (6,81) como pode observar na tabela 12, as mesmas espécies foram identificadas por Souza *et al.* (2009). Em 2007 as mesmas espécies continuaram sendo as mais bem

ranqueadas 8,96, 7,06 e 6,87 de IVI, respectivamente (Tabela 14). Resultados similares foram encontrados por Oliveira e Sant'Anna (2003) onde *Tetragastris altissima* (14,70) e *Metrodorea flavia* (6,27) foram as espécies com maior valor de importância.

Tabela 12 – As 10 Espécies com altos valores fitossociológicos na medição de 2001.

Espécies	Nº Ind.	Densidade		Frequência		Dominância		Índices	
		Abs.	Rel. (%)	Abs.	Rel. (%)	Abs.	Rel. (%)	IVI	IVC
<i>Tetragastris altissima</i>	349	9,2	4,35	65,79	0,79	0,86	5,07	10,21	9,42
<i>Nealchornea japurensis</i>	324	8,5	4,04	65,79	0,79	0,45	2,67	7,50	6,71
<i>Pseudolmedia laevis</i>	286	7,5	3,56	76,32	0,92	0,40	2,33	6,81	5,89
<i>Pourouma</i> sp.	191	5,0	2,38	89,47	1,07	0,36	2,09	5,54	4,47
<i>Dialium guianense</i>	108	2,8	1,35	71,05	0,85	0,41	2,42	4,62	3,77
<i>Mabea caudata</i>	139	3,7	1,73	55,26	0,66	0,16	0,92	3,31	2,65
<i>Castilla ulei</i>	100	2,6	1,25	84,21	1,01	0,35	2,04	4,30	3,29
<i>Celtis</i> sp	110	2,9	1,37	76,32	0,92	0,17	1,02	3,31	2,40
<i>Sclerolobium</i> sp	94	2,5	1,17	68,42	0,82	0,21	1,21	3,20	2,38
<i>Clarisia racemosa</i>	111	2,9	1,38	76,32	0,92	0,30	1,76	4,06	3,14

Tabela 13 - Parâmetros fitossociológicos das 10 famílias com os maiores valores na medição de 2001.

Famílias	Nº Ind.	Densidade		Frequência		Dominância		Índices		% sp
		Abs.	Rel. (%)	Abs.	Rel. (%)	Abs.	Rel. (%)	IVI	IVC	
Moraceae	1216	32,0	15,16	100,00	2,83	2,53	14,85	32,83	30,00	6,63
Euphorbiaceae	923	24,3	11,50	100,00	2,83	1,40	8,26	22,59	19,76	6,08
Caesalpiniaceae	467	12,3	5,82	100,00	2,83	1,63	9,59	18,23	15,41	4,42
Burseraceae	364	9,6	4,54	84,21	2,38	0,88	5,18	12,10	9,72	1,38
Lecythidaceae	206	5,4	2,57	100,00	2,83	1,11	6,54	11,93	9,10	3,04
Malvaceae	288	7,6	3,59	97,37	2,75	0,86	5,04	11,38	8,63	4,14
Fabaceae	256	6,7	3,19	100,00	2,83	0,74	4,36	10,38	7,55	6,08
Cecropiaceae	321	8,4	4,00	100,00	2,83	0,58	3,43	10,25	7,43	2,21
Mimosaceae	273	7,2	3,40	100,00	2,83	0,61	3,57	9,80	6,98	5,80
Meliaceae	254	6,7	3,17	92,11	2,60	0,51	3,00	8,77	6,16	3,04

As famílias com maior riqueza de espécies em 2001 foram Moraceae (24 espécies), 6,63%, Euphorbiaceae e Fabaceae (22 espécies), 6,08%,

Mimosaceae (21 espécies) 5,80% e Caesalpinaceae (16 espécies) 4,42%, juntas totalizaram 29,01% dos indivíduos levantados (tabela 13), enquanto que em 2007 Mimosaceae (29 espécies) 6,76%, Moraceae e Fabaceae (27 espécies) 6,29%, Euphorbiaceae (25 espécies) 5,83% e Caesalpinaceae (15 espécies) 4,20%, justas totalizaram 29,37% (tabela 15). Cerca de 33,3% das famílias (23) possuem apenas uma espécie, o que infere afirmar que a diversidade de espécies concentra-se em poucas famílias.

Os resultados foram similares com o trabalho desenvolvido por Souza *et al.* (2009) que identificaram na FEA as famílias com maior riqueza de espécies sendo Moraceae (21 espécies), Malvaceae (20 espécies), Fabaceae (18 espécies), Euphorbiaceae (16 espécies) e Mimosaceae e Caesalpinaceae (15 espécies cada), justas somam 36,4% da riqueza da área.

Tabela 14 - Parâmetros fitossociológicos das 10 espécies com maiores valores no ano de 2007.

Espécies	Nº Ind.	Densidade		Frequência		Dominância		Índices	
		Abs.	Rel. (%)	Abs.	Rel. (%)	Abs.	Rel. (%)	IVI	IVC
<i>Tetragastris altissima</i>	523	13,8	3,46	68,42	0,56	1,07	4,94	8,96	8,39
<i>Nealchornea japurensis</i>	521	13,7	3,44	68,42	0,56	0,66	3,06	7,06	6,50
<i>Pseudolmedia laevis</i>	545	14,3	3,60	84,21	0,69	0,56	2,57	6,87	6,18
<i>Pourouma</i> sp.	405	10,7	2,68	97,37	0,80	0,61	2,83	6,31	5,50
<i>Celtis</i> sp.	255	6,7	1,69	97,37	0,80	0,29	1,32	3,81	3,01
<i>Dialium guianense</i>	143	3,8	0,95	81,58	0,67	0,46	2,13	3,75	3,08
<i>Mabea caudata</i>	301	7,9	1,99	57,89	0,48	0,27	1,25	3,72	3,24
<i>Clarisia racemosa</i>	194	5,1	1,28	81,58	0,67	0,37	1,74	3,69	3,02
<i>Castilla ulei</i>	136	3,6	0,90	94,74	0,78	0,40	1,87	3,55	2,77
<i>Sclerolobium</i> sp.	216	5,7	1,43	86,84	0,72	0,30	1,40	3,54	2,83

Tabela 15 - Fitossociologia das 10 famílias com valores mais expressivos presentes na medição de 2007.

Famílias	Nº Ind.	Densidade		Frequência		Dominância		Índices		
		Abs.	Rel. (%)	Abs.	Rel. (%)	Abs.	Rel. (%)	IVI	IVC	% sp
Moraceae	2150	56,6	14,21	100,00	2,48	3,12	14,43	31,12	28,65	6,29
Euphorbiaceae	1800	47,4	11,90	100,00	2,48	1,91	8,87	23,25	20,77	5,83
Caesalpinioideae	875	23,0	5,79	100,00	2,48	1,82	8,45	16,72	14,24	4,20
Mimosoideae	1050	27,6	6,94	100,00	2,48	1,15	5,33	14,75	12,27	6,76



Cecropiaceae	759	20,0	5,02	100,00	2,48	1,03	4,75	12,25	9,77	2,10
Burseraceae	572	15,1	3,78	89,47	2,22	1,10	5,08	11,08	8,86	1,17
Lecythidaceae	307	8,1	2,03	100,00	2,48	1,24	5,76	10,27	7,79	3,03
Fabaceae	459	12,1	3,03	100,00	2,48	0,89	4,12	9,64	7,16	6,29
Malvaceae	459	12,1	3,03	100,00	2,48	0,85	3,92	9,44	6,96	2,80
Meliaceae	473	12,4	3,13	100,00	2,48	0,62	2,89	8,49	6,01	3,03

### 5.3 COMPARAÇÃO DA DIVERSIDADE

De acordo com os resultados da comparação da diversidade entre os dois períodos (2001 e 2007) o teste t foi -1,82, com distribuição de frequência 16344, a probabilidade (p) foi 0,068 o que demonstra que a diversidade comparada em dois momentos do tempo não são significativamente diferentes a 95% de probabilidade, logo as mesmas não sofrerem mudanças significativas que pudessem ser detectadas, apresentando ainda resultados semelhantes.

### 5.4 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

Entre 2001 e 2007 houve um grande aumento no número de indivíduos por hectare, onde a maior parte do recrutamento concentrou-se na primeira classe diamétrica, 10 – 20 (Figura 10). As outras classes diamétricas identificou-se aumentos menos expressivos.

Como é de se esperar de uma floresta tropical como essa, a distribuição foi a exponencial com forma de “J invertido”, pode-se comprovar pelas Figuras 10 e 11 onde em 2001 (antes da exploração) cerca de 91,5% (194 indivíduos.ha<sup>-1</sup>) das árvores possuem DAP menor que 50 cm, já em 2007 (seis anos após a exploração) esse valor foi de 94,2% (375 indivíduos.ha<sup>-1</sup>), enquanto que em 2001 8,46% (18 indivíduos.ha<sup>-1</sup>) das árvores estão acima de 50 cm de DAP e em 2007 representou 5,8% (23 indivíduos.ha<sup>-1</sup>) do total de árvores amostradas em cada medição.

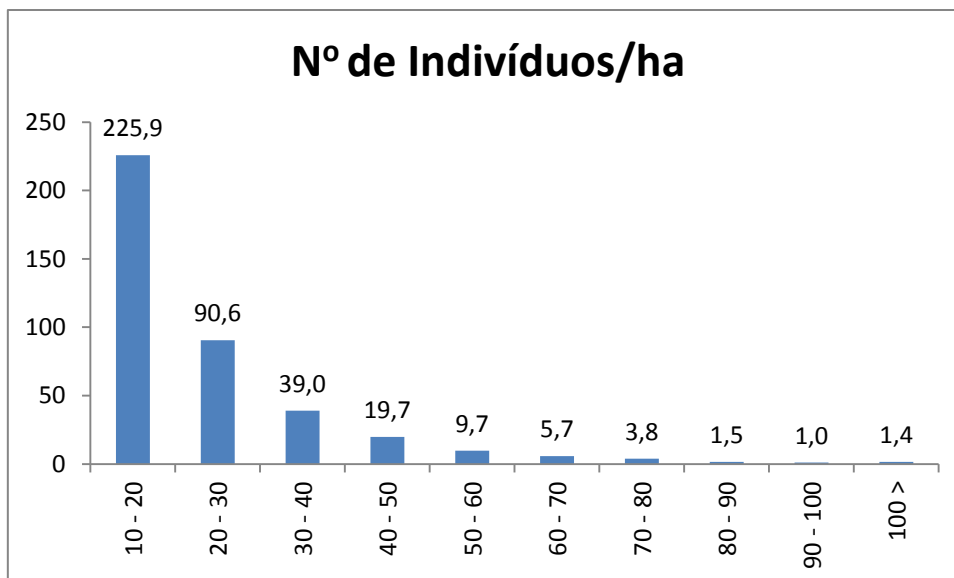


Figura 10 - Distribuição diamétrica por hectare para a medição de 2001

Os resultados foram similares ao de Souza *et al.* (2009) que por sua vez na medição feita em 2007 verificou que 88,9% (164,6 indivíduos.ha<sup>-1</sup>) das árvores são menores que 50 cm de DAP e 11,0% (20,4 indivíduos.ha<sup>-1</sup>) são maiores que 50 cm de DAP.

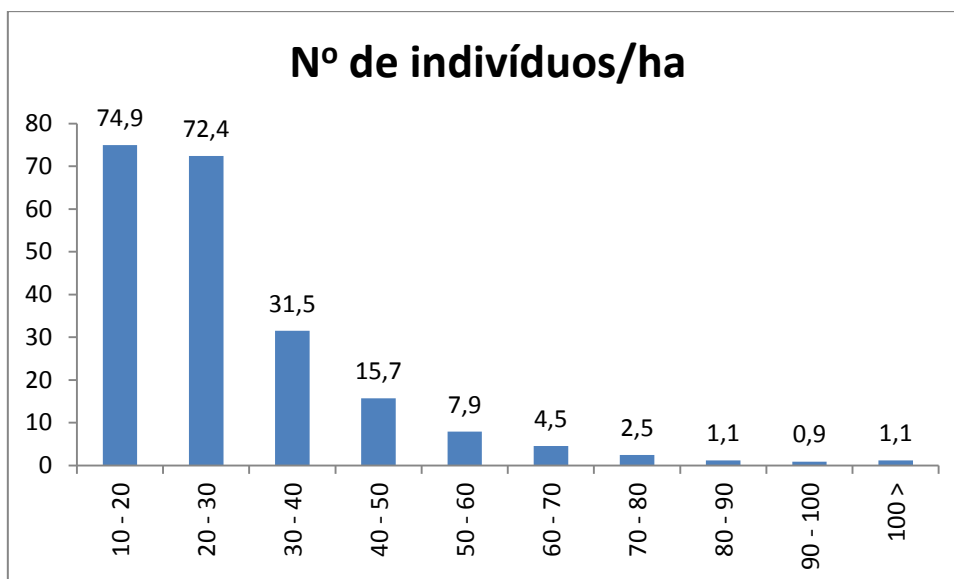


Figura 11 - Distribuição diamétrica por hectare para a medição de 2007

A diferença no número de indivíduos por hectare entre as medições é devido a retirada de alguns indivíduos que proporcionou liberação de espaço, fornecimento de luz e nutrientes resultando na mudança do comportamento da competição, possibilitando um crescimento acelerado de árvores heliófitas e com alta adaptabilidade, fazendo com que ocorresse ingresso. O ingresso ocorrido neste período concentrou-se majoritariamente na primeira classe diamétrica, já nas classes diamétricas acima de 50 cm os valores referente ao número de indivíduos tanto para medição de 2001 quanto 2007 foram bem parecidos, demonstrando que ocorre pouca saída e entrada de indivíduos ao sistema.

## 5.5 ÁREA BASAL E VOLUME

A área basal média para os sete talhões estudados em 2001 foi de 17,49  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ , para a variável volume foi de 145,92  $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$  (Tabela 16), em 2007 a média da área basal foi de 21,58  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ , enquanto que o volume foi o 175,71  $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$  (Tabela 17). O incremento periódico anual em volume da floresta dentro do período de seis anos foi de 4,96  $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ .

Oliveira e Braz (2006), verificam no sudoeste da Amazônia, em uma floresta após a exploração, área basal de 21,12  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ , com incremento médio anual de 0,76  $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ . Oliveira (2003) na mesma região obteve área basal variando de 20,30  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$  a 24,23  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ . Oliveira *et al.* (2004) trabalhando realizado na floresta estadual do Antimary observou a área basal variando de 16,76  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$  a 29,10  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ . Vasconcelos (2003), na região do baixo Acre (próximo de Rio Branco), obteve a área basal de 24,23  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ .

Quase todos os valores do erro foram superiores a 10%, apenas o do talhão Chico Bocão em 2007 teve o erro inferior a 10%, o que indica semelhança entre as médias das espécies. Pode-se observar que os erros gerados para a variável área basal foram menores que as do volume, mas praticamente, mesmo assim, foram superiores a 10%.

Tabela 16 - Volume e área basal por hectare para os sete talhões da FEA da medição de 2001, Acre, Brasil.

Parcelas	Chico Bocão		Cumarú		Dois Barracos		Jatobá		Porção		STCP		Tabocal	
	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )
1	191,22	22,50	137,74	16,67	157,95	18,72	150,42	18,29	175,44	21,20	70,40	8,94	205,29	22,77
2	174,69	21,18	170,00	20,50	149,60	18,37	149,99	17,72	127,80	15,93	129,29	15,34	133,38	16,24
3	178,19	21,26	240,12	26,94	-	-	224,66	26,57	-	-	108,44	12,80	139,53	16,44
4	170,86	20,70	142,61	16,16	-	-	-	-	-	-	141,40	16,71	101,24	12,51
5	200,03	23,10	98,55	12,06	-	-	-	-	-	-	165,47	18,10	92,10	11,39
6	145,10	17,77	155,85	18,09	-	-	-	-	-	-	147,56	17,71	69,88	8,87
7	140,57	16,73	231,26	26,59	-	-	-	-	-	-	114,02	13,69	100,17	12,56
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	123,62	14,92
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128,72	15,83
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74,26	9,57
Média	171,52	20,46	168,02	19,57	153,78	18,54	175,02	20,86	151,62	18,56	125,23	14,76	116,82	14,11
Desv. Pad.	22,03	2,36	51,22	5,53	5,91	0,25	42,99	4,95	33,68	3,73	31,12	3,23	39,37	4,07
Coef. Var.	12,84	11,55	30,48	28,23	3,84	1,34	24,56	23,75	22,22	20,07	24,85	21,92	33,70	28,85
IC (95%)	16,32	1,75	37,94	4,09	8,19	0,35	48,64	5,61	46,68	5,16	23,05	2,40	24,40	2,52
Erro (%)	11,88	10,68	28,19	26,11	34,51	12,07	61,01	58,99	199,61	180,35	22,98	20,28	24,11	20,64

\*Equação utilizada para o volume:  $V = 0,000308*(DAP)^{2,1988}$ ,  $r^2 = 0,9426$ , erro = 0,1441.

Tabela 17 - Volume e área basal por hectare para os setes talhões da FEA da medição de 2007, Acre, Brasil.

Parcelas	Chico Bocão		Cumaru		Dois Barracos		Jatobá		Porção		STCP		Tabocal	
	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	G (m <sup>2</sup> )
1	196,30	24,06	169,36	20,96	177,23	21,05	191,87	23,58	173,82	21,25	81,99	10,68	264,64	30,69
2	195,60	24,35	209,86	25,88	160,14	19,66	186,46	22,72	115,14	14,72	152,92	18,46	193,14	24,19
3	207,19	25,12	274,30	31,27	-	-	242,48	29,21	-	-	128,09	15,58	178,44	22,28
4	214,97	26,50	187,01	21,88	-	-	-	-	-	-	162,08	19,79	147,21	18,72
5	214,77	25,66	116,87	14,78	-	-	-	-	-	-	200,80	22,90	206,45	24,95
6	194,03	24,23	169,33	20,43	-	-	-	-	-	-	189,17	22,92	133,17	17,24
7	158,35	20,26	256,30	29,71	-	-	-	-	-	-	154,13	18,77	146,83	18,87
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	201,46	24,21
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	182,77	23,00
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131,80	17,32
Média	197,31	24,31	197,58	23,56	168,68	20,35	206,93	25,17	144,48	17,98	152,74	18,44	178,59	22,15
Desv. Pad.	19,35	1,99	54,32	5,76	12,09	0,98	30,90	3,52	41,50	4,61	39,46	4,29	41,07	4,22
Coef. Var.	9,81	8,18	27,49	24,45	7,17	4,82	14,93	13,99	28,72	25,65	25,83	23,26	23,00	19,03
IC (95%)	14,34	1,47	40,24	4,27	16,75	1,36	34,96	3,98	57,51	6,39	29,23	3,18	25,45	2,61
Erro (%)	9,07	7,57	25,43	22,62	64,38	43,33	37,09	34,74	258,06	230,43	23,89	21,51	16,45	13,62

\*Equação utilizada para o volume:  $V = 0,000308*(DAP)^{2,1988}$ ,  $r^2 = 0,9426$ , erro = 0,1441.

## 5.6 ANOVA

O volume quantificado nos sete talhões em ambas as medições, diferiu significativamente entre as parcelas estudadas,  $p = 0,0014$  como pode-se observar na análise da variância (Tabela 18). Para identificar qual UPA é estatisticamente diferente, realizou-se o teste de comparação médias de *Tukey* a 5% de significância (Tabela 19) e pode constatar que os talhões Stcp e Tabocal em 2001 diferiram o volume em relação aos talhões Chico Bocão, Cumaru e Tabocal (observações de 2007) e apenas Tabocal (em 2001) diferiu de Jatobá (2007).

Isso ocorreu provavelmente devido o aumento do número de indivíduos que entraram no sistema nas observações de 2007, já que esses talhões foram os que sofreram a maior parte do ingresso de toda a amostragem, o restante das comparações de médias não foram estatisticamente diferentes ao nível testado (tabela 10).

Tabela 18 - Análise de variância para volume total para as UPA's estudadas, Acre, Brasil.

Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	valor- <i>P</i>
UPA's	13	59165,0483	4551,2	3,08	0,0014
Erro	62	91527,1853	1476,2		
Total	75	150692,2336			

Tabela 19 - Teste de comparação de médias de *Tukey* a 5% de significância para a variável volume em ambas as medições

	CB <sub>1</sub>	CB <sub>2</sub>	Cu <sub>1</sub>	Cu <sub>2</sub>	DB <sub>1</sub>	DB <sub>2</sub>	Ja <sub>1</sub>	Ja <sub>2</sub>	Po <sub>1</sub>	Po <sub>2</sub>	St <sub>1</sub>	St <sub>2</sub>	Ta <sub>1</sub>	Ta <sub>2</sub>
CB <sub>1</sub>		0,992	1	0,991	1	1	1	0,986	1	1	0,593	1	0,211	1
CB <sub>2</sub>			0,975	1	0,977	1	1	1	0,966	0,903	**0,047	0,651	**0,005	0,999
Cu <sub>1</sub>				0,973	1	1	1	0,969	1	1	0,709	1	0,301	1
Cu <sub>2</sub>					0,976	1	1	1	0,964	0,899	**0,046	0,642	**0,005	0,999
DB <sub>1</sub>						1	1	0,960	1	1	1	1	0,992	1
DB <sub>2</sub>							1	0,998	1	1	0,977	1	0,892	1
Ja <sub>1</sub>								0,999	1	1	0,830	1	0,560	1
Ja <sub>2</sub>									0,946	0,876	0,139	0,734	**0,041	0,997
Po <sub>1</sub>										1	1	1	0,996	1
Po <sub>2</sub>											1	1	1	0,996
St <sub>1</sub>												0,985	1	**0,243
St <sub>2</sub>													0,820	0,983
Ta <sub>1</sub>														**0,038
Ta <sub>2</sub>														

\*\*Difere estatisticamente a 5% de nível de significância

Legenda: CB - Chico Bocão; Cu - Cumarú; DB - Dois Barracos; Ja - Jatobá; Po - Porção; St - Stcp; Ta - Tabocal; 1 - Medição de 2001; 2 - Medição de 2007.

Foi realizada outra análise da variância comparando, dessa vez, os volumes de ambas as medições por classe diamétrica a 5% de significância. Percebeu-se que houve diferença significativa,  $p = <,0001$  (tabela 20), através do teste de *Tukey* a 5% de significância, pode identificar aonde ocorreu diferença. Não é o objetivo comparar a diferença ocorrida entre classes diamétricas

diferentes, pois como pode observar cerca de 75% dos dados foram estatisticamente diferente, o objetivo real é verificar entre a mesma classe diamétrica em dois períodos (2001 e 2007), para analisar se estatisticamente elas são diferentes.

Em virtude disso, a única classe diamétrica que apresentou diferença significativa de número de indivíduos do ano de 2001 para o ano de 2007 foi a classe 10 – 20 cm (figura 12), isso provavelmente ocorreu devido o efeito do ingresso que representou aproximadamente 83% do total ocorrido. O restante das classes ocorreram recrutamentos menores aonde não foram suficientes para diferirem estatisticamente.

Tabela 20 - Anova para a variável volume separando os dados por classe diamétrica

Fonte da variação	GL	SQ	MQ	F	valor- <i>P</i>
CD	19	2.5845	1360,3	5.274,3	<,0001
Erro	25.264	6.515,8	0,2579		
Total	25.283	3.2361			

Legenda: CD - Classe diamétrica

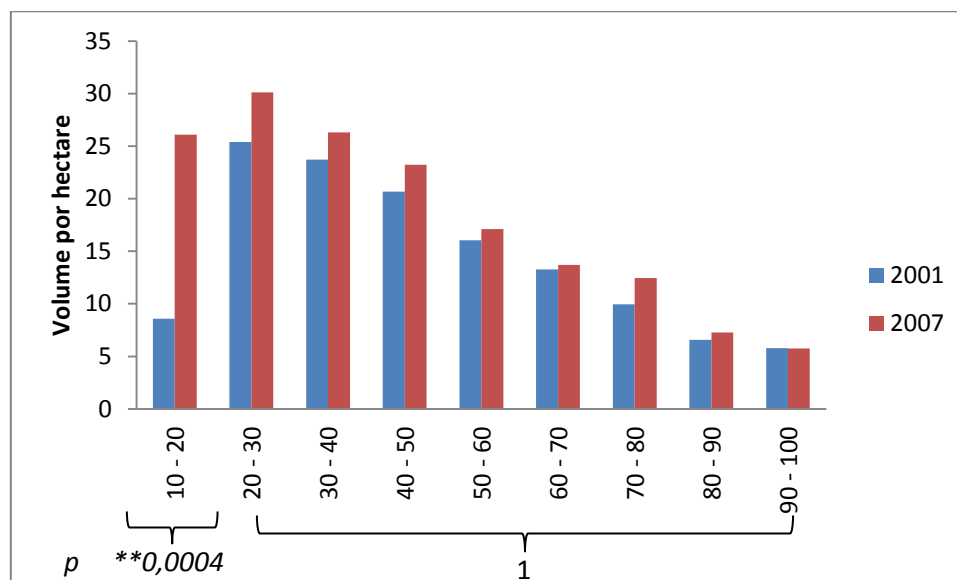


Figura 12 - Teste de médias utilizando Tukey a 5% de significância para as classes diamétricas entre os anos de 2001 e 2007.



\*\*Difere estatisticamente a 5% de nível de significância

## 5.7 MORTALIDADE

A taxa de mortalidade encontrada no período de oito anos (quatro medições realizadas) foi de 3,87%. O teste de Wilcoxon apresentou probabilidade inferior a 0,0001 indicando que houve diferença significativa entre os períodos da medição. As pequenas variações desta taxa nas diferentes classes de diâmetro não permitiu identificar maior ou menor mortalidade em nenhuma classe de diâmetro.

A classe 80 – 90 foi a que apresentou maior proporção de mortes de indivíduos enquanto que a classe 10 – 20 apresentou a menor. Percebe-se que a saída de indivíduos das classes superiores em critério de proporção da classe representam valores mais elevados se comparados com a saída de indivíduos das classes inferiores, que por sua vez possuem alto número de árvores, logo a morte de algumas árvores das classes inferiores representa uma pequena porção da mesma como pode observar na Figura 13.

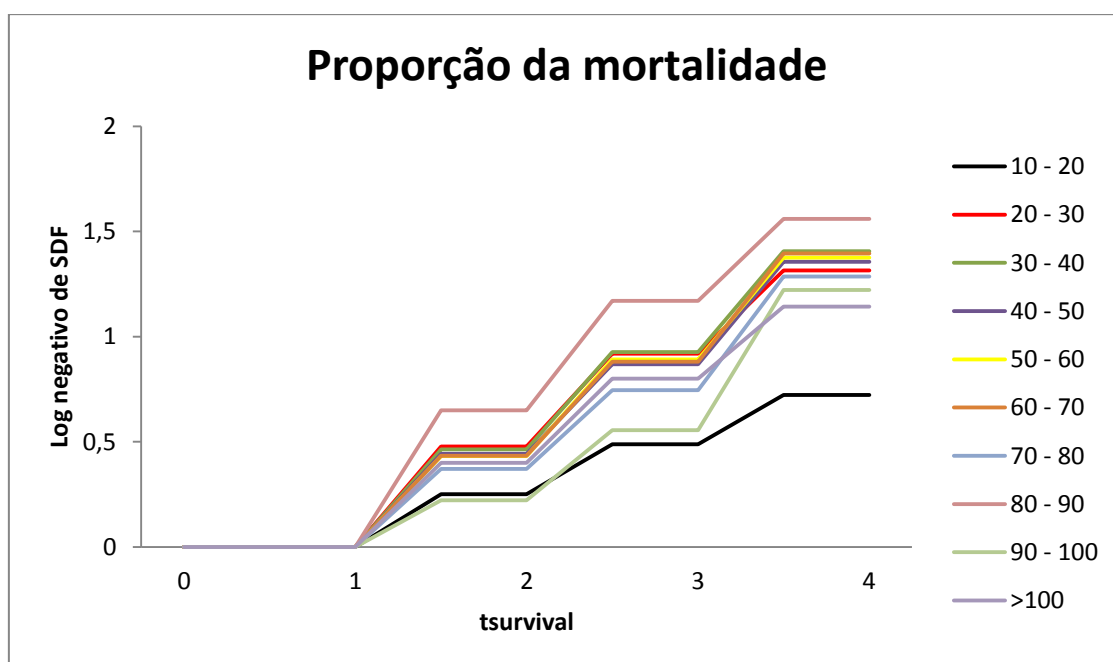


Figura 13 - Proporção da mortalidade das árvores por classe diamétrica para UPA Tabocal no período de 2001 a 2007

O resultado encontrado referente à taxa de mortalidade foi similar ao de outros autores, como Oliveira e Braz (2006) que identificaram em uma área após quatro anos da medição 3,2% de taxa de mortalidade. Oliveira *et al.* (2004) encontraram na mesma área de estudo 3,5% de árvores mortas por ano.

Manokaran e Kochummen (1987) afirmam que a taxa de mortalidade normal esperada para uma floresta tropical não perturbada por exploração é de 1% a 3%. Considerando que a área de estudo sofreu exploração seletiva de madeira e a presença de tempestades com fortes ventos provocaram a queda elevada de árvores possivelmente explicando a taxa de mortalidade ter sido acima dos autores anteriores.

Segundo Azevedo (1993), após a exploração de madeira em uma floresta a taxa de mortalidade será alta no início, com o tempo, a maior parte das árvores pioneiras terão morrido e serão substituídas por espécies mais tolerantes, portanto a mortalidade estará mais estabilizada.

## 5.8 MODELO CRESCIMENTO

Realizou-se a análise de regressão linear múltipla para a variável dependente  $IPA_{DAP}$  transformada (onde  $IPA_{DAP} = \sqrt{IPADAP + 1}$ ) e variáveis independentes classe de diâmetro, iluminação da copa e grupo ecológico, obteve-se, conforme a tabela 21, que o modelo foi significativo ( $<0,0001$ ), mas produziu estimativas de baixa precisão ( $R^2 = 0,0649$  e  $CV = 1.287,33\%$ ).

Tabela 21- Análise da variância da regressão do  $IPA_{DAP}$

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Regressão	3	1.506,879	502,293	238,58	<0,0001
Erro	10.304	21.693,786	0,02105		
Total	10.307	23.200,665			

Tabela 22 - Estimativas dos parâmetros do modelo para o crescimento ( $IPA_{DAP}$ )

Coeficientes	Parâmetro	Erro	t	Pr>t
$\beta_0$	126,464	0,00774	163,45	<0,0001
$\beta_1$	0,00206	0,00100	2,05	0,0403
$\beta_2$	-0,04357	0,00234	-18,65	<0,0001
$\beta_3$	-0,02340	0,00177	-13,19	<0,0001

Em casos desse tipo a floresta tendo uma distribuição logarítmica negativa, como é o da floresta tropical e esteja trabalhando com dados repetidos e variáveis categóricas, é possível utilizar o procedimento PROC GENMOD do software estatístico SAS para gerar uma nova estimativa dos valores para  $IPA_{DAP}$  utilizando o modelo gerado. O algoritmo converge (BIC = -10510,05) em todos as variáveis independentes.

Foram significativos a 5% de significância (tabela 23), mas o modelo não gera valores de  $R^2$  e coeficiente de variação, portanto os valores preditos para  $IPA_{DAP}$  foram utilizados como variável independente para a análise de regressão linear múltipla, aonde os mesmos foram transformados para  $IPA_{DAP(pred)} = IPA_{DAP(pred)}^2$ , uma vez que a distribuição dos valores observados e preditos não diferiram significativamente ( $p > X^2 = 0,9778$ ).

Tabela 23 - Estimativas dos novos parâmetros do modelo gerado pela análise de máximo verossimilhança para estatística de multiplicadores de lagrange; ( $p > X^2 = 0,9778$ ).

Coeficientes	Parâmetro	Erro	$x^2$	Pr>t
$\beta_0$	12,646	0,0077	26717,3	<0,0001
$\beta_1$	0,0021	0,0010	4,21	0,0403
$\beta_2$	-0,0436	0,0023	347,69	<0,0001
$\beta_3$	-0,0234	0,0018	173,91	<0,0001

Foi gerado um modelo de regressão linear múltiplo significativo para a variável  $IPA_{DAP}$ . A tabela 24 corresponde à análise da variância, indicando que as variáveis independentes são significativamente diferentes ( $p < 0,0001$ ), ao

nível de significância de 1%, em relação a variável dependente  $IPA_{DAP}$ , comprovando que as variáveis escolhidas para esse modelo geram grande influência na variável dependente.

Na tabela 25 são apresentadas as estimativas dos parâmetros do modelo, seguido dos erros e probabilidades.

Tabela 24 - Análise da variância da regressão para os valores preditos para variável  $IPA_{DAP}$  ( $R^2 = 0,9963$ ;  $CV = 6,82\%$ )

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Regressão	3	2.990.833	996,944	923813	<0,0001
Erro	10.304	11.120	0,00001079		
Total	10.307	3.001.953			

Tabela 25 – Estimativas de parâmetros para o modelo de crescimento para os valores preditos para variável  $IPA_{DAP}$

Coeficientes	Parâmetro	Erro	t	Pr>t
$\beta_0$	0,59709	0,00017517	3408,69	<0,0001
$\beta_1$	-0,00273	0,00002272	-120,36	<0,0001
$\beta_2$	0,06252	0,00005290	1181,94	<0,0001
$\beta_3$	0,03179	0,00004018	791,29	<0,0001

O modelo criado foi:

$$\sqrt{IPA_{DAP}} = \beta_0 + X_{ij}\beta_1 + Y_{ij}\beta_2 + Z_{ij}\beta_3$$

$$\sqrt{IPA_{DAP}} = 0,59709 + X^*(-0,00273) + Y^*(0,06252) + Z^*(-0,03179)$$

Conforme o alto valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do baixo valor do coeficiente de variação fica claro que o modelo escolhido explica a variação total presente do  $IPA_{DAP}$ . Logo é possível utilizar modelo linear múltiplo para identificar mudanças presentes no incremento em diâmetro das árvores.

## 5.9 CADEIA DE MARKOV

### 5.9.1 Projeção para 2013

Utilizando as medições dos estados  $t$  (2001) e  $t+1$  (2007) e projetando dois passos a frente,  $t+2$  (2013) com as parcelas permanentes da UPA Tabocal da FEA, pode-se montar a matriz  $p_{ij}$  (tabela 26) correspondente à frequência de transição, em números absolutos, de um estado para o outro.

Pode-se perceber que o estado de recrutamento que corresponde à entrada de indivíduos (429 árvores) ao sistema foi bem superior que a saída dos mesmos (57 árvores), ou seja, estado de mortalidade. Em 2001 foram levantados 1.263 indivíduos e em 2007 esse número passou para 1.692 indivíduos.

Na tabela 27 é apresentada a transição probabilística de um estado para o outro onde as probabilidades foram obtidas pela divisão da frequência absoluta de cada estado pela soma total da linha de cada estado. A probabilidade associada à permanência das árvores na classe  $20 < 30$  no período de 2001-2007 é dada por  $576/696 = 0,82759$ , logo equivale a 82,75% das árvores presentes nessa classe não possuem crescimento em diâmetro suficiente para avançar para outra classe durante o período considerado. O mesmo equivale para a mortalidade da mesma classe onde  $34/57 = 0,0488$ , corresponde a 4,88% das árvores morreram dentro do período de seis anos (2001 – 2007).

Pode identificar uma tendência em relação à mortalidade, à medida que aumenta a classe diamétrica, a probabilidade de uma árvore morrer diminui.

No recrutamento ocorre à mesma tendência, 91,60% dos indivíduos que entraram no sistema são da primeira classe diamétrica, o restante foi diminuindo de acordo com o aumento da classe de diâmetro.

Tabela 26 - Transição do número de árvores em cada classe diamétrica em DAP (cm), durante o período de 2001 - 2007

CD	R	20 < 30	30 < 40	40 < 50	50 < 60	60 < 70	70 < 80	80 < 90	90 < 100	≥ 100	Próx	M	2001
R		393	36										429
20 < 30		576	117	3								34	696
30 < 40			250	70	2							9	322
40 < 50				112	25	1						5	138
50 < 60					37	14	1					6	52
60 < 70						20	9					1	29
70 < 80							7	2				1	9
80 < 90								4	6			0	10
90 < 100									1	2		0	3
≥ 100										2	2	1	4
Próx													
M													
2007		969	403	185	64	35	17	6	7	4	2	57	1692

Tabela 27 - Transição probabilística do estado 2001 para o estado 2007

CD	R	20 < 30	30 < 40	40 < 50	50 < 60	60 < 70	70 < 80	80 < 90	90 < 100	≥ 100	Próx	M
R		0,91608	0,08392									
20 < 30		0,82759	0,16810	0,00431								0,04885
30 < 40			0,77640	0,21739	0,00621							0,02795
40 < 50				0,81159	0,18116	0,00725						0,03623
50 < 60					0,71154	0,26923	0,01923					0,11538
60 < 70						0,68966	0,31034					0,03448
70 < 80							0,77778	0,22222				0,11111
80 < 90								0,40000	0,60000			0,00000
90 < 100									0,33333	0,66667	0,00000	0,00000
≥ 100										0,50000	0,50000	0,25000
Próx												
M												

Na tabela 28 estão presentes os resultados da projeção feita para 2013 onde foram obtidas pela multiplicação da matriz  $p_{ij}$  anterior. Feito isso obteve-se a projeção da distribuição de frequência dos diferentes estados, recrutamento (estado 1), as classes diamétricas (demais estados) e mortalidade (estado 12) para um período seguinte considerando o mesmo intervalo de tempo (tabela 29).

Tabela 28 - Matriz de transição probabilística ( $p_{ij}$ ) dois passos adiante (até 2013).

CD	R	20 < 30	30 < 40	40 < 50	50 < 60	60 < 70	70 < 80	80 < 90	90 < 100	≥ 100	Próx	M
R		0,75814	0,21915	0,02219	0,00052							
20 < 30		0,68490	0,26964	0,04361	0,00182							0,04528
30 < 40			0,60279	0,34522	0,04862	0,00325	0,00012					0,03029
40 < 50				0,65869	0,27593	0,05965	0,00573					0,05056
50 < 60					0,50629	0,37724	0,11220	0,00427				0,09352
60 < 70						0,47562	0,45541	0,06897				0,05826
70 < 80							0,60494	0,26173	0,13333			0,08642
80 < 90								0,16000	0,44000	0,40000	0,00000	0,00000
90 < 100									0,11111	0,55556	0,33333	0,16667
≥ 100										0,25000	0,25000	0,12500
Próx												
M												

De acordo com a projeção para 2013 o número total de árvores será de 1.690, a mortalidade será a mesma do ano da medição anterior representando 57 árvores que sairão do sistema e o recrutamento será de 429 indivíduos (tabela 29). O teste do  $\chi^2$  comparando a projeção feita para 2013 com a medição anterior de 2007 com todas as parcelas da FEA demonstrou elevada alteração apenas na primeira classe diamétrica, aonde ocorreu a maior parte dos recrutamentos, enquanto que nas restantes os valores foram próximos.

Em uma área que tenha sofrido exploração seletiva de madeira e esteja sendo monitorada por parcelas permanentes é normal que aumente a dinâmica florestal nos primeiros anos, devido a grande quantidade de clareiras abertas, com o decorrer do



tempo, as taxas de mortalidade, ingresso e recrutamento irão se estabilizar, assemelhando-se com as características anteriores a exploração e a partir desse ponto é recomendado o uso de projeções, pois serão mais confiáveis.

Tabela 29 - Frequência observada em 2001, 2007 e frequência projetada para 2013 do número de árvores vivas, mortas por classe de diâmetro.

Classe Diamétrica	Frequência do número de árvores			$\chi^2$	Mortalidade	
	F. O. 2001	F. O. 2007	F. P. 2013		F. O. 2007	F. P. 2013
20 < 30	696	969	802	34,81	34	32
30 < 40	322	403	476	11,13	9	10
40 < 50	138	185	242	13,40	5	7
50 < 60	52	64	82	3,78	6	5
60 < 70	29	35	43	1,39	1	2
70 < 80	9	17	25	2,73	1	1
80 < 90	10	6	6	0,01	0	0
90 < 100	3	7	6	0,19	0	1
≥ 100	4	6	9	0,82	1	1
Total	1.263	1.692	1.690	68,26	57	57

\*Incluindo a taxa de recrutamento

F. O. = Frequência Observada; F. P. = Frequência Projetada

### 5.9.2 Projeção para a UPA Tabocal para o ano de 2007

De todas as informações levantadas ao decorrer dos anos apenas a UPA Tabocal foi a que possuía três medições (2001, 2004 e 2007), permitindo assim realizar a projeção para o ano de 2007 e compará-la com os dados levantados do mesmo ano para verificar se a matriz de Markov se ajusta para a mesma. A tabela 30 representa a matriz de transição do número de árvores absoluto presente por classe diamétrica nas 10 parcelas permanentes levantadas nos anos de 2001 e 2004 (três anos de intervalo).

O recrutamento foram de apenas 2 indivíduos, o que implica afirmar que 2 árvores entraram no sistema durante o período adotado para a projeção, esse número pode indicar baixo recrutamento devido ter sido considerado na análise a entrada de indivíduos ao sistema a partir de 20 cm de DAP. O estado de mortalidade foi de 122 árvores que saíram do sistema. Em 2001 observou-

se um total de 1.250 árvores com  $DAP \geq 20$  cm, já em 2004 esse valor foi de 1.252 árvores identificadas, incluindo as recrutadas.

A tabela 31 corresponde a matriz  $p_{ij}$ , elaborada a partir da tabela 30, onde indica a probabilidade de cada árvore em cada estado permanecer na mesma classe diamétrica ou mudar para uma classe superior ou ainda, sair do sistema por meio da mortalidade.

A probabilidade de cada classe é determinada pela proporção do total de número de indivíduos presente no ano da medição pela a quantidade de árvores presente na classe. Tomando como exemplo a classe  $20 < 30$  no período de 2001 a 2004, temos  $630/707$  que resulta em 0,89109 o que equivale a 89,11% do total de árvores desta classe que permanecerem na mesma, apenas 0,10467 que equivale a 10,47% tem potencial em crescimento de diâmetro para mudar de classe dentro do período determinado. O mesmo é feito para a mortalidade onde  $73/707 = 0,10325$ , ou seja 10,32% dessa classe morrerão levando em consideração o tempo projetado. Como o período de projeção é relativamente curto, de três anos, a árvores tem maiores probabilidades de permanecerem na classe diamétrica.



20 < 30	0,89109	0,10467	0,00424						0,10325
30 < 40		0,84194	0,15161						0,07097
40 < 50			0,84733	0,15267					0,09160
50 < 60				0,75000	0,22917	0,02083			0,20833
60 < 70					0,82143	0,17857			0,07143
70 < 80						0,60000	0,40000		0,10000
80 < 90							0,40000	0,60000	0,00000
90 < 100								0,66667	0,33333
≥ 100									0,33333
Próx								0,66667	0,66667
M									0,00000

---

Observa-se que a mortalidade não possui um padrão definido, suas probabilidades variam aleatoriamente tanto nas classes superiores e inferiores. Isso era de se esperar conforme afirma Higuchi (1987) que essa ausência de padrão é comum ocorrer em florestas tropicais úmida prejudicando os trabalhos voltados para a modelagem da dinâmica florestal, principalmente quando se usam modelos determinísticos. Vasconcelos *et al.* (2009) encontrou as mesmas condições no trabalho realizado no estado do Acre. Para o estado de recrutamento foi possível identificar um padrão, onde 97,5% ocorreram na primeira classe.

A tabela 32 corresponde a projeção diamétrica dois passos adiante (2007), foi obtida pelo produto da tabela 31 por ela mesma. Na classe 20 < 30 espera-se que 79,40% das árvores presente no ano de 2004 não apresentarão crescimento suficiente para migrar de classe, 18,14% migrarão para a próxima classe (30 < 40), 2,32% mudarão para a classe 40 < 50 e 0,13% passarão para classe 50 < 60.

Tabela 32 - Matriz de transição probabilística ( $p_{ij}^2$ ) dois passos adiante (até 2007).

CD	R	20 < 30	30 < 40	40 < 50	50 < 60	60 < 70	70 < 80	80 < 90	90 < 100	≥ 100	Próx	M
R		0,89109	0,10467	0,00424								0,10325
20 < 30		0,79404	0,18139	0,02325	0,00132							0,09982
30 < 40			0,70886	0,25611	0,03342	0,00148	0,00013					0,07498
40 < 50				0,71797	0,24387	0,03499	0,00318					0,10942
50 < 60					0,56250	0,36012	0,06905	0,00833				0,17470
60 < 70						0,67474	0,25383	0,07143				0,07653
70 < 80							0,36000	0,40000	0,24000			0,06000
80 < 90								0,16000	0,64000	0,20000		0
90 < 100									0,44444	0,33333	0,22222	0,22222
≥ 100										0,11111	0,22222	0,22222
Próx											0	0
M												0

O resultado final da cadeia de Markov pode ser observado na tabela 33, onde existe a distribuição de frequência para cada ano de medição por classe diamétrica juntamente com o ano projetado (2007). A taxa de mortalidade segundo a projeção realizada foi de 121 árvores, valor muito próximo do que foi observado imediatamente anterior (2004), mas distinguiu do levantamento feito para o ano que projetou-se, onde saíram do sistema apenas 57 árvores.

O número total de árvores projetado foi de 1.249 incluindo as recrutas, valor próximo dos anos de 2001 e 2004. Quando comparada com o observado de 2007 percebe-se uma grande diferença nas primeiras classes diamétricas, onde são responsáveis

pelo grande fluxo de indivíduos entrando no sistema. A partir da classe 40 - 50 os valores encontrados entre o observado e o projetado foram bem parecidos, demonstrando que se adequaria caso a tendência fosse à mesma.

O teste do  $\chi^2$  mostrou diferença significativa entre a frequência observada com a projetada. Percebeu-se que nas classes diamétricas iniciais houve grande diferença entre o número de árvores projetado com o observado, apenas nas classes posteriores essa diferença foi irrisória, o valor do  $\chi^2$  tabelado = 15,51 enquanto que o tabelado devido ao grande volume de recrutamento foi extremamente alto.

Portanto, as projeções feitas para o ano de 2007 não foram satisfatórias, percebeu-se que projeção para um período muito curto é bastante imprecisa, o recomendando e realizá-la para períodos maiores, de 10 ou mais anos. Como as projeções foram feitas a partir de medições de 2001 e 2004 quando ainda não tinham sido identificado grandes valores de recrutamento, logo os valores do projetado não foram capaz de detectar essa alteração na estrutura da dinâmica local, recomenda-se realizar novas medições em intervalos de tempo superiores para que as alterações presentes nas classes iniciais tenham se estabilizado e assim realizar uma nova projeção. A Cadeia de Markov é um bom modelo para prognosticar florestas tropicais desde que elas não tenham passado por perturbações recentes.

Tabela 33 - Frequência observada (F.O.) em 2001, 2004 e 2007 e frequência projetada (F.P.) para 2007 do número de árvores vivas, mortas e valores do teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) calculado por classe de diâmetro.

Classe Diamétrica	Frequência do número de árvores				$\chi^2$	Mortalidade		
	F.O. 2001	F.O. 2004	F. O. 2007	F. P. 2007		F. O. 2004	F. O. 2007	F. P. 2007
20 < 30	707	632	969	563	292,45	73	34	71
30 < 40	310	335	403	348	8,63	22	9	23
40 < 50	131	161	185	190	0,13	12	5	14
50 < 60	48	58	64	70	0,55	10	6	8
60 < 70	28	34	35	41	0,94	2	1	2
70 < 80	10	12	17	14	0,44	1	1	1
80 < 90	10	8	6	8	0,50	0	0	0
90 < 100	3	8	7	10	0,97	0	0	1
≥ 100	3	4	4	5	0,10	2	1	1

Total	1.250	1.252	1.690	1249*	304,70	122	57	121
-------	-------	-------	-------	-------	--------	-----	----	-----

\*Incluindo a taxa de recrutamento

F. O. = Frequência Observada; F. P. = Frequência Projetada

A Cadeia de Markov é uma ferramenta ideal para criação de modelos estocásticos para florestas tropicais, pois o comportamento da floresta encontrada nesse trabalho não possui um padrão definido para a mortalidade e crescimento que ocorre nas classes diamétricas, sendo então aleatório ou probabilístico.

## 6 CONCLUSÕES

O índice de diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ) encontrado em ambas as medições indica uma área de alta diversidade, mesmo sofrendo intervenções antrópicas não houveram mudanças nesses valores. A taxa de mortalidade para a UPA Tabocal foi similar com a encontrada na literatura.

O modelo de regressão linear múltipla para  $IPA_{DAP} = 0,59709 + X_{ij}*(0,00273) + Y_{ij}*(0,06252) + Z_{ij}*(-0,03179)$  ajustou-se perfeitamente, comprovando-se pelo teste do qui-quadrado ( $\chi^2 = 0,139$ ) ao ser comparado os valores estimados pelos observados, demonstrando ser aplicável para estimar o incremento periódico em diâmetro das árvores.

O teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) em ambas as projeções foram significativamente diferentes para as frequências de distribuição das classes diamétricas, devido aos grandes valores de recrutamento ocorrido nas classes iniciais, logo as medições anteriores não foram capazes de detectar tal mudança ocorrida parcialmente na estrutura da floresta. Mesmo assim, percebe-se que a Cadeia de Markov é uma metodologia aplicável para prognosticar o comportamento da floresta tropical em períodos de tempo longos para as variáveis de mortalidade e recrutamento.

## REFERÊNCIA

Alder, D. Growth and yield of the mixed forest of the humid tropics: a review. Oxford: G.B., 1983. 44 p. (Consultancy report prepared for FAO United Nations).

Alder, D.; Synnott, T. J. Permanent sample plots techniques for mixed tropical forests. Oxford. Oxford Forestry Institute. (Tropical Forestry Paper 25). 1992. 124 p.

Alder, D; Silva, J. N. M. An empirical cohort model for management of Terra Firme forest in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*. v. 130, p. 141-157. May. 2000.

Amaro, M. A. 1996. Análise da participação da seringueira (*Hevea brasiliensis*), castanheira (*Bertholletia excelsa*) e das principais espécies madeireiras na estrutura da Floresta, no trecho Rio Branco - Cruzeiro do Sul (AC) da BR 364.78p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

Araújo, H. J. B. de; Silva, I. G. da. Lista de espécies florestais do Acre: ocorrência com base em inventários florestais. Rio Branco: Embrapa-Acre, 2000. 77p.

Arce, J. E.; Pizzato, 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.

Austregésilo, S. L.; Ferreira, R. L. C.; Silva, J. A. A. da; Souza, A. L. de; Meunier, I. M. J.; Santos, E. S. de. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n. 2, p. 227-232, 2004.



Avery, T. E.; Burkhart, H. E. Forest management. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 1994, 432 p.

Azevedo, C. P. Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação. 2006, 254 f. TESE (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

Azevedo, C. P. Predição da distribuição diamétrica de povoamentos florestais inequiâneos pelo emprego da matriz de transição. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 1993. 118p

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.

Camino, R. Empezando a hacer diferencias. Consideraciones sobre el manejo de bosques naturales a escala industrial en el Trópico Americano. In: Sabogal, C.; Silva, J. N. M. (Eds). Manejo Integrado de Florestas Úmidas Neotropicais por Industrias e Comunidades. Simpósio Internacional da IUFRO, Belém: Embrapa Amazônia Ocidental, 2002. p. 21 – 37.

Carey, E. V.; Brown, S.; Gillespie, A. J. R.; Lugo, A. E. Tree Mortality in Mature Lowland Tropical Moist and Tropical Lower Montane Moist Forests of Venezuela. Biotropica 26(3): 255-264. 1994.

Carvalho, J. O. P.; Silva, J. N. M.; J. do C. A. Danos de exploração mecanizada em uma floresta de terra firme na Amazônia Brasileira. In: Simpósio Silvicultura na Amazônia Oriental: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, Anais... Belém: Embrapa, 1999. p. 216-220.

Colpinhi, C. Dinâmica e prognose da produção de uma floresta de contato ombrófila aberta/estacional semidecidual. Dissertação (mestrado).

Universidade Federal de Mato Grosso. Faculdade de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, 2008.

Condit, R.; Hubbell, S. P.; Foster, R. B. 1995. Demography and harvest potential of Latin American timber species: data from a large permanent plot in Panama. *Journal of Tropical Forest Science*, 7(4):599-622.

Cunha, U. S. da; Machado, S. A. da; Figueiredo Filho, A.; Sanquetta, C. R. Predição da estrutura diamétrica de espécies comerciais de terra firme da Amazônia por meio de matriz de transição. *Ciência Florestal*, n. 1, v. 12. 2002. p. 1009 – 122.

Daly, D. C.; Silveira, M. Primeiro catálogo da flora do Acre, Brasil. Rio Branco, AC: EDUFAC, 2008. 555p.

Fundação de Tecnologia do Estado do Acre. Floresta Estadual do Antimary – Volume I: estudos básicos. Rio Branco: FUNTAC, 1996. 198 p.

Fundação de Tecnologia do Estado do Acre. Plano de manejo de uso múltiplo da Floresta Estadual do Antimari. Rio Branco, 1995. Projeto 94/90 Ver. 3 (2), Desenvolvimento Integrado da Amazônia Ocidental Baseado nos Recursos Florestais: Fase II – Tecnologias para utilização sustentável das Matérias-Primas Florestais.

Fundação de Tecnologia do Estado do Acre. Unidade Central de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto do Estado do Acre (UCGEO). Rio Branco: FUNTAC, 2008.

Growth and Yield Studies in the Tapajós Region, Central Brazilian Amazon. *Comm. Forestry Review*, 75(4):3325-329.

Higuchi, N.; Hummel, A. C. Desenvolvimento Sustentável A experiência do Setor Madeireiro. In: Biomassa e Nutrientes Florestais Relatório Final do Projeto Bionte. INPA. Manaus. p.15-28. 1997b.

Higuchi, N.; Santos, J. dos; Vieira, G.; Ribeiro, R.J.; Sakurai, S.; Ishizuka, M.; Sakai, T.; Tanaka, N.; Saito, S. 1998. Análise Estrutural da Floresta Primária da Bacia do Rio Cuieiras, ZF-2, Manaus -AM, Brasil. In: *Pesquisas Florestais para Conservação da Floresta e Reabilitação de Áreas Degradadas da Amazônia*. Higuchi, N.; Campos, M. A. A.; Sampaio, P. T. B. e Santos, J. dos (editores). p.51-81.

Higuchi, N. 1987. Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon. Tese de Doutorado. MSU. 129p.

Higuchi, N.; Santos, J. dos; Ribeiro, R. J.; Freitas, J. V.; Vieira, G.; Cöic, A.; Minette, L. J. Crescimento e Incremento de uma Floresta Amazônica de Terra-Firme Manejada Experimentalmente In: *Biomassa de Nutrientes Florestais*. INPA/DFID. pp. 89-132. 1997a.

Husch, B.; Miller, C. E.; Beers, T. W. Forest mensuration. 2.ed. New York: The Ronald Press Company, 1972. 410 p.

Johnson, N. E. Biological Opportunities and Risks Associated with Fast-Growing Plantation in the Tropics. *Journal of Forestry*, April:206 -211. 1976.

Krebs, C. J. *Ecological methodology*. Menlo Park, Ed. Adson Wesley Longman Inc. 1998. 620p.

Lamprecht, H. *Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e perspectivas espécies arbóreas- possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado*. Eschborn: GTZ, 1990. 343p.

Leslie, A. J. 1987. The Economic Feasibility of Natural Management of Tropical Forests. In: *Natural Management of Tropical Moist Forests: Silvicultural and Management Prospects of Sustained Utilization*. Edited by F. Megeen e J.R. Vincent. Yale University Press. Vincent. P.178-198.

Lima, A. J. N.; Avaliação de um sistema de inventário florestal contínuo em áreas manejadas e não manejadas do Estado do Amazonas (AM). Dissertação

(Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. 2010. 150p.

Machado, A.; Martins, E. Floresta Estadual do Antimary. In: SILVA, Z. A. G. P. G. (org.). Manejo florestal sustentável na Amazônia Brasileira. Rio Branco: Fundação de Tecnologia do Estado do Acre, 2004, p. 17-20.

Magurran, A. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. 1988.

Manokaran, N.; Kochummen, K. M. Recruitment, growth and mortality of three species in a lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*, 3: 315-330. 1987.

Mendonça, A. C. A. Caracterização e simulação dos processos dinâmicos de uma área de floresta tropical de terra firme utilizando matrizes de transição. 92 f. 2003. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Paraná - UFPR.

Moscovich, F.A. Dinâmica de crescimento de uma floresta ombrófila mista em Nova Prata, RS. 2006. 135f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Oliveira, M. V. N. d'. Braz, E. M. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. *Acta Amazonica*. v. 36. n. 2. 2006. 117 – 192p.

Oliveira, M. V. N. d'; Sant'Anna, H. Inventário florestal e avaliação do avanço do desmatamento no Projeto de Colonização Pedro Peixoto. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2003. 47 p.

Olivera, M. V. N. D'. Ribas, L. A. Oliveira, L. C. Souza, J. C. N. de. Estudo da dinâmica de florestas manejadas e não manejadas para a produção sustentada de madeira na Floresta Estadual do Antimary no Estado do Acre. *Sustainable*

forest management in the brazilian Amazon. Antimary State Forest – Acre – Brasil. 2004.

Pantelão, J. C.; Soares, T. S.; Colpini, C.; Silva, V. S. M. e. Matricardi, W. A. T. Avaliação da estrutura, crescimento, mortalidade e recrutamento em uma floresta semidecidual submontana na Amazônia Mato-Grossense. Amazônia: Companhia e Desenvolvimento. Belém, v. 4, n. 7, 2008.

Philip, M.S. Obstacles to Measuring Growth and Yield in Tropical Rain Forests. In: Natural Management of Tropical Moist Forests: Silvicultural and Management Prospects of Utilization. Edited by F. e J.F. Vincent. Yale University Press. 1987. p.136-148.

Poole, R. W. An introduction to quantitative ecology. McGraw-Hill, New York. 1974.

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 inequiânea com a matriz de transição. Cerne, 5(1):001-014. 1999.

Queiroz, W. T. Técnicas de Amostragem em Inventário Florestal nos Trópicos. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação. 1998. 147 p.

Rocha, R. M. Taxas de recrutamento e mortalidade da floresta de terra firme da bacia do Rio Cuieiras na região de Manaus-AM. Manaus, AM. 2001. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Amazonas/INPA.

Sanquetta, C. R.; Brena, D. A.; Angelo H.; Mendes J. B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. Revista Floresta, v.6, n.1, p. 65-78, 1996.

SAS Institute Inc. 2004. SAS OnlineDoc® 9.1.3. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Scolforo, J. R. S. Manejo Florestal. Lavras: Fundação de apoio ao ensino, pesquisa e extensão – FAEPE, 1997. 438p.

Scolforo, J. R. S.; Pulz, F. A. P; Mello, J. M.; Oliveira Filho, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. CERNE, v. 2, n.1. Lavras – MG, p. 112-137. 1996.

Scolforo, J. R. S.; Pulz, F. A.; Mello, J. M. de; Oliveira Filho, A. T. de. Modelo de Produção para floresta nativa com base para manejo sustentado. Lavras. 1997.

SEF. Secretaria de Floresta do Estado do Acre. 2006. Plano de manejo florestal de uso múltiplo da Floresta Estadual do Antimary-FEA. Resumo público. Rio Branco-AC.

Sheil, D.; Burslem, D. F. R. P.; Alder, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. Journal of ecology, 83:331-333. 1995.

Shepherd, G. J. FITOPAC 1.6. Manual do usuário. Departamento de Botânica. UNICAMP. 2006.

Silva, E. J. V. Dinâmica de florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia oriental. São Carlos, 2004. 171p Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo.

Silva, J. N. M. 1989. The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging. Thesis (Doctor of Philosophy).Oxford, Oxford University. 302p.

Silva, J. N. M.; Carvalho, J. O. P.; Lopes, J.C.A.; Oliveira, R. P.; Oliveira, L. C. Growth and Yield Studies in the Tapajós Region, Central Brazilian Amazon. Comm. Forestry Review, 75(4):3325-329. 1996.

Silva, R. P. da. Padrões de crescimento de árvores que ocorrem em diferentes topossequências na região de Manaus-AM. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade do Amazonas / INPA. Manaus, AM. 2001. 60 p.

Souza, R. G. C. V.; Ribas, L. A.; Oliveira, M. V. N. d'. Fitossociologia de uma floresta tropical, submetida ao manejo sustentável, na Amazônia Ocidental. Anais... III Congresso Latino Americano de Ecologia, São Lourenço – MG, 2009.

Swaine, M. D.; Withmore, T. C. On the definition of ecological species groups in Tropical rain forests. *Vegetatio*, 75: 81-86. 1988.

Synnott, T.J. Tropical rain forest silviculture: a research project report. Commonwealth Forestry Institute Occasional. n. 10. 1978. 45 p.

Taiz, L. & E. Zeiger. *Fisiologia Vegetal* 2ª edição. Massachusetts. Ed. Artmed (Traduzido), 2009. 820 p

Vasconcelos, S. S. de. Dinâmica de uma floresta explorada seletivamente no Projeto de Colonização Pedro Peixoto na Amazônia. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Manaus, 2003. 71 p.

Vasconcelos, S. S.; Higuchi, N.; Oliveira, M. V. N. Projeção das distribuições diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. *Acta Amazonica*, v. 39; n. 1. 2009. p 71-80.

Vidal, E.; Viana, V. M.; Batista, J. L. F. Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia Oriental. *Scientia Forestalis*. n. 61, p. 133-143. 2002.

Vidal, E.; Viana, V.; Batista, J. L. F. Efeitos da exploração madeireira predatória e planejada sobre a diversidade de espécies na Amazônia Oriental. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 503-520, 1998.

Wadsworth. F. H. 1987. Applicability of Asian and African Silviculture Systems to Naturally Regenerated Forests of the Neotropics. In: Natural Management of Tropical Moist Forests: Silvicultural and Management Prospects of Utilization. Edited by F. Mergen e J.F. Vincent. Yale University Press. pp. 94-111.