

FRANCISCO GASPARETTO HIGUCHI

**A INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA PARCELA NA PRECISÃO DA FUNÇÃO
DE DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETRO DE WEIBULL DA FLORESTA
PRIMÁRIA DA AMAZÔNIA CENTRAL**

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

**Orientador: Prof. Dr. Joésio Deoclécio Pierin
Siqueira**

**CURITIBA
2007**

Dedico essa dissertação de mestrado a Deus, aos meus pais que sempre me incentivaram a estar constantemente evoluindo profissional e pessoalmente, a meus irmãos, Inezita e Gustavo, pelo simples fato de existirem e completarem a minha vida.

AGRADECIMENTOS

A

Prof. Joésio Deoclécio Pierin Siqueira, meu orientador,
pela orientação e oportunidade de realizar esta dissertação.

Prof. Dimas Agostinho da Silva e sua família, Tia Lourdes, Dimas
filho e Afonsinho.

Professores, Afonso Figueiredo, Sebastião Machado, Dartagnan
Baggio, Roberto Hosokawa, Julio Arce, Henrique Koehler, Maurício
Balensiefer, Nelson Rosot, Sílvio Pellico, Carlos Sanquetta.

Funcionária Tania, bibliotecária da escola de floresta,
pela ajuda na formatação deste trabalho

Universidade Federal do Paraná,
por disponibilizar o curso de pós-graduação em Manejo Florestal.

Adriano Jr., Alberto Pinto, Fabiana, Liliane, Joaquim, Vila e toda a
equipe do Laboratório de Manejo Florestal do INPA,
pelo apoio técnico.

Meus amigos de todas as horas
Danilo, Erich, Francisca, Gustavo, Kelly, Lucas, Michele, Michel,
Joésio e Victor,

Alberto, Carol, Dani, Ju, Kelly, Leandro, Lucas, Michel, Milena,
Quinha, Ricardo e Victor, parceiros para vida,
por acreditarem e pelo apoio moral.

Niro Higuchi, meu pai e Maria Inês, minha mãe,
pelo apoio técnico e pessoal.

Inezita e Gustavo, meus irmãos e Mateus, meu cunhado,
pelo apoio moral.

Todos aqueles que tiveram qualquer contribuição direta ou indireta
com essa dissertação de mestrado.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	iv
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE QUADROS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	5
2.1 GERAL.....	5
2.2 ESPECÍFICOS	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1 AMAZÔNIA	6
3.2 USOS DOS SOLOS AMAZÔNICOS	8
3.3 PRODUÇÃO DE MADEIRA AMAZÔNICA E O MERCADO INTERNACIONAL	11
3.4 MANEJO DE FLORESTAS TROPICAIS	13
3.4.1 Aspectos Legais na Amazônia	13
3.4.2. Manejo Florestal no Mundo Tropical	14
3.4.3. Manejo Florestal na Amazônia Brasileira.....	15
3.5 INVENTÁRIO FLORESTAL.....	18
3.7 FUNÇÃO PROBABILÍSTICA DE WEIBULL.....	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1 ÁREA DE ESTUDO	25
4.1.1 Localização	25
4.1.2 Vegetação.....	26
4.1.3 Clima.....	27
4.1.3 Geologia e Relevo.....	27
4.1.4 Solos.....	28
4.2 COLETA DE DADOS	28
4.3 DESENHO EXPERIMENTAL.....	29
4.3.1 Ajuste das Funções	29
4.3.2 Influência do Tamanho da Parcela.....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA FLORESTA.....	33
5.2 AJUSTES DA FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO WEIBULL.....	36
5.3 INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA PARCELA.....	39
5.4 MODELO PARA A ÁREA ESTUDADA:	41
6 CONCLUSÃO.....	43
7. RECOMENDAÇÕES.....	44
8 REFERÊNCIAS.....	45

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – DINÂMICA DO DESMATAMENTO ANUAL DA AMAZÔNIA, EM KM ²	9
FIGURA 2 – RELAÇÃO (%) ENTRE DESMATAMENTO AUTORIZADO E NÃO AUTORIZADO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.	10
FIGURA 3 – CROQUI DA PARCELA PERMANENTE DE 18 ha E DA SUB-PARCELA.	25
FIGURA 4 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DAS ESPÉCIES MAIS FREQUENTES E DE IMPORTÂNCIA COMERCIAL MAIS ABUNDANTES.	34
FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADA DA POPULAÇÃO POR CLASSE DIAMÉTRICA.	35
FIGURA 6 – FREQUÊNCIA CALCULADA E OBSERVADA.....	37
FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO DOS χ^2 MÉDIOS DE CADA TAMANHO DE UNIDADE AMOSTRAL.	38
FIGURA 8 – VALORES DOS χ^2 GERADOS NO PROCESSO DE VALIDAÇÃO DA FUNÇÃO DE WEIBULL.	40
FIGURA 9 – QUADRADOS MÍNIMOS MÉDIOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA.....	41

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TAMANHOS DAS PARCELAS, ÁREA E NÚMERO DE REPETIÇÕES.....	28
TABELA 2 – CLASSES DIAMÉTRICAS UTILIZADAS PARA O ESTUDO.	31
TABELA 3 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS DAS 5 ESPÉCIES MAIS FREQUENTES, DAS 3 ESPÉCIES COMERCIAIS MAIS NUMEROSAS E DO TOTAL LEVANTADO.	33
TABELA 4 – FREQUÊNCIA OBSERVADA TOTAL E DAS 8 PRINCIPAIS ESPÉCIES, EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA, DA ÁREA AMOSTRADA DE 18ha.	34
TABELA 5 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DE CADA TAMANHO DE UNIDADE AMOSTRAL.	35
TABELA 6 – VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS AJUSTADOS PARA CADA TAMANHO DE PARCELA.....	36
TABELA 7 – VALORES MÉDIOS DOS χ^2 PARA OS DIFERENTES TAMANHOS DE UNIDADE DE AMOSTRA.....	37
TABELA 8 – VALORES DOS PARÂMETROS E DO χ^2 GERADOS PELO AJUSTE DA FUNÇÃO PARA AS ESPÉCIES MAIS FREQUENTES E COMERCIAIS MAIS ABUNDANTES.	38
TABELA 9 – VALORES DE χ^2 GERADO PELOS PARÂMETROS ESTIMADOS MÉDIOS DE CADA TRATAMENTO, NO PROCESSO DE VALIDAÇÃO DA FUNÇÃO DE WEIBULL.	39
TABELA 10 – ANOVA.....	40
TABELA 11 – PROBABILIDADE DE FREQUÊNCIA EM CADA CLASSE DE DIÂMETRO, PARA REGIÃO DE MANAUS.....	42

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA	32
---------------------------------------	----

RESUMO

A constituição brasileira estabelece que a floresta amazônica é um bem comum de todos. Existem leis que disciplinam o manejo florestal sustentável e que prevê os tipos de crimes ambientais e suas respectivas punições. Ainda assim o desmatamento na floresta amazônica continua acontecendo com números impressionantes e suas principais causas são a pecuária, a agricultura e a exploração de madeira predatória e sem autorização do Ibama. Com grandes mudanças globais a respeito do meio ambiente, deve-se tratar do desmatamento desenfreado da Amazônia com maior atenção, considerando que em poucos anos esta será a única representante de floresta tropical úmida do mundo. Mas não se pode esquecer que a madeira é um artigo de primeira necessidade e que existem maneiras de usufruir dos produtos e benefícios da floresta sem a degradar. Para isso criaram-se as ferramentas de manejo e silvicultura. Uma dessas ferramentas é a função probabilística de Weibull. Essa dissertação teve como objetivo avaliar se os dados da floresta amazônica se ajustam à essa função e ainda, analisar se o tamanho da unidade amostral influencia na consistência dessa função. O produto final é a equação para a região de Manaus – AM. Utilizou-se 15 tamanhos de parcelas diferentes, repetindo-as 10 vezes para os tamanhos menores e 5 vezes para os maiores. Foram coletados os DAP's de todas as árvores com mais de 10 cm de diâmetro e classificando-os em 11 classes diamétricas, com 10 cm de intervalo cada. Os parâmetros da função de Weibull foram estimados através do método dos Percentis. Depois de estimar os parâmetros do modelo, estimou-se a probabilidade da frequência esperada de cada classe diamétrica. A diferença entre a frequência esperada e a observada gerou um conjunto de Qui-quadrados (χ^2) que foi comparado com o nível crítico de 5% ($\alpha = 0,05$). Os principais resultados foram: (i) a função se ajustou perfeitamente ao conjunto de dados da floresta amazônica; (ii) o tamanho da unidade amostral, estatisticamente, não apresentou influência na consistência do modelo e (iii) pode-se usar uma única equação para florestas da região de Manaus.

ABSTRACT

The Brazilian Constitution establishes that the Amazonian rainforest is a common asset for everyone. There are laws related to the sustainable forest management application, and those related to the environmental crimes as well. However, the deforestation of the Amazonian forests keeps happening at alarming rates; and its main causes are cattle ranching, agriculture and illegal logging. Amazonian land uses in a global changes age, clear cutting in the region for agriculture or ranching must be treated with great care and caution, considering that very soon the Brazilian rainforest will be the last remaining of tropical hardwood supplier in the world. Besides, we have to keep in mind that timber could be considered as a first need for mankind, and there are many ways to combine timber production and environment protection. In addition to the legal procedures, there are technical tools under the disciplines of forestry to build up and carrying out sustainable forest management in the Brazilian Amazon. One of them is the Weibull's probability model. This dissertation aimed to evaluate the performance of Weibull function in fitting the observed diameter distribution of a pristine Amazonian rainforest in Central Amazon region. Also, it was analyzed the model consistency and reliability in relation to the sample size. The final product is an equation for the Manaus region. It was used 15 different sample sizes; smaller samples were replicated 10 times, and the larger ones were replicated 5 times. The random variable was the diameter at breast height (DBH); for this study it was considered $DBH \geq 10$ cm. The recorded DBHs were distributed in 11 diameter classes, with 10 cm interval. The Weibull's parameters were estimated using the Percentil approach. After that, the probability of the expected frequency of each diameter class was estimated. For each tested sample size, the difference between the expected and the observed frequency generated a qui-square (χ^2) value; the values of different sizes were compared among them under the critical level of 5% ($\alpha = 0.05$). The main results of this dissertation were: (i) the Weibull function presented a perfect fit for the observed data of the Amazon forest; (ii) statistically, the different sample sizes didn't show any influence on the consistence of the model; and (iii) an unique equation for Manaus region nearby forests is proposed.

1 INTRODUÇÃO

O parágrafo 4º do Art. 225 do Capítulo VI – Do meio ambiente – da Constituição Brasileira de 1988 estabelece que a floresta amazônica brasileira é patrimônio nacional e a sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais. O Art. 15 do Código Florestal (Lei nº. 4771 de 15/09/65), que trata do manejo florestal na Amazônia, determinando as formas de uso, os tipos de crimes ambientais e suas punições, foi regulamentado em 1994 (Decreto 1.282 de 19/10/94). Este decreto foi alterado em 1998 (Decreto nº. 2.788 de 28/09/98) e, por último, substituído pelo Decreto nº. 5975 de 30/11/06. A Portaria nº. 48 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), de 10/07/95, entre outras resoluções, definiu o roteiro básico para o Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS). Atualmente, esta portaria está incorporada na Instrução Normativa (IN) de 05/2006 (DOU nº. 238 de 13/12/06).

Este patrimônio nacional está inserido na Amazônia Legal. Esta região é, na realidade, uma divisão geopolítica que extrapola os limites da bacia amazônica brasileira, e seu tamanho ainda gera muita discussão. Segundo Skole e Tucker (1993), a vegetação original da Amazônia Legal era de 4,9 milhões de km² (4,1 milhões km² de floresta e o restante de cerrado). Já Braga (1979), citou que a floresta original sob influência da bacia amazônica era de 3,6 milhões de km². A classificação da tipologia florestal utilizada na região é baseada, primariamente, no relevo. Desta forma, são reconhecidas: floresta de terra-firme e a inundável (várzea e igapó), com predominância da primeira. Atualmente, a Amazônia detém a maior reserva contínua de floresta tropical úmida do mundo (HIGUCHI *et al.*, 2006), que pode ser estimada em 300 milhões de hectares de floresta primária.

A floresta amazônica é constituída por diversos tipos de vegetação, caracterizada pela alta diversidade de espécies (OLIVEIRA; AMARAL, 2004). Esta floresta é um dos maiores reservatórios naturais da diversidade biológica do mundo. As múltiplas inter-relações entre seus componentes bióticos e abióticos, formam um conjunto de ecossistemas complexo, heterogêneo e de um frágil equilíbrio (OLIVEIRA; AMARAL, 2004). Entre as principais funções ecológicas da floresta amazônica, Schubart (1990) destaca: (i) preservação das interações ecológicas co-evoluídas entre plantas e animais, garantindo a continuidade do processo de evolução sobre a Terra; (ii) interação entre a floresta e a química da atmosfera; (iii) interação entre a floresta e o balanço energético da atmosfera; (iv) regulação do ciclo hidrológico local e regional, garantindo melhor distribuição de chuvas e maior estabilidade no regime dos rios; (v) proteção dos solos contra a erosão, evitando o assoreamento de rios e perdas de nutrientes minerais e, a mais importante, (vi) proteção a outras formas de vida.

Em tempos de mudanças climáticas globais, o mau uso do solo amazônico tem chamado a atenção da sociedade, em geral. Até junho de 2006, o desmatamento acumulado era de 664.395 km²

ou 13,2% da Amazônia Legal (INPE, 2007). Segundo Fearnside (2006), a região tem sido devastada, principalmente, ao norte do Estado do Mato Grosso e partes do sul e leste do Estado do Pará para implantação de grandes fazendas de pecuária e com as pastagens pouco produtivas. A preparação do solo para agricultura também tem sua parcela de contribuição ao desmatamento; em partes do Pará, pequenos agricultores representam a maioria, assim como em Rondônia e ao longo da rodovia Transamazônica no Pará e no Amazonas. Segundo ainda o mesmo autor, fica claro o domínio de fazendas grandes e médias na transformação das paisagens da região.

Outro importante uso do solo na alteração da paisagem da Amazônia é a exploração seletiva de madeira. Em um estudo realizado durante o período de 1999 a 2002, Asner *et al.* (2005), demonstraram que a exploração seletiva de madeira pode agregar de 12 a 18 mil km² ao desmatamento da Amazônia. Grande parte da exploração seletiva de madeira ainda é feita sem autorização do órgão ambiental responsável, o Ibama e os respectivos órgãos estaduais. Combinando o trabalho realizado por NEPSTAD *et al.* (1999) e Lentini, Veríssimo e Pereira (2005), a produção anual de madeira em tora da Amazônia pode ser estimada em 25 milhões de m³. Deste total, 17% vêm de planos de manejo florestal sustentável (PMFS), 20% de desmatamentos autorizados e 63% sem origem definida (HIGUCHI, 2006).

Essas explorações ilegais de madeira na Amazônia são, na maioria dos casos, realizadas sob uma baixa infra-estrutura, em áreas de acesso limitado e produzem madeira de baixa qualidade. Estes fatores fazem com que o Brasil deixe de participar de grande parte do mercado internacional que, segundo Higuchi *et al.* (2006), gira em torno de 50 milhões de m³ de madeira e que, em 1993, gerou US\$ 12 bilhões para os países exportadores de madeira. O Brasil, que apesar de sua produção anual de cerca de 25 milhões de m³ de madeira, contribui com pouco mais de 5% deste mercado faturando US\$ 560 milhões.

Segundo Higuchi *et al.* (2006), o cenário do mercado mundial tende a se voltar para a Amazônia. Pois segundo o endereço eletrônico de Mongabay (2006), a Malásia Peninsular já dizimou totalmente as suas florestas primárias e projeções feitas pela mesma fonte, a Ilha de Borneo, Sabah e Sarawak devem ter o mesmo destino em 5 a 8 anos. A Indonésia, de acordo com Higuchi *et al.* (2006), já deve ter esgotado suas reservas florestais. Daqui uns 10 anos, por volta de 2015, restará apenas à Amazônia para suprir o mercado internacional de madeira dura tropical.

Com o mercado internacional de olho na madeira da floresta amazônica, muitos encararam isso tanto como uma oportunidade de comércio, quanto uma ameaça para os ecossistemas amazônicos. Oportunidade porque o preço da madeira brasileira tende a aumentar, o manejo florestal poderá gerar muitos empregos diretos e irá trazer investimentos para a região, principalmente para os municípios mais afastados dos centros metropolitanos. Porém levando-se em conta o histórico de uso do solo amazônico, esta tendência do mercado pode ser considerada uma ameaça. Ameaça porque, mesmo produzindo 25 milhões de m³ de madeira, a Amazônia Legal participou apenas com 7,2% na

composição do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (ano-base 2002), menos de 20% de madeira produzida vem de plano de manejo florestal. Além disso, segundo Higuchi (2006) há correlação positiva e significativa entre produção de madeira e desmatamento e que não existe correlação alguma entre produção de madeira e PIB *per capita*. O padrão atual de produção de madeira na Amazônia é, em síntese, predatória porque incentiva o desmatamento e não distribui renda.

O mau uso do solo causa impactos sobre a biodiversidade, ciclagem da água e o armazenamento do carbono (FEARNSIDE, 2006). O autor comentou que a Amazônia brasileira tem um grande número de espécies e apesar de haver muitos trabalhos de pesquisas, como o de florística de Oliveira e Amaral (2004), para muitos grupos, tanto os membros e as distribuições são mal conhecidos. Ainda a respeito da biodiversidade o autor comenta que o desmatamento sacrifica a oportunidade de capturar o valor dos serviços da floresta, tanto em termos de utilidade tradicional como em termos de valor de existência, que muitas vezes este último chega a ser imensurável. Sobre o valor da biodiversidade, aparentemente, ninguém tem dúvidas. Difícil e caro é transformar a biodiversidade em recurso (produto) natural. Quando se fala da fantástica biodiversidade da Amazônia, imediatamente vem à cabeça de qualquer brasileiro, a simples transformação da mesma em remédios para todos os males e drogas. Mesmo com poucos recursos, o Brasil não tem outra saída a não ser, proteger a biodiversidade. Enquanto aguarda recursos financeiros para investir em bioprospeções, o Brasil deveria tentar entender o quê a evolução tem produzido. É preciso priorizar o entendimento da biodiversidade como modelos genéticos para inovações tecnológicas em química, farmacologia, medicina e agricultura.

A importância da floresta amazônica no processo de ciclagem da água, segundo Fearnside (2006), é a função ambiental da evapotranspiração de 8,4 trilhões de m³ por ano. Este total misturado com os 10 trilhões de m³, em vapor d'água oriundo da evaporação do Oceano Atlântico, permite uma precipitação total de 15 milhões de m³ por ano na região. Quanto à questão do armazenamento de carbono, tanto Fearnside (2006) quanto Higuchi (2006) dizem que floresta derrubada significa emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa. Higuchi (2006) cita que a emissão gira em torno de 190 milhões de toneladas de carbono por ano. Fearnside (2006) relata que, em 2004, a emissão líquida comprometida somou 495 milhões de toneladas de carbono. Estes valores são assustadores quando comparados com a emissão anual do país, que somou 65 milhões de toneladas de carbono por meio da queima de combustíveis fósseis.

Tendo em vista que grande parte dessa emissão de gases de efeito estufa, via queima de combustíveis fósseis, são justificados pela geração de renda e aumento do PIB nacional, Higuchi (2006) realizou uma análise estatística buscando relacionar a área desmatada na Amazônia com o aumento no PIB brasileiro. Sua análise revelou uma correlação de 0,37 (em uma escala de -1 a 1) com nível de significância de 15%, logo, não se pode associar a derrubada da floresta com progresso econômico. Diante disso, o que vale para o sul do Brasil, que tem um ditado popular que diz: “*Árvore*

no chão, dinheiro na mão”, não vale para a Amazônia. A diversidade social também é ameaçada pela perda de florestas, já que isto acaba eliminando culturas indígenas e extrativistas tradicionais, como o seringueiro (FEARNSIDE, 2006).

Independentemente das pressões do mercado e das mudanças globais, o Brasil precisa proteger as florestas da Amazônia como bens de interesse comum a todos os habitantes do país. Isto, sem perder de vista que a madeira é um produto de primeira necessidade para o ser humano. Se bem utilizados, os instrumentos legais de medida disponíveis garantirão a sustentabilidade da produção madeireira. Todo projeto de manejo florestal que se preze deve ser baseado em um confiável inventário florestal realizado na área. Além de confiável, os inventários precisam ser mais baratos. A combinação de tecnologia (sensoriamento remoto) e métodos (coleta e análise de dados) é a saída para combinar precisão e custos de inventário florestal. Na Amazônia, as equações utilizadas para estimar o volume são, em sua maioria, de simples entrada. Dentre as várias variáveis aleatórias, o diâmetro à altura do peito (DAP) tem sido a mais importante em inventários realizados na Amazônia.

A utilização do DAP como variável independente em equações de volume na Amazônia está bem consolidada. O próximo passo é disponibilizar uma função de distribuição de diâmetro para deixar o inventário florestal mais simples e mais barato. Este trabalho de pesquisa estudou a função de densidade probabilística de Weibull, para estimar a distribuição de diâmetro. Esta função pode se transformar em uma importante ferramenta, uma vez que sua finalidade é agilizar o processo de inventário florestal, mas desde que seja auditável e replicável. De certa maneira, esta função tem tido um bom desempenho para ajustar a distribuição de diâmetros em florestas primárias da Amazônia. A pergunta a responder é: esta técnica é consistente independente do tamanho da amostra utilizada?

Para ajustar a função, foram levantados os dados de DAP de uma área de 18 hectares, localizada na Estação Experimental ZF-2 do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), na região de Manaus, Estado do Amazonas. Esta área é coberta por floresta primária densa de terra-firme, típica da região central da Amazônia. A área é dimensionada em 300 metros de largura por 600 metros de comprimento e está dividida em linhas de 20 metros de largura por 600 metros de comprimento.

Nesta área foram simulados 15 tamanhos de unidades amostrais diferentes, com 10 repetições cada, com exceção das parcelas maiores que não tinham área suficiente para realizar as dez repetições. O modelo foi ajustado para cada tamanho de parcela. A hipótese científica deste trabalho é: “a função de Weibull se ajusta aos valores observados, independentemente, do tamanho da unidade de amostra”. A consistência do modelo foi verificada utilizando-se de testes estatísticos paramétricos e não paramétricos. Ao final deste projeto de pesquisa, além da confirmação da consistência da função, também apresenta-se um modelo da função de Weibull que seja capaz de ser utilizado em qualquer conjunto de dados da Amazônia Central. Nesta mesma área, Rossi e Higuchi (1998) e Pinto *et al.* (2003), demonstraram que os índices utilizados para descrever o padrão espacial de espécies florestais podem ser diferentes para diferentes tamanhos de unidades de amostra.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar a influência do tamanho da unidade de amostra no ajuste da função de distribuição Weibull.

2.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- a) ajustar a função de densidade de probabilidade de Weibull com dados de diferentes tamanhos de unidades de amostra;
- b) verificar a influência do tamanho da parcela no ajuste da função;
- c) validar a confiabilidade da função de Weibull para estimar a distribuição diamétrica da floresta;
- d) apresentar um modelo da função de Weibull que seja capaz de ser utilizado em qualquer conjunto de dados da floresta amazônica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 AMAZÔNIA

As florestas tropicais úmidas, segundo Ribeiro *et al.* (1999), ocorrem numa faixa entre 30° de latitude Norte e Sul em todos os continentes. Esse tipo de vegetação é caracterizado pela grande quantidade de chuvas na região, mais ou menos 1500 mm por ano e poucos meses de seca, não mais do que 6 meses. Segundo TCA (1994), livro “*Amazônia Without Miths*”, as temperaturas não variam muito na Amazônia. Belém, a 100 km do Atlântico, a temperatura média anual é de 25° C; Manaus, a 1500 km da costa, a temperatura média é de 27° C e Taraquá, 3000 km da costa, a temperatura é de 25° C. As temperaturas máximas ficam em torno de 37-40° C com variação diurna de 10° C. A precipitação mostra mais variabilidade do que a temperatura. A precipitação anual média na costa do Atlântico é em torno de 3000 mm/ano; 3500 mm em Taraquá; 2000 mm em Manaus; 1500 mm em Boa Vista (RR) e 1600 mm em Conceição do Araguaia (PA). As variações sazonais são determinadas pela quantidade de chuva; distinguindo apenas duas estações, seca e chuvosa.

Ainda segundo TCA (1994), os solos na Amazônia são antigos, alcançando a era Paleozóica. A região é composta por uma bacia sedimentar (vale amazônico), entre os escudos guianense e brasileiro. Os escudos são compostos de rochas ígneas do pré-Cambriano e metamórficas do Cambriano-Ordoviciano, que contém algumas manchas de sedimentos da Paleozóica-Mesozóica (60 a 400 milhões de anos atrás). O Vale é formado por sedimentos fluviais de textura grossa, depositados entre o Cretáceo e Terciário. Em síntese, este é o processo de formação dos solos de terra-firme. As várzeas são formadas pelas planícies holocênicas dos rios Solimões e Amazonas e dos seus afluentes de água branca (ou barrenta). As principais ordens do solo são: latossolos amarelos (46%) e podzólicos vermelho-amarelo (30%). Os solos são ácidos (pH de 4,5 a 5,5) e pobres em nutrientes.

A extensão territorial da região amazônica tem gerado muita discussão, pois existe muita discrepância nos valores levantados. Segundo Ribeiro *et al.* (1999), a região pode ser definida, geograficamente, pelas bacias hidrográficas que desembocam no Rio Amazonas e na sua foz na costa leste do Brasil. A área total da bacia é de, aproximadamente, 7.000.000 km², considerando os Estados brasileiros e os países da América do Sul. TCA (1992) citou que o valor mais aceitável no meio acadêmico é de 6,4 milhões de km². No Brasil, há duas Amazônia; uma geopolítica, que é a Amazônia Legal e a outra, a bacia amazônica.

A floresta amazônica, segundo Higuchi *et al.* (2006), é a maior reserva contínua de floresta tropical úmida. Braga (1979) citou que a cobertura florestal influenciada pela bacia amazônica é de, aproximadamente, de 3,6 milhões de km². A cobertura original da Amazônia Legal era de 4,9 milhões de km², sendo 4,1 milhões de km² de floresta e o restante de cerrado (SKOLE; TUCKER, 1993). Estes

autores ressaltam que existe uma área de mais de 240.000 km² que é coberta por nuvens, que até hoje não foram classificadas.

A Amazônia Legal compreende os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia e partes dos Estados do Maranhão, Mato Grosso e Tocantins (SKOLE; TUCKER, 1993; RIBEIRO *et al.*, 1999). A maior parte (65%) da região amazônica está no Brasil e a maior parte (60%) do território brasileiro é a própria Amazônia Legal. Por causa destas dimensões é muito comum ouvir, principalmente no exterior, que o Brasil é a Amazônia e a Amazônia é o Brasil (TCA, 1992).

A floresta amazônica é constituída por diversos tipos de vegetação. Floristicamente, a floresta ocorre em terras baixas, em locais de elevada pluviosidade e a sua extensão exata é ilustrada pela distribuição geográfica do gênero *Hevea* da família das Euphorbiaceae (RIBEIRO *et al.*, 1999). Segundo Oliveira e Amaral (2004), a floresta pode ser dividida em dois grupos: Floresta de Terra-firme e florestas inundáveis. Segundo Pires e Prance (1985), 80% da região é coberta por florestas de terra-firme e segundo Braga (1979), apenas 6% por florestas inundáveis de várzeas e igapós. Em termos de área, estes percentuais significam 200.000 km² de várzea e 100.000 km² de igapó (JUNK, 1993). Estas relações são confirmadas por Higuchi *et al.* (2006).

O termo 'terra-firme' se aplica para todas as florestas que não são, sazonalmente, inundadas. Florestas de terra-firme, segundo Oliveira e Amaral (2004) são caracterizadas pela alta diversidade de espécies. Estas podem ser divididas em: florestas densas, florestas densas com lianas, florestas abertas com bambus, florestas de encosta, campina alta ou campinarana e florestas secas (BRAGA, 1979). Segundo este mesmo autor, as florestas densas são predominantes na paisagem amazônica.

As florestas inundáveis são distinguidas, principalmente, de acordo com a coloração da água que invade as margens cobertas por florestas (SIOLI, 1975). Os dois tipos florestais inundáveis são: várzeas e igapó. Segundo Junk (1993), as várzeas são banhadas por rios e igarapés de águas brancas e barrentas (Amazonas, Solimões, Madeira) e igapós são banhados por águas pretas ou claras (Negro, Tapajós). Várzeas, de acordo com Ribeiro *et al.* (1999), são as vegetações, tolerantes a inundações periódicas, que ocorrem ao longo de igarapés (pequenos rios). Quando essa vegetação encontra-se à margem de rios de água preta ou clara são chamados de *igapós* e quando estão ao longo de igarapés de água branca são chamadas de *várzea* (RIBEIRO *et al.*, 1999).

Segundo Ribeiro *et al.* (1999), as florestas de terra-firme possuem três tipos de relevo: platô, vertente (ou encosta) e baixio. *Platôs* são áreas mais altas, com solos argilosos bem drenados, pobres em nutrientes, com dossel entre 35-40 metros, possuem uma biomassa maior e seu sub-bosque é caracterizado pela alta ocorrência de palmeiras. *Vertentes* são tipos florestais sobre a paisagem colinosa dissecada, seus solos são argilosos nas partes mais altas e arenosos nas partes mais baixas, seu dossel é menor, 25-35 metros e possui poucas árvores emergentes. *Baixio* são planícies aluviais ao longo dos igarapés, tem solos arenosos com acúmulo de sedimentos, dossel de 20-35 metros, raízes superficiais e fisionomia vegetal variada.

Segundo TCA (1992), a floresta amazônica é um dos maiores reservatórios naturais de biodiversidade do mundo, onde cada um de seus diferentes ambientes florestais possui um contingente florístico rico e variado. As múltiplas inter-relações entre seus componentes bióticos e abióticos, formam um conjunto de ecossistemas complexo e de um frágil equilíbrio (OLIVEIRA; AMARAL, 2004). Segundo os mesmos autores, em um trabalho realizado na Estação Experimental ZF-2 do INPA, em uma área de 10.000 m² ou 1 hectare, foram registrados 771 indivíduos, divididos em 239 espécies, 120 gêneros e 50 famílias.

No mesmo trabalho os autores puderam inferir que 44% das espécies levantadas são raras e que seis gêneros foram responsáveis por representarem 24% das espécies registradas. Coincidentemente seis famílias contribuíram com 45% da riqueza florística local, sendo que a família das Sapotáceas teve destaque com 23 espécies. Oliveira e Amaral (2004) evidenciaram uma curva de distribuição diamétrica em “J” invertido, uma vez que 65% de todos os indivíduos levantados possuem diâmetro menor que 20 cm, essa constatação, segundo os autores, deve-se à dinâmica natural de mortalidade e recrutamento de novos indivíduos.

3.2 USOS DOS SOLOS AMAZÔNICOS

Os principais usos do solo amazônico são: agropecuária, exploração seletiva de madeira, produção de energia (hidrelétricas, petróleo e gás natural) e extrativismo. Atualmente, a floresta amazônica, segundo Fearnside (2006), tem sido desmatada ao norte do Estado do Mato Grosso e partes do sul e leste do Estado do Pará para, principalmente, implantação de grandes fazendas de pecuárias pouco produtivas. A preparação do solo para agricultura também tem sua parcela de desmatamento, de acordo com Fearnside (2006); em partes do Pará pequenos agricultores representam a força, assim como em Rondônia e, ao longo da rodovia Transamazônica, no Pará e no Amazonas. Porém, regionalmente, fica claro o domínio de fazendas grandes e médias.

Além da substituição da floresta para outros fins, existe desmatamento para projetos rodoviários, tais como a reconstrução das rodovias BR-163 e a BR319, o que implica na abertura de áreas grandes de floresta (FEARNSIDE, 2006). As intensas explorações de madeira também são responsáveis por grandes áreas desmatadas. Asner *et al.* (2005) afirmaram que a exploração seletiva de madeira pode acrescentar até 123% ao desmatamento da Amazônia, baseado em estudos realizados sobre as safras de madeira de 1999 a 2002. Isto quer dizer que a exploração seletiva de madeira é pré-investimento aos projetos agropecuários substituindo, inclusive, os extintos incentivos fiscais. Higuchi (2006) concluiu que a exploração seletiva tem estreita correlação com o desmatamento ($r = 0,99$, $p < 0,00001$).

Segundo dados históricos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) a média anual da área desmatada na Amazônia, até 2005, era de 18.354 km² - a margem de erro de 1.997 km², para

mais ou para menos (INPE, 2007). A dinâmica do desmatamento na Amazônia durante o período de 1978-2006 é apresentada na Figura 1. As taxas têm picos cíclicos, sem uma definição clara do motivo para os altos ou para os baixos picos. Logo após a primeira avaliação oficial em 1989, quando o mundo foi surpreendido com a fantástica taxa anual de 21.130 km², a reação do Brasil foi introdução de várias medidas para contenção do desmatamento na Amazônia, entre elas, o Programa Nossa Natureza (criação do Ibama).

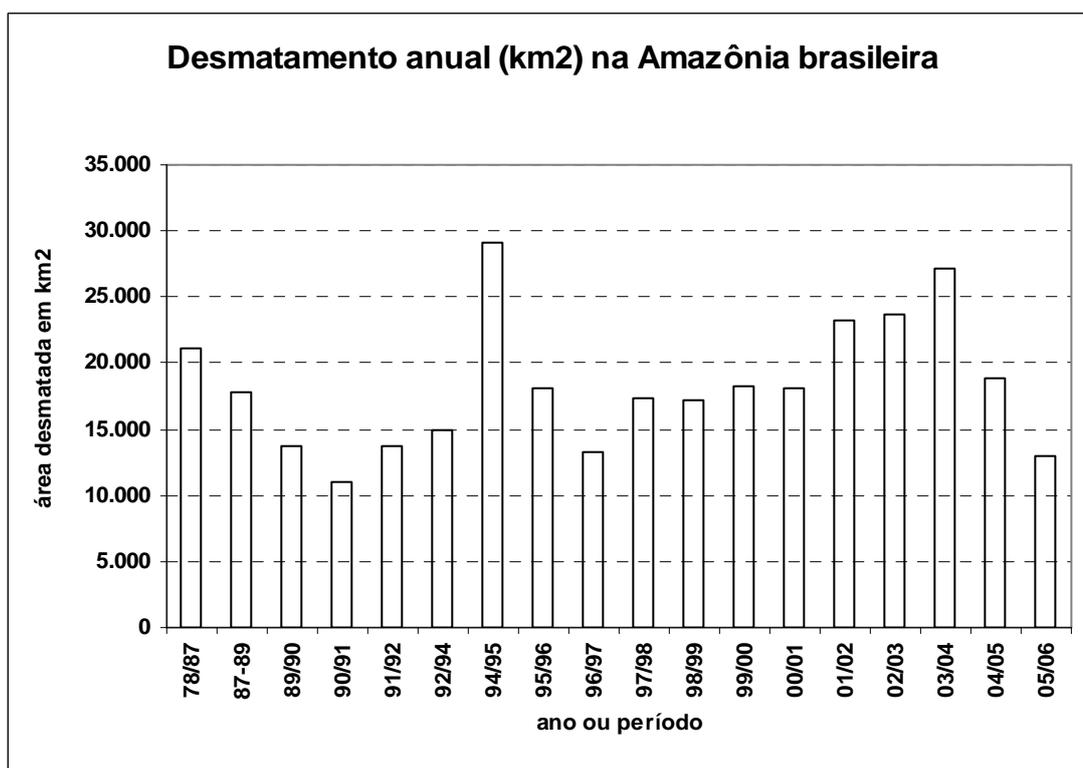


FIGURA 1 – DINÂMICA DO DESMATAMENTO ANUAL DA AMAZÔNIA, EM KM².

FONTE: www.inpe.br.

Durante o Governo Collor, antecedendo a Rio-92, praticamente todos os incentivos fiscais para projetos de desenvolvimento na Amazônia foram extintos. Com o Programa Nossa Natureza e mais as medidas do Governo Collor, o desmatamento foi reduzido substancialmente. A partir de 1992, com o afrouxamento no cumprimento da legislação ambiental combinado com consolidação do Plano Real, as áreas desmatadas voltaram a crescer, com um pico de 29.059 km², em 1995. Novamente o Governo Brasileiro toma medidas duras para conter o desmatamento com a edição de uma medida provisória, em 1996 (válida até 2004 com 67 re-edições), que alterou a área permitida de corte raso, de 50% para 20%. Ao final do Governo FHC, um novo pico de 23.266 km² ocorreu em 2002. No Governo Lula um pico importante de 27.200 km² ocorreu em 2004. Neste momento, a tendência do desmatamento é de queda (www.inpe.br, 2007).

O acumulado na Amazônia é de 664.395 km² até julho de 2006, que corresponde a, aproximadamente, 13% da Amazônia. Em outras palavras, a Amazônia já desmatou 3,3 vezes o

Estado do Paraná. Higuchi (2006) tentou correlacionar desmatamento e incremento do PIB nacional e concluiu que os sinais são fracos ($r = 0,36$, $p = 0,17$) para afirmar que existe correlação entre estas variáveis. Por falta de política florestal na Amazônia, o desmatamento tem tido um comportamento estocástico, concluiu Higuchi (2006).

Grande parte desse desmatamento ainda é feita sem autorização do órgão ambiental responsável, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), ou seja, desmatamentos ilegais. A Figura 2 mostra a relação entre desmatamento autorizado e não autorizado durante o período de 1997 a 2004 (IBAMA, 2006). Durante este período, o máximo que se conseguiu foi 42% em 2000, ou seja, 42% da área desmatada naquele ano foi autorizada pelo Ibama. Nos últimos três anos avaliados (2002, 2003 e 2004), a autorização não alcança 10% daquilo que foi, de fato, desmatado.

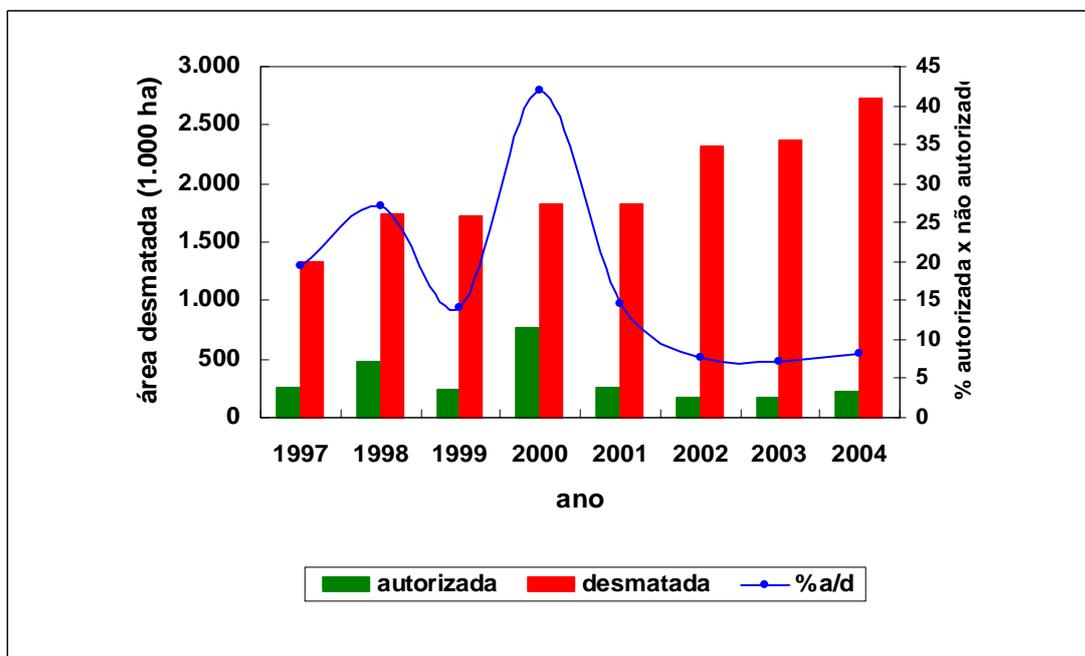


FIGURA 2 – RELAÇÃO (%) ENTRE DESMATAMENTO AUTORIZADO E NÃO AUTORIZADO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.

FONTES: www.inpe.br e Higuchi (2006).

Em termos de poluição da atmosfera, o desmatamento médio histórico da Amazônia representa uma emissão de 190 milhões de toneladas de carbono (HIGUCHI, 2006). Isto significa uma emissão na ordem de 3 vezes mais do que o Brasil inteiro emite via queima de combustíveis fósseis e produção de cimento. Do ponto de vista econômico, por outro lado, a Amazônia Legal contribui com apenas 7,8 % do PIB nacional em 2004.

3.3 PRODUÇÃO DE MADEIRA AMAZÔNICA E O MERCADO INTERNACIONAL

Além dos problemas relacionados com acesso aos recursos florestais e com a baixa tecnologia de madeira, a Amazônia tem também problemas com estatísticas do setor florestal. Estatísticas sistematizadas confiáveis e atualizadas sobre a produção de madeira amazônica não estão disponíveis. No endereço eletrônico do Ibama (www.ibama.gov.br) não se encontra nenhuma informação sobre produção de madeira na Amazônia. A Organização Internacional de Madeira Tropical (ITTO) (www.itto.or.jp), que congrega produtores e consumidores de madeira tropical, apresenta estatísticas sobre produção, consumo interno e exportação dos países associados. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Organização da ONU para Agricultura e Alimentação (FAO) também fornecem informações sobre produção de madeira nos endereços www.ibge.gov.br e www.fao.org, respectivamente.

Higuchi *et al.* (2006) levantaram fontes oficiais, de organismos multilaterais e de organizações não governamentais para se chegar a uma produção anual de madeira em tora da Amazônia. Os autores assumiram uma produção anual igual a, aproximadamente, 25 milhões de m³ de madeira em tora. Lentini, Veríssimo e Pereira (2005) informaram que o setor madeireiro da região extraiu, em 2004, 24,5 milhões de m³ de madeira em tora, o equivalente a cerca de 6,2 milhões de árvores. Este estoque gerou 10,4 milhões de m³ de madeira processada (tábuas, produtos beneficiados, laminados, compensados e outros). A estimativa de Nepstad *et al.* (1999) para a safra de 1996-97 foi de 27,8 milhões de m³ de madeira em tora. Este trabalho cobriu 55% de todas as indústrias madeireiras em operação naquela safra sendo, por esta razão, um dos mais compreensivos e confiáveis. A estimativa da área envolvida na produção de madeira foi outra importante informação deste trabalho, que foi entre 900 mil a 1,5 milhão de hectares.

O processamento da safra de 2004 ocorreu em 82 pólos madeireiros situados principalmente no Pará, Mato Grosso e Rondônia (LENTINI; VERÍSSIMO; PEREIRA, 2005). Após o processamento, a madeira amazônica foi destinada tanto para o mercado doméstico (64%) como para o externo (36%). Em particular, as exportações tiveram um incremento extremamente significativo, passando de US\$ 381 milhões, em 1998, para US\$ 943 milhões, em 2004.

O Instituto Akatu (2007) comenta que, em 2004, foram extraídos cerca de 25 milhões de m³, em tora, e a exportação de madeira, no mesmo período, renderam aproximadamente R\$ 1 bilhão. Valor discrepante com o que fora levantado pelos pesquisadores do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), que se convertido para reais, o valor gira em torno de R\$ 2 bilhões. Segundo um levantamento realizado pelo IBGE, em 2005 o Brasil produziu pouco mais de 17,3 milhões de m³ em tora de madeira, ou seja, se confrontado com os valores levantados por Lentini,

Veríssimo e Pereira (2004), pelo Instituto Akatu e a média citada por Higuchi *et al.* (2006), percebe-se que o país inteiro em um ano reduziu a sua produção de madeira em tora cerca de 30%. De acordo com o mesmo levantamento, só a Amazônia (considerando os Estados da região Norte e os Estados Maranhão e Mato Grosso) produziu 14,6 milhões de m³, gerando quase R\$ 1,3 bilhão. Baseado no PIB regional de 2003, o faturamento do setor florestal em 2004 corresponderia a pouco mais de 1%. Destaque para o Estado do Pará, que foi o maior produtor da região com, aproximadamente, 9,9 milhões de m³ e gerou cerca de R\$ 960 milhões.

Como está sendo produzida a madeira na Amazônia é a grande preocupação. Com base em informações coletadas no Sistema Integrado de Controle e Monitoramento dos Recursos Naturais e Florestais (Sisprof) do Ibama, em 1997, 1998, 2000 e 2001, a madeira da região tem as seguintes procedências: 17% são de PMFS (planos de manejo florestal sustentável), 20% de desmatamento autorizado e 63% são ilegais (HIGUCHI, 2006). Higuchi *et al.* (2006) realizou duas análises estatísticas, uma buscando relacionar a produção de madeira na Amazônia com PIB *per capita* da Amazônia Legal, onde essa análise revelou um $r = 0,17$ ($p = 0,999$) e, a segunda, mostrando uma correlação quase perfeita entre produção de madeira e desmatamento ($r = 0,99$, $p < 0,0001$).

Em síntese, a produção de madeira tem um papel importante no processo de desmatamento e é concentradora de renda. Nestas condições, a madeira deixa de ser oportunidade para a região amazônica e passa a ser uma ameaça à integridade dos seus ecossistemas. Esta situação piora no momento que o mercado internacional de madeira tropical se volta para a Amazônia. Segundo Higuchi *et al.* (2006), os dois principais produtores de madeira tropical, Malásia e Indonésia, deixam de abastecer o mercado internacional em menos de 10 anos. Segundo ainda o mesmo autor, o mercado internacional deve continuar demandando, aproximadamente, 50 milhões de m³ de madeira em tora por ano. A Amazônia não está preparada para substituir os dois principais abastecedores, apesar dos seus 300 milhões de hectares de florestas densas.

As projeções de Higuchi *et al.* (2006), com base na dinâmica do mercado internacional de madeira tropical têm importantes sobreposições com o cenário de Grainger (1987). Este cenário sobre a situação do setor de madeira tropical era o seguinte: ***“a produção do sudeste asiático alcançará o seu pico em meados dos anos 90, sendo, a seguir, substituída pela América Latina, especialmente a Amazônia, para suprir os mercados da Europa, Japão e América do Norte.”*** Este cenário começa a fazer sentido ao analisar a dinâmica da exportação de madeira tropical no período 1989-2004, pelos maiores produtores mundiais; o suprimento de madeira pelos países asiáticos vem diminuindo com o passar do tempo, enquanto que cresce a participação do Brasil no mercado internacional.

3.4 MANEJO DE FLORESTAS TROPICAIS

3.4.1 Aspectos Legais na Amazônia

Segundo a Lei nº 11.284/06, no Título I, no capítulo único, dos princípios e definições, o artigo 3º estabelece que o manejo florestal sustentável é a administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal. Manejo Florestal é parte da ciência florestal que trata do conjunto de princípios, técnicas e normas, que tem por fim organizar as ações necessárias para ordenar os fatores de produção e controlar a sua produtividade e eficiência, para alcançar objetivos definidos (HIGUCHI *et al.*, 2006).

Higuchi *et al.* (2006) definem os princípios como produção contínua e sustentável dos produtos madeireiros por meio do desenvolvimento cognitivo, dinâmico e iterativo, ou seja, a floresta é muito mais que árvores e, o seu potencial, vai além da madeira. Isto é coerente com o disposto no Art 1º do Código Florestal que estabelece que as florestas brasileiras são bens de interesse comum a todos os habitantes do país. Além disso, não se pode perder de vista o Art. 225 da Constituição Federal que estabelece: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Segundo o Decreto nº. 5 975 de 30 de novembro de 2006, que substituiu os Decretos nº. 1 282 de 1994 e o nº. 2 788 de 1998, disciplina o Art. 15 do Código Florestal (Lei nº. 4 771 de 19/09/1965). Segundo este Decreto, a exploração de florestas e formações sucessoras sob o regime de manejo florestal sustentável, tanto de domínio público quanto de domínio privado, dependerá de prévia aprovação do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), que deve atender vários fundamentos técnicos e científicos, entre eles: caracterização do meio físico e biológico. A Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente, IN nº. 5 de 11 de dezembro de 2006, que substituiu a Portaria nº 48, disciplina o Decreto nº. 5 975 e apresenta os roteiros para apresentações do PMFS, do plano operacional anual (POA) e, inclusive, do relatório.

O Art. 3º do Decreto 5.975 estabelece que o PMFS atenderá aos seguintes fundamentos técnicos e científicos: (i) caracterização do meio físico e biológico; (ii) determinação do estoque existente; (iii) intensidade de exploração compatível com a capacidade da floresta; (iv) ciclo de corte compatível com o tempo de restabelecimento do volume de produto extraído da floresta; (v) promoção da regeneração natural da floresta; (vi) adoção de sistema silvicultural adequado; (vii) adoção de

sistema de exploração adequado; (viii) monitoramento do desenvolvimento da floresta remanescente e (ix) adoção de medidas mitigadoras dos impactos ambientais e sociais.

3.4.2. Manejo Florestal no Mundo Tropical

De acordo com Lamprecht (1990), as primeiras experiências silviculturais voltadas para o manejo florestal sustentável aconteceram em meados do século XIX na Índia e em Myanmar (antiga Birmânia), de onde o botânico alemão Dietrich Brandis escreveu o primeiro plano de ordenamento para uma única espécie florestal, *Tectona grandis*. Para Lamprecht (1990), este botânico é considerado o “pai” do manejo florestal dos trópicos. Há várias revisões compreensivas sobre este assunto, publicadas em revistas científicas e anais de encontros e congressos florestais, como Pandolfo (1979), Carvalho (1987), Yared *et al.* (1988), Synnott (1989), Souza (1989), Siqueira (1989) e Barros (1990).

O primeiro sistema silvicultural para o manejo florestal sustentável oficial foi o Corte de Melhoramento, que foi introduzido em 1910 para a condução da regeneração natural da *Palaquium gutta*, que produzia um látex, o qual tinha participação importante na economia local. Este sistema foi o precursor do Sistema Uniforme Malaio (SUM), que se popularizou nos anos 40 do século passado. O SUM preconizava, em sua primeira versão, o corte de todas as árvores com DAP > 45 cm e a eliminação, posterior, de todas as indesejáveis que competiam com a regeneração natural (RN) das desejáveis. Este sistema obteve relativo sucesso em florestas com predominância da família Dipterocarpaceae. O sistema falhou quando foi aplicado em florestas altas, onde a família da espécie não era tão abundante (HIGUCHI *et al.*, 2006).

Segundo FAO (1989), na África, as experiências silviculturais são registradas desde o início do século XX. As primeiras pesquisas foram implantadas em Togo e Camarões, colônias alemãs, em 1908. Entre 1920 e 1930, na África Ocidental Britânica, os ingleses instalaram os primeiros experimentos florestais na região. Os franceses atuaram mais na Costa do Marfim, em 1930. O Sistema Tropical Shelterwood (STS) consolidou-se em 1944, na Nigéria. Este sistema foi inspirado em sistemas que favoreciam a regeneração natural de espécies desejáveis, sob as árvores matrizes, por meio de corte de cipós e eliminação de indesejáveis. A primeira versão do STS era uma adaptação do SUM.

O STS consistia de abertura gradual do dossel por meio de envenenamento (com arsenito de sódio) de espécies não comerciais e também corte de cipós e limpezas para controlar a infestação de cipós e ervas daninhas, para promover a sobrevivência e o crescimento da RN de espécies desejáveis. Depois de manejar, aproximadamente, 200 000 hectares de florestas primárias nigerianas com STS, este sistema foi abandonado. A razão principal foi que a produção de madeira não competia com outras formas de uso do solo. Onde havia alguma preocupação com o uso múltiplo da floresta, o STS conseguiu se consolidar (FAO, 1989).

No continente americano, o exemplo vem das experiências silviculturais primeiramente instaladas em Trinidad, entre 1890 e 1900, pelos florestais ingleses. Nos países amazônicos, no início da década de 80, foram planejadas várias áreas de demonstração de manejo florestal, totalizando aproximadamente um milhão de hectares, mas que até hoje não foram implementadas. Em outros países como Costa Rica, Suriname, Guiana Francesa (Departamento da França), Peru e Bolívia, as experiências com manejo florestal foram mais em escala experimental (FAO, 1989).

De acordo com Higuchi *et al.* (2006), a partir do primeiro sistema silvicultural, vários sistemas de manejo foram desenvolvidos com a finalidade de criar uma ‘receita de bolo’ para exploração florestal. Os principais sistemas silviculturais utilizados no manejo, além do SUM, foram: o Tropical Shelterwood (STS), Malaio Uniforme Modificado (MUM) das Filipinas, MUM da Indonésia, MUM de Sabah, desbastes de Liberação de Sarawak e muitos outros. Segundo Higuchi *et al.* (2006), nenhum dos sistemas silviculturais criados foram bem sucedidos. As razões foram as mais variadas possíveis, como invasões pelos sem-terra, mudança de política de uso de solo, catástrofes naturais ou artificiais (guerras e guerrilhas), golpes de estado, falta de pessoal treinado entre outros.

3.4.3. Manejo Florestal na Amazônia Brasileira

No Brasil, o conceito de manejo florestal em regime de rendimento sustentável foi, primeiramente, introduzido com a realização dos primeiros inventários florestais, executados por peritos da FAO, em fins de 1950. O primeiro plano de manejo foi feito para a FLONA de Tapajós, em 1978, para uma área de 130 000 ha, como área demonstrativa, mas que ainda não foi implementado. A principal razão foi falta de competitividade com outras formas de uso do solo. Depois da primeira regulamentação do Art. 15 do Código Florestal, em 1994, vários PMFS foram aprovados para a Amazônia. O precursor foi o projeto de 50 mil hectares da MIL Madeireira, em Itacoatiara (AM), em 1994 e foi também o primeiro a obter a certificação florestal.

Segundo Asner *et al.* (2005), no período de 1999 a 2002, aproximadamente, 1,5 milhão de hectares por ano estavam sob exploração seletiva de madeira. Isto não quer dizer que todos tinham PMFS aprovado pelo órgão ambiental. Como apenas 17% da produção de madeira da Amazônia têm origem de PMFS (HIGUCHI, 2006), seria razoável admitir que, a partir de 1994, a área anual manejada na região tem sido de 250 mil hectares.

Dentre os vários planos de manejo em andamento na região amazônica, pode-se citar o Manejo Florestal Sustentável Comunitário de Colonização Pedro Peixoto (MFS P. Peixoto), que de acordo com seu endereço eletrônico (<http://www.cpfac.embrapa.br/manejo/>, 2007) é um projeto certificado pela Forest Stewardship Council (FSC) ou “Conselho do Guardião da Floresta”. O princípio geral é que a repetição das intervenções em períodos pequenos, em baixos níveis, com

tratamentos silviculturais, criarão um mosaico de clareiras com diferentes idades, o qual permitirá o crescimento da floresta.

O sistema busca balancear as características das propriedades e produtores com as técnicas de manejo aplicadas (ciclos de corte curto, intensidade de corte baixa e uso de tração animal para o arraste da madeira). O uso de máquinas pesadas é substituído pela tração animal. O desdobro da madeira em peças é realizado dentro da própria floresta, com o auxílio de uma serraria portátil.

O crescimento da floresta é observado por meio de parcelas permanentes, após seis anos, o resultado tem demonstrado que a extração anual e o ciclo previsto têm sido compatíveis com a taxa de crescimento da floresta. Avaliações econômicas provam sua viabilidade e indicam um aumento na renda do produtor de aproximadamente 30%. Atualmente, segundo o *site* do MFS P. Peixoto, este sistema serve de referência para órgãos como Ibama e o Banco da Amazônia S/A (BASA), na definição de políticas de desenvolvimento ou financiamento para o manejo em situações similares como áreas de reservas extrativistas.

A descrição do sistema silvicultural do MFS P. Peixoto é dado pelo corte das árvores em ciclos mínimos de 10 anos e intensidade de corte não superior a 5-10 m³/ha. Ao invés de cortar todas as árvores comerciais de uma vez, como é costumeiramente praticado, estas árvores são cortadas em três ciclos de corte.

A utilização de tração animal tem a vantagem de produzir menos danos às árvores remanescentes e à regeneração natural, bem como uma menor compactação dos solos do que os equipamentos de arraste convencionais. O sistema preconiza que a regeneração natural de espécies desejáveis possa ser promovida pela distribuição dos impactos ao longo do tempo, reduzindo a competição com espécies pioneiras, com menos danos ao ecossistema como um todo e sem perda de produtividade.

A repetição das intervenções feitas na floresta, em períodos curtos, junto com a aplicação de tratamentos silviculturais, cria um mosaico de clareiras, com diferentes idades, que permite o crescimento e regeneração da floresta conservando sua estrutura e biodiversidade. Da seqüência de operações propostas pelo MFS P. Peixoto, destaca-se a realização de vários inventários florestais, antes e depois da exploração de madeira (EMBRAPA, 2007).

A Fundação Floresta Tropical (FFT) desenvolveu também um plano de manejo florestal sustentável. Chamado de Exploração de Impacto Reduzido (EIR), esta técnica consiste na retirada de baixo volume de madeira da floresta e está fundada em tecnologia adequada, planejamento e desenvolvimento de mão-de-obra especializada. Segundo o plano de manejo proposto pela FFT, os inventários pré-exploratórios possuem uma importância muito grande no que tange ao planejamento. Representam uma vantagem tanto para o proprietário da terra quanto para os madeireiros que a exploram, pois estabelecem contratos futuros baseados na entrega de volumes conhecidos das espécies conhecidas (www.revistaelo.com.br/downloads/manejo-sustentavel).

De acordo com o mesmo artigo, a EIR possui três fases distintas: Pré-exploratória, exploratórias e pós-exploratórias. A primeira fase, dentre várias atividades, destaca-se a instalação de parcelas permanente, com intuito de realizar um inventário contínuo, o levantamento completo de árvores comerciais com DAP > 35 cm e por fim a remoção de cipó. A fase exploratória é realizada a seleção e sinalização das árvores que serão exploradas, protegem-se as porta sementes, porém o plano não determina quais são porta sementes ou não, e por último a EIR sugere que não sejam cortadas as árvores ocas, já Higuchi *et. al.* (2006) citaram que, como normalmente são indivíduos de grande porte e quando derrubadas causam grandes danos à floresta, uma alternativa seria a eliminação da árvore oca.

A fase pós-exploratória se destaca, pois são realizadas atividades silviculturais, como a condução da regeneração natural e eliminação de árvores não comerciais, e porque as parcelas permanentes são remedidas. É realizado um inventário para avaliar os impactos nas árvores remanescentes, os desperdícios são avaliados e são realizadas manutenções na infra-estrutura. Baseando-se nesse sistema a Mil Madeireira, empresa madeireira do grupo suíço *Precious Woods* localizada no estado do Amazonas, comparou o método convencional com a EIR e constatou que o método minimizou em mais de 50% os danos nas remanescentes, seu desperdício foi reduzido, mas o custo operacional foi superior (www.revistaelo.com.br/downloads/manejo-sustentavel.pdf).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) criou um projeto em 1999, mas só iniciou efetivamente em 2001, chamado Projeto Bom Manejo (PBM). Esse projeto visava incentivar empresas florestais da Amazônia brasileira a adoção de boas praticas de manejo, que garantam sustentabilidade econômica, social e ambiental. As previsões da Embrapa eram que até o ano de 2010, teria sido desenvolvido, avaliado e aprovado um Sistema de Manejo Florestal (SMF), que promovesse o uso dos recursos florestais em escala operacional, através de parcerias com as empresas madeireiras locais. Difusão do SMF entre as empresas que operam em florestas de terra-firme e promover e apoiar as bases científicas (EMBRAPA, 2007).

A primeira fase desse projeto, que seria desenvolvido no período de 2001-2005 um conjunto de ferramentas silviculturais e gerenciais para fornecer empresas benefícios econômicos e redução de impactos ambientais. De acordo com o endereço eletrônico da Embrapa, em até 2006 seria realizada a validação das ferramentas geradas pelo projeto, para que no ano mencionado fosse a fase de disseminação das ferramentas para todos, mas em pesquisa realizada em abril de 2007 não havia nenhuma informação se tinha sido feita essa validação tão pouco a divulgação das ferramentas do PBM.

Um dos resultados que eram esperados do PBM, seria que todos usariam as ferramentas desenvolvidas pelo projeto. Segundo o órgão não governamental Greenpeace, em pesquisa realizada em 2007 no seu endereço eletrônico (<http://www.greenpeace.org.br>), “os melhores padrões e critérios de manejo florestal são os estabelecidos pela Forest Stewardship Council (FSC)”.

A empresa Orsa Florestal possui um plano de manejo florestal em Almeirim – PA, em uma área de 545 mil ha, onde 92 mil ha é apresentado como áreas de preservação absoluta (ORSA FLORESTAL, 2007). De acordo com uma pesquisa em seu endereço eletrônico em 2007, a empresa não mencionava nenhuma ferramenta de manejo fornecida pelo projeto Bom Manejo. Ao contrário, Orsa Florestal apresenta um modelo de manejo florestal que é executado nas suas áreas florestais. Como o manejo de impacto reduzido, o plano de exploração da Orsa, segundo seu *site* (www.orsaflorestal.com.br), para garantir o equilíbrio ecológico da floresta são retirados apenas 3 a 5 árvores por hectare, o que corresponde a cerca de 20 m³, com DAP > 45cm.

Dentre as atividades do manejo pode-se destacar que a área foi dividida em faixas de 1,25 ha, dentro Unidades de Trabalho a qual é uma subdivisão de uma área maior, chamada de Unidades de Produção Anual. A informação fornecida pelo endereço eletrônico da Orsa Florestal é que antes de iniciar qualquer exploração em uma determinada área, faz-se um inventário detalhado do estoque de madeira lá existente. A partir desse inventário são gerados mapas que identificam as árvores a serem derrubadas. Para derrubar as árvores, a empresa aplica a “derrubada direcional”. Depois de derrubada a árvore, o seu toco é identificado e marcado e a tora arrastada até o pátio, onde a tora é cubada, traçada e identificada.

Segundo o endereço eletrônico www.manejoflorestal.org, o plano de manejo define como a floresta será explorada, o que inclui o zoneamento da propriedade distinguindo as áreas de exploração, as zonas de preservação permanente e os trechos inacessíveis. Em seguida, planeja-se a rota das estradas secundárias e divide-se a área total de manejo em talhões de exploração anual. Por último, define-se a seqüência de exploração do talhão ao longo do tempo. Esta medida visa reduzir os impactos da exploração madeireira sobre a fauna e aumentar a proteção da floresta contra o fogo.

De acordo com a mesma fonte, o plano de manejo florestal por ser organizado em três etapas: Zoneamento de Áreas Exploráveis (AE); planejamento de estradas secundárias, ligando as AE's com as estradas primárias; e divisão da área em blocos ou talhões de exploração anual. A página da internet ainda oferece um guia de um plano de manejo, onde se comenta a respeito da coleta de informações para a elaboração do plano de manejo, do zoneamento da propriedade, planejamento das estradas, ordenamento da exploração e definição da demanda anual para exploração.

3.5 INVENTÁRIO FLORESTAL

Husch, Miller e Beers (1972), definiram inventário florestal como uma tentativa de descrever quantitativa e qualitativamente as árvores da floresta, assim como as características do meio em que se encontram. Péllico Netto e Brena (1997), Campos e Leite (2002) e Sanquetta *et al.* (2006), definiram o inventário florestal da mesma forma que Husch, Miller e Beers (1972). Sanquetta *et al.* (2006) sugeriram uma ‘marca registrada’ que seria a representatividade amostral e sua validade estatística.

Campos e Leite (2002) determinaram como uma operação e Péllico Netto e Brena (1997) como uma atividade.

Segundo Péllico Netto e Brena (1997), os inventários florestais podem ser classificados quanto os seus objetivos, *cunho tático e estratégico*, abrangência, *nacional, regional e em áreas restritas*, obtenção dos dados, *censo, amostragem e tabela de produção*, detalhamento dos resultados, *exploratórios, reconhecimento ou detalhado*. Quanto à sua abordagem da população no tempo, os inventários podem ser *temporários ou permanentes*. Inventários permanentes ou Inventário Florestal Contínuo, pelo seu caráter, se constitui numa importante fonte de dados em estudos de crescimentos e produção florestal, que são necessários na definição de um plano de manejo.

Na Amazônia, as principais variáveis aleatórias estimadas são: número de árvores, área basal e volume. As espécies florestais são identificadas por “mateiros” com os nomes populares de cada Estado ou microrregiões. A área basal e volume são estimados a partir do DAP. Não há equações de volume específicas para cada microrregião. Em inventários realizados por empresa de grande porte, os técnicos utilizam as equações do INPA ou da Embrapa (IBAMA, 2007). No entanto, há ainda técnicos utilizando o fator de forma para estimar o volume de madeira. O tamanho da unidade de amostra recomendado, em inventários que medem árvores com $DAP \geq 20$ cm, é de 2.500 m² (retangular), tanto para o Amazonas como a Flona de Tapajós (QUEIROZ, 1977; HIGUCHI *et al.*, 1982).

Na Amazônia, o Ibama está organizando as informações florestais iniciando-se com o monitoramento das parcelas permanentes. Para isto, foi criado o Grupo Inter-Institucional de Monitoramento da Dinâmica de Crescimento de Florestas na Amazônia Brasileira, GT-Monitoramento, que é financiado pelo Promanejo e conta com a participação de várias instituições governamentais e não governamentais da área florestal. Os objetivos do Grupo são: implementar uma rede de monitoramento florestal; promover a articulação de instituições ligadas ao monitoramento; gerar uma base de dados em monitoramento e divulgar os conhecimentos existentes. O passo seguinte será o inventário florestal da região concomitante ao inventário nacional.

Em tempos de mudanças globais, os inventários florestais, contínuos ou temporários, devem produzir também estimativas de biomassa. De acordo com o guia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), em cada produto do inventário florestal, as incertezas das estimativas têm que ser explicitadas. O Laboratório de Manejo Florestal do INPA aprovou um projeto inventário florestal contínuo para o Estado do Amazonas. Este projeto foi financiado pela Fundação de Amparo às Pesquisas do Amazonas, em 2004. Foram instaladas 699 novas parcelas de ¼ ha cada nos seguintes sítios: Fonte Boa, Jutai, Resex Auati-Paraná, Manacapuru, Rio Preto da Eva, Itacoatiara, Lábrea e Juruá.

3.6 FUNÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE DIÂMETRO

Campos e Leite (2002) descreveram Distribuição de Diâmetros como modelos que estimam o número de árvores por classe diamétrica. No entanto esses modelos são funções probabilísticas de densidade, ou seja, geram equações que determinam a probabilidade da frequência de cada classe de diâmetro.

A tabela da distribuição diamétrica também pode ser dita como uma forma de caracterizar um povoamento ou população florestal, podendo predizer a área basal, DAP máximo, médio e mínimo, estimar altura, por intermédio de uma função hipsométrica, descrever a frequência de árvores por classe de diâmetro e estimar a produção de madeira (NELSON, 1964; HAFLEY; SCHREUDER, 1977; LENHART, 1988.). Um dos primeiros a citar distribuição diamétrica foi Meyer (1951) em um trabalho de estrutura, crescimento e escoamento em uma floresta balanceada multiânea. De acordo com o autor, o crescimento corrente de uma floresta virgem é compensado pela sua mortalidade.

Meyer (1951) citou que a distribuição de qualquer área florestal grande tende a ser representado por um “J” invertido, já Leak (1964) citou que a distribuição em “J” descreve a distribuição diamétrica tipicamente encontrada em populações multiâneas e que a média de duas ou mais variáveis, dessa distribuição, não se comporta da mesma forma que uma variável básica. Essa distribuição, segundo Leak (1964), também é aplicável para mensurações biológicas, em populações de rápido crescimento, organismos que vivem sob forte competição, supressão e outros.

Meyer (1951) comentou que quanto maior for o número de árvores nas classes diamétricas menores, maior será o número de árvores por unidade de área. Este autor descreve a característica de crescimento em curvas de distribuição diamétrica, que se dá por um movimento da esquerda para direita.

Inspirado por Spurr, que em um trabalho realizado em 1952 gerou uma hipótese de que árvores de classes diamétricas ou classes de copa diferentes não contribuem da mesma forma para o crescimento em pés^3 em populações puras e equiâneas de *Pinus taeda*, Nelson (1964), através da variabilidade genética, agrupamento e a distribuição diamétrica, buscou quantificar o crescimento de um povoamento de *P. taeda*. Utilizando as variáveis como fonte de explicação para a variabilidade de crescimento de populações puras e equiâneas.

Nelson (1964) utilizou apenas populações puras, equiâneas e sadias com idades entre 20 e 60 anos. Metade das amostras utilizadas foi cortada para especificar os resíduos de estoque. O autor concluiu que a distribuição utilizada, GAMA, não apresentou relação significativa com o crescimento em pés^3 ou mesmo com o crescimento residual. A única relação encontrada fora com a média de DAP, ainda assim sua significância fora perdida após a remoção dos efeitos de idade, sítio e estoque. Nelson (1964) citou que mesmo que em seu trabalho não tenha sido apresentado nenhuma relação entre

equações de crescimento em pé³ e distribuição diamétrica não quer dizer que a mesma não exista em populações equiâneas de *P. taeda*.

Lenhart (1988), utilizando parcelas permanentes em plantações de *Pinus taeda* e de *P. elliottii*, levantou algumas variáveis do povoamento, como: DAP máximo, mínimo e médio; altura das 10 maiores árvores etc., para ajustar uma função de probabilidade especificando um modelo estatístico de distribuição diamétrica, Weibull. Utilizando análise de regressão, o autor desenvolveu equações para estimar as variáveis do povoamento, como a produção volumétrica.

Para determinar os parâmetros da função de probabilidade, Lenhart (1988) não utilizou métodos convencionais e sim as próprias variáveis encontradas no povoamento. Assim, para *a* o autor considerou que fosse igual ao menor diâmetro encontrado no povoamento, para *b* e *c* utilizou equações matemáticas com variáveis já descritas, como DAP médio. Depois de estimados os parâmetros da função de distribuição diamétrica, foram calculados as produções em pés³ de madeira e casca e comparados com os observados, gerando uma subestimação de 5,3 e 8,1% para *P. taeda* e *P. elliottii* respectivamente. Lenhart (1988) concluiu que uma função diamétrica probabilística, como a de Weibull, funciona muito bem para a estimação tanto da distribuição diamétrica quanto para a produção de volume do povoamento ou floresta.

De acordo com Hafley e Schreuder (1977) o principal problema em ajustar distribuições tem sido a escolha da função estatística de distribuição que descreva as probabilidades de interesse. O critério aparente de escolha que seja relativamente simples para ajustar os parâmetros de estimação, suficientemente flexível, de modo que possa cobrir diversos espectros ou forma e por último consiga se ajustar a qualquer conjunto de observações.

O trabalho trata-se de um experimento comparativo entre cinco funções de distribuições conhecidas na literatura, sendo elas: Função Beta; Johnson's Sb; Weibull; Gama; Lognormal e Normal. Segundo os autores a função de distribuição de Weibull possui habilidade de descrever gráficos com achatamentos negativos e positivos.

Através de seu experimento Hafley e Schreuder (1977) chegaram a um resultado de 40% das distribuições diamétricas exibindo uma simetria negativa da curva e para as alturas apenas uma não demonstrou o mesmo comportamento. Hafley e Schreuder (1977) deixaram bem claro que não tiveram nenhuma intenção de testar a 'bondade' de cada método e que o fato de terem "rankeado" as distribuições devia-se apenas para identificar uma ou mais distribuições que teriam um bom desempenho sobre uma variedade empírica de dados.

Dentre as seis distribuições, a função de Weibull ficou com o terceiro lugar no geral. Com a distribuição de Johnson's Sb ficando em primeiro devido à sua flexibilidade e a suposição de uma distribuição bi-variável para a distribuição das alturas e do crescimento dos diâmetros, que, aparentemente, possui uma relação consistente entre eles (HAFLEY; SCHREUDER, 1977).

3.7 FUNÇÃO PROBABILÍSTICA DE WEIBULL

A função probabilística de distribuição de Weibull foi introduzida ao setor florestal por Bailey e Dell (1973). Desde então tem sido a preferida para estimar a distribuição diamétrica. Segundo Shiver (1985), isso se deve ao fato de ser muito flexível e por possuir uma forma fechada para uma solução integral da função. O modelo de Weibull, descrito por Bailey e Dell (1973) e depois por diversos outros autores, pode possuir dois e três parâmetros, como a seguir:

Com dois parâmetros:

$$f(x) = (a/b) * (x/b)^{a-1} * \exp[-(x/b)^a], \text{ para } x \geq 0, a \text{ e } b > 0;$$

Com três parâmetros:

$$f(x) = (c/b) * [(x-a)/b]^{c-1} * \exp\{-[(x-a)/b]^c\}, \text{ para } x \geq a, a \geq 0, b \text{ e } c > 0;$$

= 0, para outra circunstância.

Yang, Kozak e Smith (1978) e Lawrence e Shier (1981) trabalhando com a função de Weibull com dois parâmetros, a e b , os autores descreveram o que cada parâmetro representa na função, a descreve a forma da curva e b a sua escala. Enquanto Zarnoch *et al.* (1982), Little (1983), Krug, Nordheim e Giese (1984) e Zarnoch e Dell (1985) utilizaram a função com três parâmetros: a , parâmetro de localização; b , parâmetro de escala e c , parâmetro de forma.

Existem muitas formas para estimar os parâmetros da função de Weibull. Yang, Kozak e Smith (1977) e Krug, Nordheim e Giese (1984) estimaram os parâmetros através de regressão não-linear, com o auxílio de computadores da época. Lawrence e Shier (1981) apresentaram dois métodos alternativos: “*Quadrados mínimos*” e “*Desvio mínimo absoluto*”, onde o primeiro gera coeficientes cujos valores são determinados pelo mínimo da Soma dos Quadrados do Resíduo entre o valor real e estimado da variável dependente e o segundo por coeficientes que minimizam o valor da Soma dos Resíduos Absolutos. Little (1982) relacionou características do povoamento com múltiplas regressões para estimar os parâmetros da função. Zarnoch e Dell (1985) e Einsensmith (1985) apresentaram, respectivamente, os métodos percentis e exponencial.

Shiver (1985) avaliou o número de árvores que deveria ser medido, em um determinado povoamento florestal, para obter uma descrição adequada da sua distribuição diamétrica. Para isso o autor comparou quatro métodos de estimação dos parâmetros da Função de Weibull, que foram: Máxima Verossimilhança (ZANAKIS, 1979), Momentos modificados (COHEN; WHITTEN, 1983), Método de Garcia (GARCIA, 1981) e dos Percentis (ZARNOCH; DELL, 1985), citados por Shiver (1985).

Para este objetivo Shiver (1985) concluiu que o método de Máxima Verossimilhança é o melhor para estimar os parâmetros da função de Weibull. O Quadrado Médio do Erro (QME) diminui conforme aumenta o tamanho da amostra para todos os quatro métodos, em particular o Método de

Garcia e dos Percentis, ambos influenciados pela má tendenciosidade do parâmetro a . Segundo ainda o mesmo autor QME estabiliza consideravelmente quando a amostra possui entre 60 e 70 árvores, indicando que não há necessidade de amostras maiores.

Ainda no mesmo trabalho, Shiver (1985) comenta que os parâmetros de Weibull são independentes e por isso muitas combinações desses parâmetros podem gerar resultados idênticos. Por essa razão o método que melhor estimar os parâmetros pode não ser o melhor método que estime a tabela do povoamento. Pensando nisso o autor realizou uma análise multivariada pareada com o teste t para avaliar os quatro métodos. Para as amostras com 30 árvores, todos os quatro métodos geraram distribuições que, estatisticamente, eram diferentes da distribuição real. O método dos Percentis fora o que teve o menor T^2 calculado. Para as amostras de 50 árvores os métodos, Momentos modificados e dos Percentis foram os que geraram uma distribuição que estatisticamente não eram diferentes da real. Por último, Shiver (1985) concluiu que a melhor maneira de desenvolver os modelos de distribuição diamétrica é mensurando aproximadamente 50 árvores por amostra. Quanto mais amostras melhor será o resultado.

Zarnoch e Dell (1985) comparam dois métodos diferentes, Máxima Verossimilhança (MLB) e Percentis (PCT), para estimar os parâmetros da função de Weibull. Os autores concluíram que a variância encontrada em quase todos os experimentos do método de MLB foi até quatro vezes superiores ao encontrado no PCT, porém gerando parâmetros melhores. Apesar de possuir uma melhor margem de erro, o QME mostrava um crescimento mais rápido no PCT. Os autores concluíram que para povoamentos florestais de populações similares, os estimadores MLB foram superiores em precisão. O QME, por outro lado, mostrou valores inferiores. Zarnoch e Dell (1985) ainda comentaram que, apesar de serem ‘comparáveis’, o PCT gera resultados inferiores sob as condições mais comumente encontradas nas pesquisas de crescimento e incremento de plantações de pinheiro.

Ainda assim não se deve dispensar o método de PCT, pois sua simplicidade é um atributo valioso e seu comportamento quando o parâmetro c é próximo ou inferior a 2, ele torna-se comparável ou até melhor que o MLB, lembrando que o método dos percentis gera variâncias menores, o que encoraja uma correção na tendenciosidade dos valores produzidos.

A flexibilidade da função de Weibull pode ser observada em diversos trabalhos, como o de Yang, Kozak e Smith (1978). Num estudo sobre o potencial da função de Weibull como curvas de crescimento, estes autores apresentaram uma função modificada bastante flexível de crescimento, a qual fora nomeada de “Weibull Modificada”. Este estudo foi demonstrado por meio de dois exemplos: uma função de flexibilidade e outra da curva de volume por idade. Ambas obtiveram resultados excelentes, comprovando que a função realmente apresentou-se flexível.

Tal flexibilidade pode ser explicada devido ao parâmetro c onde segundo Barros (1980), quando o c é igual a 1, a distribuição tende a ser exponencial, quando o c é menor que 1 a distribuição

é em “J” invertido, se $1 < c < 3,6$ a distribuição toma forma assimétrica positiva e quando o parâmetro de forma, $c \cong 3,6$ a distribuição é normal.

Lawrence e Shier (1981) comentaram que a função de distribuição de Weibull é muito utilizada para aplicações práticas, pois pode modelar com certo grau de realismo situações em que a idade influencia sobre os seus componentes à medida que eles acontecem. Zarnoch *et al.* (1982) avaliaram os efeitos de diferentes regimes de desbaste para a distribuição diamétrica de um povoamento de *Pinus resinosa* ajustada pela função de Weibull.

Ao final do experimento, Zarnoch *et al.* (1982) puderam concluir que a função de Weibull funcionou muito bem estimando a distribuição diamétrica de cada tratamento. Os autores sugeriram que ao início de cada manejo é possível realizar uma previsão da distribuição diamétrica no futuro, mesmo realizando desbastes.

Segundo Little (1982) a predição da distribuição diamétrica, utilizando variáveis do povoamento, mantém alguns detalhes de árvores individuais sem a necessidade de contato com essas árvores durante a simulação da rotação. Os modelos de distribuição também desenvolvem um papel importante na atualização de inventários florestais sem requerer um trabalho extensivo de campo.

No Brasil, especialmente, na floresta amazônica, a distribuição mais popular era a função exponencial (BARROS *et al.*, 1979; HOSOKAWA, 1981). Mais tarde, a função Weibull foi aplicada com sucesso na região de Manaus por Higuchi (1987) e Umaña e Alencar (1998). No primeiro caso, o método dos percentis foi o que produziu os melhores resultados.

Na região do planalto Tapajós, Barros (1980) também trabalhou com a função de Weibull, porém com a função com dois parâmetros, ajustados pelo método do Percentis. O autor trabalhou com diâmetros superiores a 15 cm e analisou 3 diferentes amplitudes diamétricas e concluiu que a amplitude de 10 cm obteve os melhores resultados. O critério utilizado por Barros (1980) foi a Soma dos Quadrados dos Resíduos (SQR).

Cunha (1995) utilizou o mesmo critério para comparar métodos de distribuição diamétrica, a SQR, porém o autor ajustou as funções para 3 grupos de espécies, com o diâmetro a altura do peito (DAP) mínimo de 45 cm, testando 4 amplitudes diferentes: 6, 8, 10 e 12 cm. Cunha (1995) utilizou o método de Máxima Verossimilhança na Estação Experimental de Curuá-Uma. O autor concluiu que as amplitudes 10 e 12 cm foram as que apresentaram os melhores resultados.

No setor produtivo, não foi encontrado nenhum registro de que a função de Weibull é utilizada, apesar de sua eficácia ter sido comprovada por diversos autores em diferentes populações florestais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 Localização

A área deste estudo localiza-se à margem esquerda da estrada vicinal ZF-2, entre km-20 e km-35, em terras da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. A descrição da Estação, como um todo, foi detalhada por Jardim e Hosokawa (1986/87). As coordenadas geográficas do ponto inicial da parcela (estendendo à direita) são: 2° 36' 853" de latitude sul e 60° 08' 660" de longitude oeste (PINTO *et al.*, 2003).

A parcela permanente cobre uma área de 18 ha tendo as seguintes dimensões: 300 metros de largura por 600 metros de comprimento e está dividida em quinze linhas de 20 metros de largura por 600 metros de comprimento. Cada linha dividida em 30 sub-parcelas de 20 m x 20 m, com quatro quadrantes (*a*, *b*, *c* e *d*), como mostra a Figura 3. Esta parcela fora instalada pelo Projeto Jacaranda (INPA/JICA) para estudos de distribuição espacial e dinâmica da floresta primária (PINTO *et al.*, 2003).

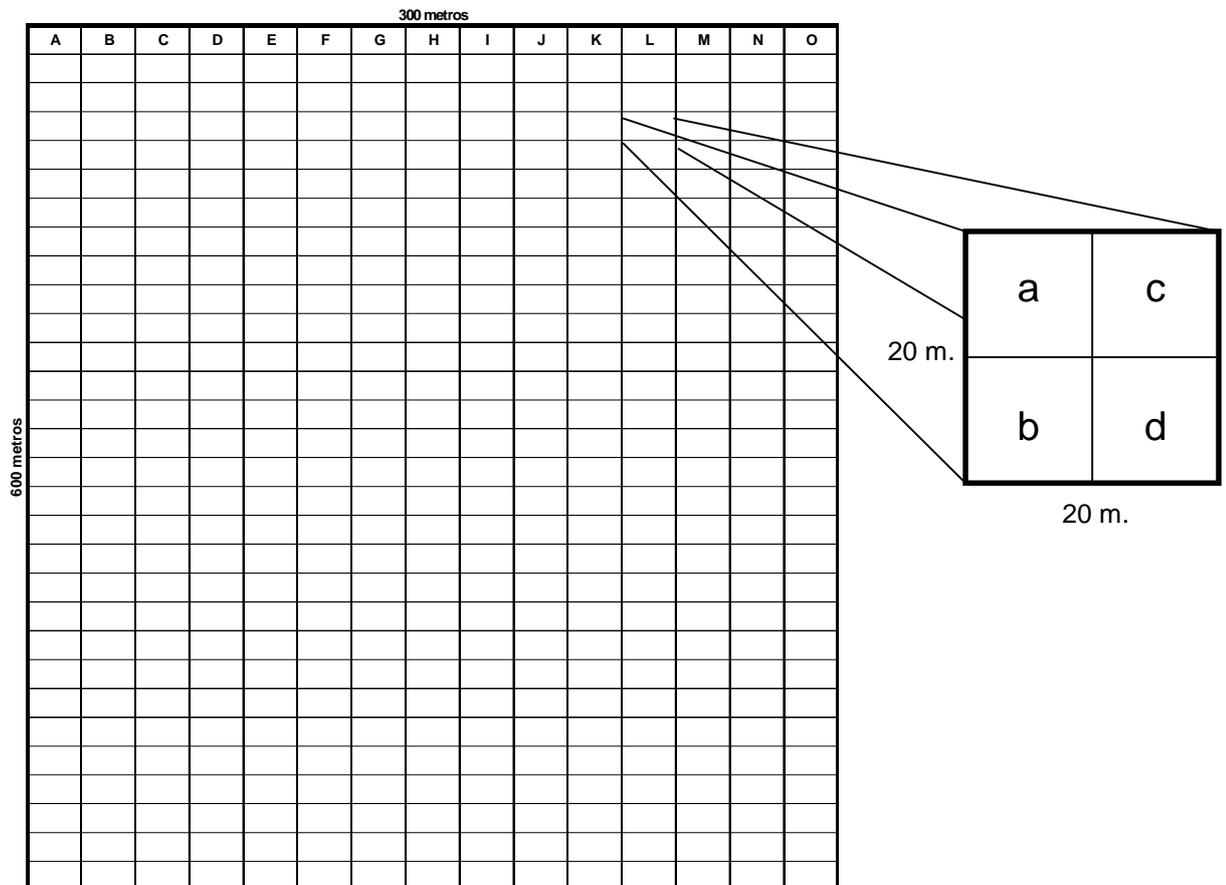


FIGURA 3 – CROQUI DA PARCELA PERMANENTE DE 18 ha E DA SUB-PARCELA.

4.1.2 Vegetação

A vegetação da região amazônica nas áreas compreendidas pela Bacia do Rio Negro são as mais heterogêneas da Amazônia com predominância de leguminosas da família Caesalpiniaceae, seguidas das famílias Vochysiaceae, Euphorbiaceae, Clusiaceae, Sapotaceae, Myristicaceae, Rutaceae, Malpighiaceae, Anacardiaceae e Lecythidaceae, com alturas variando de 30 a 40 metros, diferindo da Amazônia Ocidental onde a estrutura vertical apresenta um porte mais alto (HUECK, 1972).

Área de "sub-região dos baixos platôs da Amazônia" foi a denominação dada por RADAM (1978) levando em consideração à geomorfologia, levantamentos florísticos e inventários florestais; foi subclassificada em macroambiente de relevo tabular, onde a cobertura florestal é densa, raramente com estrato superior uniforme. As espécies dominantes entre árvores altas pertencem às famílias Leguminosae, Lecythidaceae e Sapotaceae.

A vegetação da área de estudo é uma pequena amostra dos possíveis 4 milhões de km² da floresta amazônica. Predominantemente caracterizada como floresta tropical úmida densa de terra-firme (HIGUCHI *et al.*, 1997). Na parcela permanente estudada, foram identificadas 330 espécies arbóreas de 55 famílias botânicas diferentes (PINTO *et al.*, 2003). Destas espécies, apenas 23 têm padrões de distribuição comuns aos diferentes índices de dispersão; a distribuição agregada é definida para 15 espécies e 8 têm tendências para agrupamento. Segundo ainda estes autores, o Índice de Shannon-Weaver é de 4,8.

Na bacia do Tarumãzinho, área contígua à área de estudo, foram encontrados 14.922 indivíduos, por meio do inventário florestal de 96 hectares, com DAP \geq 25 cm, distribuídos em 51 famílias botânicas diferentes, com 409 espécies para 206 gêneros. As espécies mais abundantes foram castanha jarana (Lecythidaceae), inharé (Moraceae), ucuúba (Myristicaceae) e uxi (Humiriaceae), com uniforme distribuição espacial dentro da área (HIGUCHI *et al.* 1985).

Jardim e Hosokawa (1986) analisaram a estrutura da floresta da estação experimental ZF-2. Segundo os autores dos indivíduos de grande porte, com DAP \geq 20 cm, a família mais abundante é a Sapotaceae em número de espécies. Para os representantes de pequeno porte, DAP < 20 cm, a Caesalpiniaceae foi a que apresentou mais espécies. A maior densidade, encontrada por Jardim e Hosokawa (1986), de indivíduos de grande porte foram espécies da família Lecythidaceae, com 53,3 indivíduos/ha e Burseráceas, 6.618,3 ind./ha com DAP < 20 cm.

Carneiro (2004) realizou um inventário e foram identificadas 737 espécies arbóreas pertencentes a 59 famílias botânicas. Destacam-se as famílias: Sapotaceae, Chrysobalanaceae, Lauraceae, Lecythidaceae e Fabaceae. As mais ricas em espécies.

Segundo Rocha (2001), não há diferença entre os estoques em área basal, volume e fitomassa fresca acima do nível do solo entre os platôs, encostas ou vertentes e baixios. Também foi constatado que o padrão de crescimento individual das árvores é o mesmo para os diferentes tipos de relevo.

Para o presente trabalho foi realizado uma análise florística, destacando apenas o número de indivíduos por espécie encontrado na parcela permanente de 18 ha. Assim como sua distribuição diamétrica, que, como citado por Oliveira e Amaral (2004), deve comportar-se em “J” invertido.

4.1.3 Clima

O clima dessa região é quente e úmido (BASTOS *et al.*, 1986), apresentando umidade relativa média muito alta, variando de 84% a 90%; os valores mais altos são observados nos meses de dezembro a maio, que é o período de maior precipitação pluviométrica.

Segundo Falesi (1971), a precipitação total anual está em torno de 2.500 mm. Bastos *et al.*, (1986) apresentaram um intervalo de quantidade de chuva de 1355 a 3000 mm ao ano. Nimer (1989) cita que a média anual é de, aproximadamente, 2.300 mm. No período de 2000-2004, segundo Galvão (2005), a precipitação média anual do local do estudo foi de 2.801 mm. Existe muita discrepância nos dados pluviométricos levantados, mas não há como comparar os resultados, pois ainda não há uma série histórica, de pelo menos, 30 anos de medição da precipitação na Estação ZF-2.

Segundo Falesi (1971), as chuvas são distribuídas em duas épocas distintas do ano: estação de chuvas entre novembro e maio e a seca entre junho e outubro. Já Marques, Santos e Salati (1979) citam que a Amazônia é uma região de chuvas abundantes, mas que não estão repartidas uniformemente no espaço tão pouco no tempo. De acordo com Galvão (2005), em 2003 os meses de maior precipitação fora de março a junho e de seca foi de julho a fevereiro. Já em 2004 os meses de janeiro a maio foram os mais chuvosos e de junho a dezembro os mais secos (GALVÃO, 2005).

As médias anuais de temperatura do ar variam de 25,6° C a 27,6° C. O tipo climático é *Am* na classificação de Köppen, segundo RADAM (1978), apresentando temperatura média no mês mais frio sempre acima de 18°C além de uma estação seca de curta duração nos meses de agosto a novembro.

4.1.3 Geologia e Relevo

Geologicamente, predominam os arenitos caulínicos, as grauvacas e as brechas intraformacionais da formação Alter do Chão. Aceita-se Albiano médio como limite inferior e Cenomaniano inferior como limite superior (RADAM, 1978), encontram-se ainda sedimentos arenosos do Pleistoceno e sedimentos recentes do Quaternário (RANZANI, 1980).

Segundo Santos (1996), o relevo é suavemente ondulado e a maioria das ondulações é formada por pequenos platôs, que variam de 500 a 1000 metros de diâmetro. A diferença de nível entre as calhas dos igarapés e a superfície dos platôs varia de 70 a 80 metros. Segundo Pinto *et al.* (2003), a altitude no local do estudo é de 100 m acima do nível do mar.

4.1.4 Solos

Os solos encontrados nas bacias hidrográficas da ZF-2 são do tipo latossolos amarelo álicos, argilosos, que ocupam as superfícies dos platôs, sendo o estágio de referência sob floresta caracterizado pela presença de um horizonte médio, poroso, fortemente micro-agregado, situado entre dois horizontes menos porosos. Além disso, o material original desses solos é composto pelos sedimentos terciários do Grupo Barreiras que são, neste caso, essencialmente constituídos de minerais resistentes à alteração, tais como a caulinita, o quartzo, os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (CHAUVEL, 1982).

4.2 COLETA DE DADOS

Foram coletados os diâmetros (DAP - diâmetro à altura do peito) de todas as espécies arbóreas dentro da parcela permanente com $DAP \geq 10$ cm. Do arquivo original de Pinto *et al.* (2003), foram excluídos da amostragem as palmeiras e os cipós. Os diâmetros coletados foram divididos em 11 classes diferentes, com 5 cm de amplitude.

Foram simulados 15 tamanhos de parcelas diferentes, como mostra a Tabela 1.

TABELA 1 – TAMANHOS DAS PARCELAS, ÁREA E NÚMERO DE REPETIÇÕES.

Tamanho da UA	Área ha	Nº. De repetições
20x50	0,1	10
20x100	0,2	10
20x200	0,4	10
20x300	0,6	10
20x600	1,2	10
30x100	0,3	10
30x300	0,9	10
30x600	1,8	10
50x100	0,5	10
50x200	1,0	10
50x300	1,5	10
100x100	1,0	5
200x200	4,0	5
300x300	9,0	2
300x600	18,0	1

A partir dos dados levantados foi analisada a diversidade de espécies e diamétrica. Também foram apresentadas também algumas estatísticas descritivas como DAP mínimo, médio e máximo, variância, erro padrão e desvio padrão. A variância fora calculada através da fórmula descrita por Koehler (1999), como demonstrado abaixo, seguida das fórmulas do desvio e do erro padrão descritas pelo mesmo autor.

Variância (s^2):

$$s^2 = \frac{\left\{ \sum x^2 - \left[\frac{(\sum x)^2}{n} \right] \right\}}{(n-1)}$$

Desvio Padrão (s):

$$s = \sqrt{s^2}$$

Erro Padrão da Amostragem (s_x):

$$s_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

4.3 DESENHO EXPERIMENTAL

A principal questão deste trabalho de dissertação foi saber se a função de distribuição Weibull mantém a consistência com tamanhos diferentes de unidades amostrais e, ao mesmo tempo, saber se esta função mantém a precisão encontrada por Umana e Alencar (1998) no ajuste da distribuição de diâmetros de floresta primária. Para cada parcela de cada tamanho de unidade amostral (tratamento), há uma função ajustada. Depois disso, foram realizadas as comparações por meio da Análise de Variância utilizando os valores de Qui-quadrado (χ^2).

4.3.1 Ajuste das Funções

A função de Weibull foi ajustada segundo a metodologia proposta por Zarnoch *et al.* (1982), conhecida como método dos Percentis. Uma função foi ajustada para cada parcela de diferentes tamanhos com todas as suas repetições. Também foi ajustada uma função para as duas espécies mais frequentes da área e as duas espécies comerciais mais numerosas. A função de Weibull usando o método dos percentis tem a seguinte função de densidade probabilística:

$$f(x) = \left(\frac{c}{b}\right) \times \left[\frac{(x-a)}{b}\right]^{c-1} \times \exp\left\{-\left[\frac{(x-a)}{b}\right]^c\right\}, \text{ para } x \geq a, a \geq 0, b \text{ e } c > 0;$$

= 0, para outra circunstância.

Integrando-se a função de densidade probabilística obtém-se a função de distribuição cumulativa de Weibull, $F(x)$ (ZARNOCH *et al.*, 1982). A probabilidade da frequência esperada pôde ser determinada por meio da seguinte função.

$$F(x) = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{(x-a)}{b}\right]^c\right\}, \text{ onde:}$$

a = parâmetro de localização;

b = parâmetro de escala; e

c = parâmetro de forma.

Os parâmetros da função de Weibull, a , b e c , foram estimados, pelo método dos Percentis demonstrado por Zarnoch e Dell (1985), da seguinte maneira:

$$a = \frac{[x_1 \times x_2 - x_2^2]}{[x_1 + x_n - 2x_2]}$$

$$b = -a + x_{(0,63n)}$$

$$c = \frac{\ln\left\{\frac{[\ln(1-p_k)]}{[\ln(1-p_i)]}\right\}}{\ln\left\{\frac{[x_{n*pk} - a]}{[x_{n*pi} - a]}\right\}}$$

onde:

x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) = é o i -ésimo DAP em ordem crescente;

x_1 = é o menor DAP;

x_n = é o último DAP, ou seja, o maior DAP;

$x_{(0,63n)}$ = é o DAP rankeado em $(0,63 * \text{número total de DAP observados})$. Exemplo: num conjunto de dados de 100 DAPs, $x_{(0,63n)}$ é o 63º DAP;

$p_i = 0,16731$; e

$p_k = 0,97366$.

Depois de ajustado o modelo, foi calculado a probabilidade que cada indivíduo possui de pertencer a cada classe diamétrica. Em seguida foi aplicado o teste qui-quadrado (χ^2) para verificar se a distribuição montada com ajuda da função de distribuição de Weibull segue a mesma distribuição observada. Depois disto, foi determinado o valor crítico c com $(k - 1)$ graus de liberdade, sendo k = número de classes de diâmetro para um nível crítico de 5% ($\alpha = 0,05$), que foi comparado com o valor de χ^2 calculado.

Para calcular o Qui-quadrado (χ^2) utilizou-se a seguinte equação:

$$\chi^2 = \sum \left[\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \right], \text{ onde:}$$

χ^2 = Qui-quadrado;

O_i = Freqüência observada através do levantamento de campo; e

E_i = Freqüência esperada estimada pela função.

As hipóteses testadas foram:

H₀: Os dados observados seguem a distribuição Weibull

H₁: Os dados observados não seguem a distribuição Weibull

Caso o valor calculado de χ^2 for maior do que o valor crítico, a um nível crítico de 5% ($\alpha = 0,05$), H_0 é rejeitada. Para confrontar esta hipótese, os dados, DAP das árvores, foram ordenados em ordem crescente. Depois separados em 11 classes diamétricas, com uma amplitude de 10 cm cada, como mostra a Tabela 2. Com base nos resultados obtido na dissertação de mestrado de Barros em 1980.

TABELA 2 – CLASSES DIAMÉTRICAS UTILIZADAS PARA O ESTUDO.

N	Classe Diamétrica (cm)
1	$10 \leq \text{DAP} < 20$
2	$20 \leq \text{DAP} < 30$
3	$30 \leq \text{DAP} < 40$
4	$40 \leq \text{DAP} < 50$
5	$50 \leq \text{DAP} < 60$
6	$60 \leq \text{DAP} < 70$
7	$70 \leq \text{DAP} < 80$
8	$80 \leq \text{DAP} < 90$
9	$90 \leq \text{DAP} < 100$
10	$100 \leq \text{DAP} < 110$
11	$\text{DAP} \geq 110$

4.3.2 Influência do Tamanho da Parcela

Depois de confirmado que a função de Weibull ajusta-se aos dados observados de diferentes tamanhos de unidades amostrais, ou seja, hipóteses nulas não rejeitadas, o passo seguinte foi verificar se esta função é consistente, independentemente, do tamanho da unidade amostral. Foram levantadas as seguintes indagações: Existe variação entre as 10 repetições de cada tamanho de unidade de amostra? Existe variação entre os diferentes tratamentos (tamanho da unidade amostral)? Para os testes de hipóteses, foi aplicada a Análise de Variância e teste-F. Neste caso a variável dependente foi o valor calculado de χ^2 .

Para analisar a consistência do modelo, foi elaborada uma equação de distribuição diamétrica para cada tratamento. Para tal, utilizaram-se as médias dos parâmetros a , b e c , estimados do respectivo tratamento. Gerando uma equação genérica para cada tamanho de parcela. Esta equação foi usada em uma parcela, sorteada, de cada tratamento. Gerando assim um conjunto de valores de χ^2 .

As seguintes hipóteses foram testadas:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_{15}$$

H_1 : pelo menos uma média é diferente.

Estas médias são os valores de χ^2 calculados para cada diferente tamanho de unidade de amostra. Como foram testados 15 diferentes tamanhos, há 15 valores de χ^2 . No caso de probabilidades baixas (em torno de 5%), H_0 é rejeitada e, neste caso, será aplicado o teste *post hoc* de Tukey para identificar quais são os tamanhos diferentes.

Neste caso, foi utilizado o modelo alternativo, apresentado por Neter e Wasserman (1974), que tem o seguinte modelo linear aditivo:

$$Y_{ij} = \mu. + \tau_j + \varepsilon_{ij}, \text{ onde:}$$

$\mu.$ = a constante comum a todas as observações;

τ_j = o efeito do j -ésimo nível do fator;

ε_{ij} = independente $N(0, \sigma^2)$; e

$i = 1, \dots, n_j; j = 1, \dots, r$.

O quadro auxiliar da Análise de Variância foi o seguinte:

QUADRO 1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F
Entre tamanhos (Tratamentos)	$t - 1 = 12$	SQE	MQE	MQE/MQD
Dentro dos tratamentos (resíduos)	$n - t = 107$	SQD	MQD	
Total	$n - 1 = 119$	SQT		

onde: t = tamanhos = 13; n = $t \times r$ (repetições) = 120; GL = graus de liberdade; SQ = somas dos quadrados e MQ = média dos quadrados.

O teste-F foi calculado da seguinte maneira: $F = MQE / MQD$. A probabilidade exata do teste foi calculada pelo software SYSTAT 8.0®. Na análise de variância não foram computados os dados das parcelas de 300 m x 300 m e 300 x 600 m, devido ao baixo número de repetições realizados. Estes serão analisados empiricamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA FLORESTA

O inventário florestal realizado na área estudada revelou que, nos 18 hectares, se distribuem 321 espécies diferentes. Segundo Pinto *et al.* (2003), o índice de Shannon-Weaver da área de estudo foi de 4,8 ficando entre os maiores da região central da Amazônia. Isto quer dizer que a diversidade florística da área é bem alta. Entre as espécies identificadas destacaram-se o matá matá amarelo (MM), o breu vermelho (BV), o araçá bravo (AB), o ripeiro branco (RB) e a falsa cupiúba (FC), como as espécies mais frequentes, representando quase 20% do total levantado.

Das espécies comerciais mais comumente exploradas por uma das maiores empresas madeireiras do Norte do país, a Mil Madeireira, se destacaram o Louro Preto (LP), o Cardeiro (CA) e o Breu Branco (BB), como as espécies para exploração mais abundantes, representando pouco mais de 1% do total levantado, como mostra a Tabela 3.

TABELA 3 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS DAS 5 ESPÉCIES MAIS FREQUENTES, DAS 3 ESPÉCIES COMERCIAIS MAIS NUMEROSAS E DO TOTAL LEVANTADO.

Espécies	Nome científico	N	%
Mata Mata Amarelo	<i>Eschweilera wachenheimii</i> (Benoist) Sandwith	818	7
Breu Vermelho	<i>Protium hebetatum</i> Daly	461	4
Araçá Bravo	<i>Myrcia</i> sp.	294	3
Ripeiro Branco	<i>Eschweilera collina</i> Eyma	287	3
Falsa Cupiuba	<i>Rinorea</i> sp.	262	2
Louro Preto	<i>Ocotea</i> sp.	216	2
Cardeiro	<i>Scleronema micranthum</i> Ducke	109	1
Breu Branco	<i>Trattinnickia burserifolia</i> Mart.	71	1
OUTRAS ESPÉCIES	-	8647	77
TOTAL	-	11165	100

Assim como descrito por Oliveira e Amaral (2004), a distribuição diamétrica desta pequena porção de floresta tropical úmida, está distribuída como um “J” invertido. Das cinco espécies mais frequentes, aproximadamente, 99% dos seus indivíduos estão distribuídos nas primeiras classes de diâmetro, e as espécies de importância comercial, mais abundantes, também apresentaram o mesmo comportamento, quase 99%, inferiores a 50 cm, diâmetro mínimo de corte determinado pela Lei 11.284 de 02 de março de 2006. Tal comportamento também é observado nas demais espécies, como mostra a Tabela 4. A Figura 4 ilustra a distribuição diamétrica das espécies em destaque. A Figura 5 representa a distribuição da população encontrada na área de estudo. Nota-se que cerca de 93% dos indivíduos levantados no inventário encontram-se nas três primeiras classes de diâmetro, caracterizando a distribuição em “J” invertido.

TABELA 4 – FREQUÊNCIA OBSERVADA TOTAL E DAS 8 PRINCIPAIS ESPÉCIES, EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA, DA ÁREA AMOSTRADA DE 18ha.

Classes Diamétricas	MM	BV	AB	RB	FC	LP	CA	BB	Outras Espécies	Total	%
10 < 20	573	353	238	191	214	148	57	66	5262	7102	63,609
20 < 30	163	70	54	57	45	41	23	5	1740	2198	19,687
30 < 40	57	24	1	16	3	18	12	0	868	999	8,9476
40 < 50	17	8	1	10	0	5	10	0	404	455	4,0752
50 < 60	6	5	0	10	0	2	4	0	186	213	1,9077
60 < 70	2	1	0	1	0	1	3	0	97	105	0,9404
70 < 80	0	0	0	1	0	1	0	0	46	48	0,4299
80 < 90	0	0	0	1	0	0	0	0	16	17	0,1523
90 < 100	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0,0717
100 < 110	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11	0,0985
≥ 110	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0,0806
TOTAL	818	461	294	287	262	216	109	71	8647	11165	100

A figura 4 ilustra distribuição diamétrica das espécies mais frequentes e das espécies, de valor comercial, mais abundantes. O eixo primário do gráfico, da esquerda, representa o número de indivíduos das espécies mata-mata amarelo e breu vermelho, representados pelas linhas azul e vermelho, respectivamente. As espécies comerciais, louro preto, breu branco e cardeiro, estão representados em barra, e sua frequência pelo eixo secundário, da direita. Nota-se que todos possuem uma distribuição em “J” invertido. O eixo das classes de diâmetro está apresentado até a classe de 70 a 80 cm de DAP, pois nenhuma das espécies apresentaram indivíduos com diâmetro superior a 80 cm.

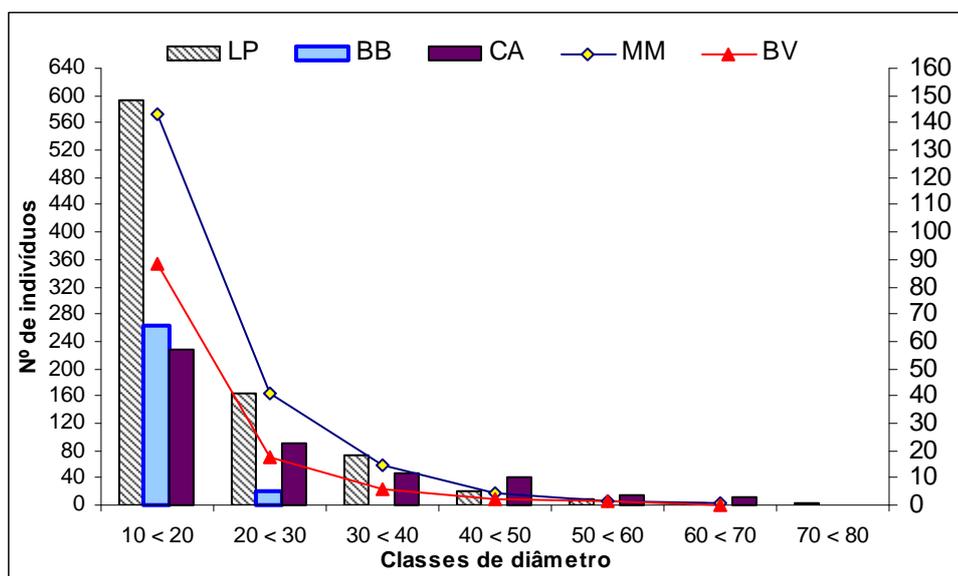


FIGURA 4 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DAS ESPÉCIES MAIS FREQUENTES E DAS ESPÉCIES DE IMPORTÂNCIA COMERCIAL MAIS ABUNDANTES.

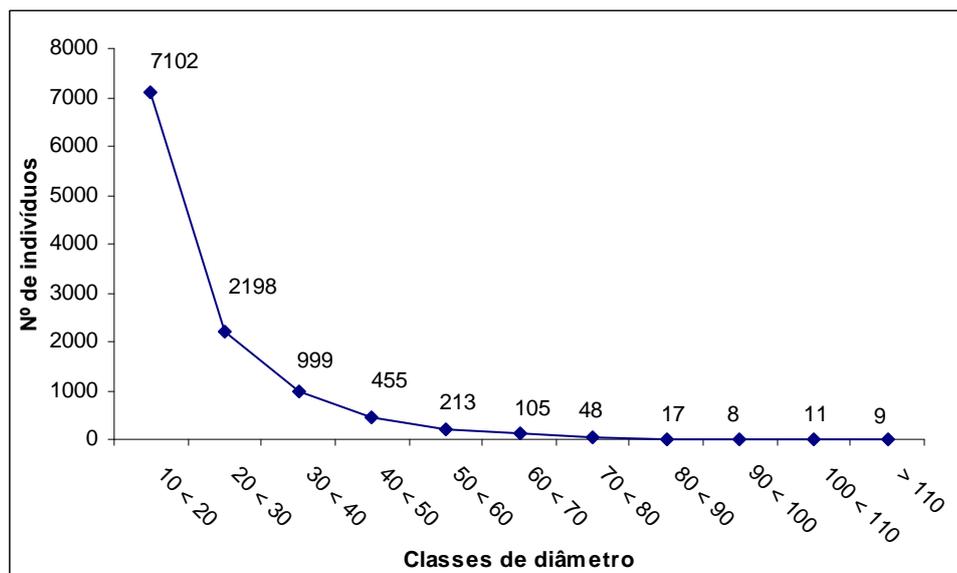


FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADA DA POPULAÇÃO POR CLASSE DIAMÉTRICA.

Foram apresentadas algumas estatísticas descritivas como o número médio de indivíduos em cada tamanho de parcela, o DAP mínimo, médio e máximo, a variância, desvio padrão e o erro padrão, como mostra a Tabela 5. Nota-se que a média diamétrica gira em torno de 20 a 21 cm. Não havendo muita diferença entre os tamanhos das unidades amostrais.

TABELA 5 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DE CADA TAMANHO DE UNIDADE AMOSTRAL.

Tamanho da U. A.	N	Mín.	Média DAP	Máx.	Var.	Desvio Padrão	Erro Pad. da Amos.
20x50	62	10,0	20,63	80,5	130,296	11,415	1,44967
20x100	121	10,0	20,47	110,0	135,514	11,641	1,05828
20x200	246	10,0	20,51	120,0	157,679	12,557	0,80061
20x300	375	10,0	20,55	160,0	160,170	12,656	0,65354
20x600	739	10,0	20,83	260,0	165,611	12,869	0,47339
30x100	199	10,0	20,53	158,9	155,199	12,458	0,88312
30x300	557	10,0	20,66	260,0	158,909	12,606	0,53413
30x600	1117	10,0	20,62	260,0	161,540	12,710	0,38029
50x100	307	10,0	20,70	160,0	166,476	12,903	0,73639
50x200	621	10,0	20,64	260,0	164,713	12,834	0,51501
50x300	928	10,0	20,58	160,0	158,578	12,593	0,41338
100x100	615	10,0	20,61	158,9	165,117	12,850	0,51815
200x200	2501	10,0	20,62	260,0	166,268	12,894	0,25784
300x300	5582	10,0	20,62	260,0	161,542	12,710	0,17012
300x600	11165	10,0	20,62	260,0	161,542	12,710	0,12029

5.2 AJUSTES DA FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO WEIBULL

Para verificar se os dados se ajustaram bem à função de Weibull ou não, os parâmetros da função foram ajustados, pelo método dos Percentis (ZARNOCH; DELL, 1985), para cada parcela de cada tamanho. Os valores médios dos parâmetros de cada tratamento seguem listados na Tabela 6.

TABELA 6 – VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS AJUSTADOS PARA CADA TAMANHO DE PARCELA.

Tratamento	Parâmetros		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
20x50	10,0	10,211	0,901356
20x100	10,0	9,941	0,854732
20x200	10,0	9,380	0,836026
20x300	10,0	9,540	0,853640
20x600	10,0	9,940	0,853495
30x100	10,0	9,470	0,852779
30x300	10,0	9,800	0,859566
30x600	10,0	9,620	0,845523
50x100	10,0	9,550	0,813621
50x200	10,0	9,550	0,848489
50x300	10,0	9,630	0,840714
100x100	10,0	9,640	0,819932
200x200	10,0	9,460	0,829979
300x300	10,0	9,650	0,855049
300x600	10,0	9,600	0,845406

Com os parâmetros estimados, bastou inseri-los ao modelo de Weibull descrito por Zarnoch *et al.* (1982) e calcular a probabilidade da frequência esperada em cada classe de diâmetro através da função descrita no item 4.3.1 – Ajuste da função. Para cada parcela, ao comparar a frequência estimada e a observada em cada tamanho, gerou-se um χ^2 . Considerando todos os tamanhos testados, o resultado final foi a geração de 123 valores diferentes. As médias dos χ^2 são demonstradas na Tabela 7.

A figura 6 ilustra a frequência observada em relação à esperada, a qual foi calculada usando a média dos parâmetros, *a*, *b* e *c*, ajustados para os diferentes tamanhos de parcela. Nota-se que os valores estimados são muito próximos aos valores reais, o que demonstra que a função se ajustou muito bem aos dados levantados. No gráfico os valores observados estão apresentados em barra, na cor preta, com um padrão de linhas em diagonal para baixo tracejado, já os valores estimados, estão representados pela cor vermelha, com um padrão de linhas em diagonal para cima clara.

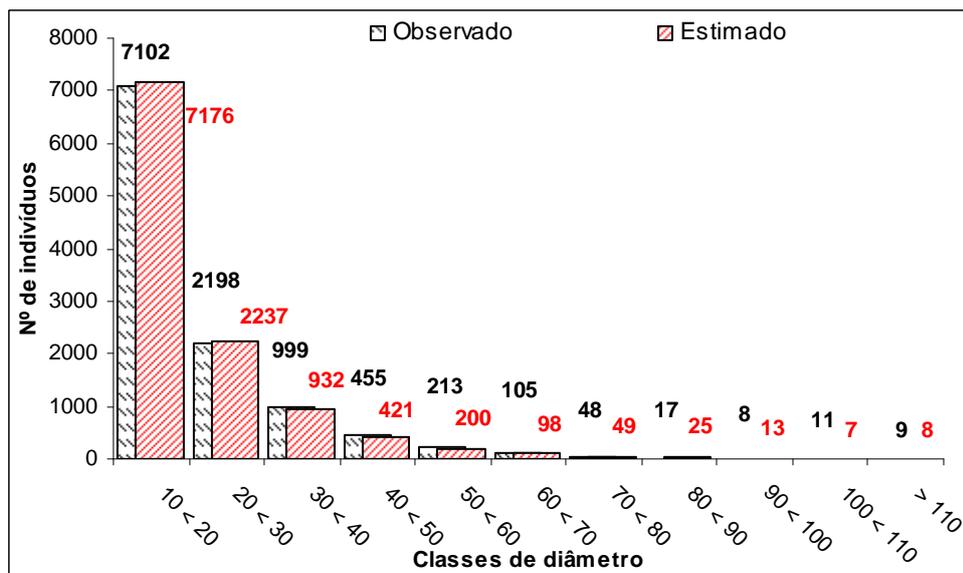


FIGURA 6 – FREQUÊNCIA CALCULADA E OBSERVADA.

TABELA 7 – VALORES MÉDIOS DOS χ^2 PARA OS DIFERENTES TAMANHOS DE UNIDADE DE AMOSTRA.

Tratamento	χ^2
20x50	7,3275
20x100	8,0420
20x200	11,3332
20x300	9,9692
20x600	8,8591
30x100	13,5043
30x300	14,2182
30x600	11,2522
50x100	9,3309
50x200	10,2840
50x300	8,5354
100x100	10,4316
200x200	13,2663
300x300	16,8907
300x600	19,9926

Para melhor visualização dos χ^2 médios, a Figura 7 mostra sua distribuição entre as parcelas e o valor tabelado com 10 graus de liberdade (número de classes de diâmetro menos 1) para um nível crítico (α) igual a 5%. Nota-se que todos os tratamentos apresentaram um χ^2 médio abaixo do valor crítico, com exceção da amostragem da área inteira, 300 m x 600 m, a qual não apresentou um χ^2 abaixo do valor tabelado. Ao ser analisado sob o nível crítico (α) igual a 5%, o único tratamento significativo foi o 300 x 600 m; todos os demais foram insignificantes ao nível de 5%. É importante ressaltar que este tratamento significativo não teve repetição.

Estes resultados comprovam que a função de distribuição Weibull ajusta os valores observados de diâmetro em florestas primárias da Amazônia, independentemente, do tamanho e forma

da unidade amostral. Neste caso, o método utilizado foi o Percentis. Da mesma maneira, confirmam também os resultados obtidos, anteriormente, em áreas próximas da área de estudo (HIGUCHI, 1987; UMANA; ALENCAR, 1998). Mesmo que o gráfico demonstre uma tendência em aumentar o valor de χ^2 , não há como inferir que o valor de χ^2 continuaria aumentando, pois a curva comporta-se de maneira irregular, e teve 2 picos, de 11,3 no tratamento cujas parcelas tinham 20 x 200 m e de 14,2 nas parcelas de 30 x 300m, seguidos de declínios. Portanto da mesma forma que a curva tenderia a aumentar em parcelas maiores que 300 x 600m, a curva teria mesma probabilidade de descender novamente.

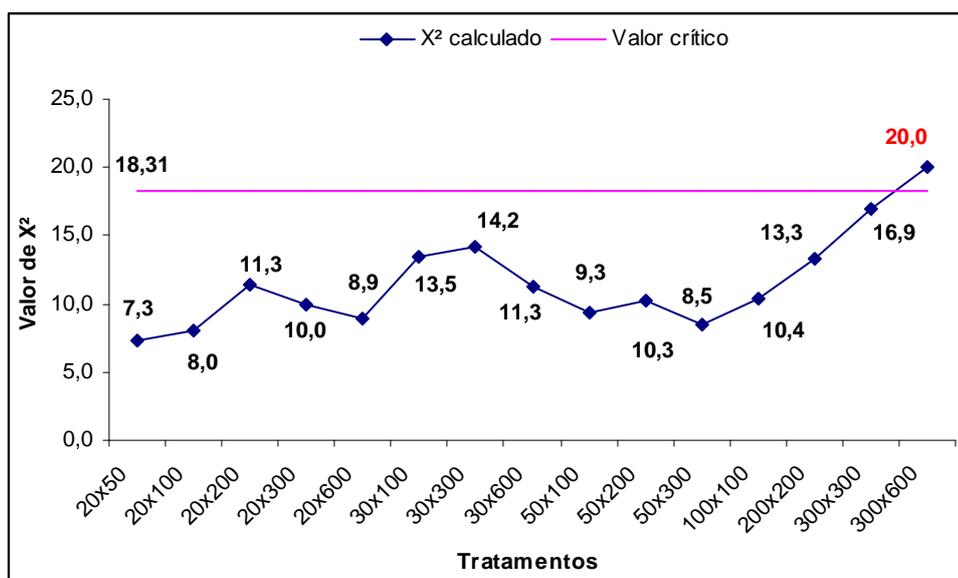


FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO DOS χ^2 MÉDIOS DE CADA TAMANHO DE UNIDADE AMOSTRAL.

O mesmo processo de ajuste da função foi aplicado para estimar a frequência esperada das espécies em destaque, as mais frequentes e as de importância comercial mais abundantes. Na Tabela 8 estão apresentados os valores dos parâmetros estimados e os valores de χ^2 gerados pelo ajuste. Nota-se que quando se trata do ajuste da função para uma espécie específica, a mesma precisão pode ser esperada, uma vez que as espécies analisadas apresentaram um χ^2 inferior ao nível crítico estabelecido.

TABELA 8 – VALORES DOS PARÂMETROS E DO χ^2 GERADOS PELO AJUSTE DA FUNÇÃO PARA AS ESPÉCIES MAIS FREQUENTES E COMERCIAIS MAIS ABUNDANTES.

Espécie	Parâmetros			χ^2
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
Mata-mata Amarelo	10,0	8,00	0,862392	5,75833
Breu Vermelho	10,0	5,80	0,851142	10,53903
Breu Branco	10,0	4,50	0,95512	1,96427
Louro Preto	10,0	7,30	0,935591	14,42283
Cardeiro	10,0	16,40	0,873114	6,28295

5.3 INFLUÊNCIA DO TAMANHO DA PARCELA.

Para a validação da função, uma parcela de cada tratamento foi sorteada. Nestas foi calculado a probabilidade da frequência esperada em cada classe diamétrica utilizando os valores médios dos parâmetros estimados de cada tratamento. Desta forma os parâmetros médios das parcelas de 20 x 50 m foram aplicados em todas as parcelas sorteadas, assim como os respectivos parâmetros dos 14 demais tratamentos.

Desse modo gerou-se um valor da frequência esperada, para cada conjunto de parâmetros, o qual foi confrontado com o observado, gerando 15 valores de χ^2 . Os valores médios dos χ^2 gerados pela validação do modelo foram comparados com o mesmo valor crítico utilizado no ajuste da função. A Tabela 9 mostra os valores médios de χ^2 encontrados no processo de validação da função de Weibull.

TABELA 9 – VALORES DE χ^2 GERADO PELOS PARÂMETROS ESTIMADOS MÉDIOS DE CADA TRATAMENTO, NO PROCESSO DE VALIDAÇÃO DA FUNÇÃO DE WEIBULL.

Tratamento	Parâmetros			χ^2 Médio
	a	b	c	
20x50	10,0	10,211	0,901356	23,62
20x100	10,0	9,941	0,854732	13,64
20x200	10,0	9,380	0,836026	16,01
20x300	10,0	9,540	0,853640	17,29
20x600	10,0	9,940	0,853495	13,48
30x100	10,0	9,470	0,852779	18,29
30x300	10,0	9,800	0,859566	15,33
30x600	10,0	9,620	0,845523	14,52
50x100	10,0	9,550	0,813621	12,68
50x200	10,0	9,550	0,848489	15,95
50x300	10,0	9,630	0,840714	13,73
100x100	10,0	9,640	0,819932	12,34
200x200	10,0	9,460	0,829979	14,11
300x300	10,0	9,650	0,855049	16,03
300x600	10,0	9,600	0,845406	14,72

A Figura 8 ilustra os valores de χ^2 produzidos pelos parâmetros estimados médios. O valor de χ^2 gerado pelos dados da parcela de 20 m x 50 m foi único que apresentou um valor superior ao nível crítico, como pode ser observado no gráfico.

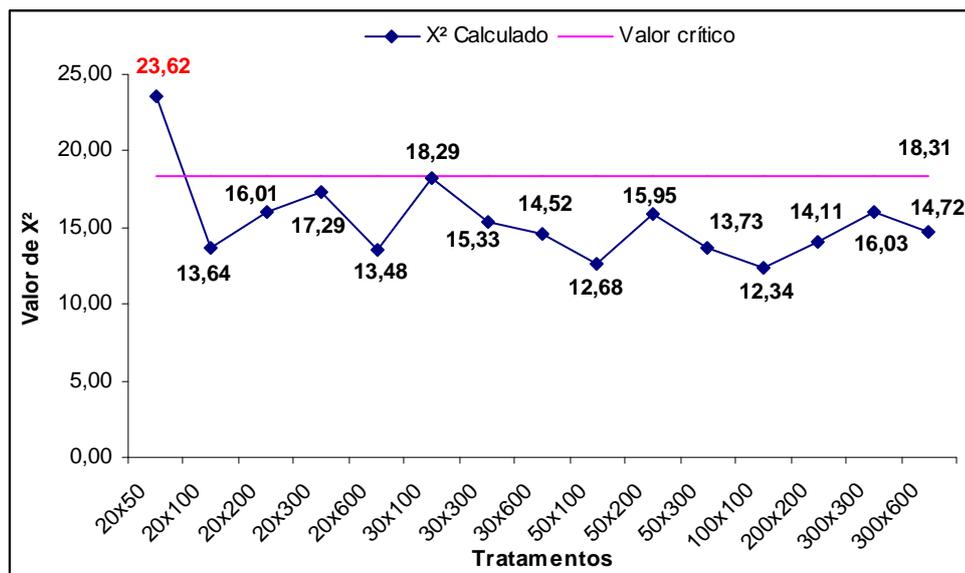


FIGURA 8 – VALORES DOS χ^2 GERADOS NO PROCESSO DE VALIDAÇÃO DA FUNÇÃO DE WEIBULL.

Depois de gerar esses resultados, fora feito a Análise de Variância dos resultados. Para tal, utilizou-se o programa estatístico SYSTAT 8.0®, o qual propiciou a geração dos resultados da ANOVA, descritos na Tabela 10. Para a ANOVA foram considerados os diferentes tamanhos como tratamentos. As parcelas de 300 m x 300 m e de 300 m x 600 m foram excluídas da ANOVA, estas foram analisadas empiricamente, pois não possuíam repetições suficientes. A variável dependente do modelo foi o χ^2 estimado para cada tratamento.

TABELA 10 – ANOVA.

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	P
Entre tamanhos (Tratamentos)	12	521,077	43	0,472
Dentro dos tratamentos (resíduos)	107	4739,116	44,291	-
Total	119	5260,193	-	-

Analisando os resultados da Análise de Variância produzidos pelo programa SYSTAT 8.0®, nota-se que a probabilidade ao colocar o valor de P calculado sob a curva-P foi de 0,472. Esta é uma evidência muito fraca para afirmar que existe diferença estatística entre os tratamentos (diferentes tamanhos de unidade amostral). Com isso, não houve necessidade de realizar o Teste *post hoc* de Tukey. O programa gerou a Figura 9 como subproduto da análise de variância. Empiricamente também não houve diferença entre as parcelas de 300 m x 300 m e de 300 x 600.

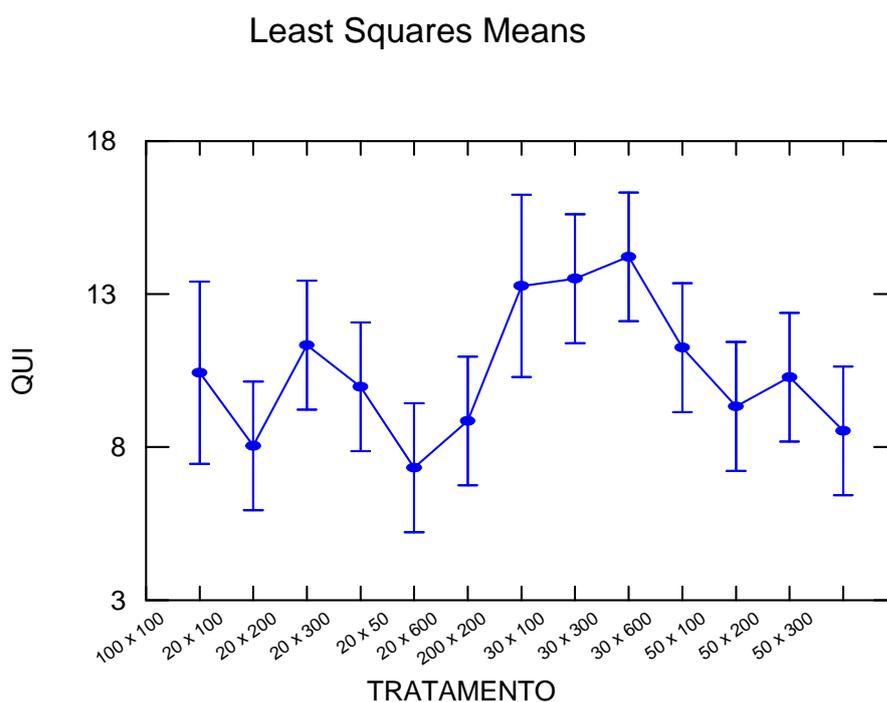


FIGURA 9 – QUADRADOS MÍNIMOS MÉDIOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA.

A análise de variância confirmou aquilo que foi observado, empiricamente, na Figura 8. O desempenho da parcela de 20 x 50 m (1.000 m²), empiricamente, é muito próximo do da parcela de 100 x 100 m (10.000 m²). Como as evidências são fracas (teste-F; $p = 0,472$) para afirmar que os tamanhos diferentes têm desempenhos diferentes, fica a recomendação de utilizar os tamanhos de parcelas definidos na literatura (QUEIROZ, 1977; HIGUCHI; SANTOS; JARDIM, 1982). Atualmente, os inventários florestais realizados na Amazônia utilizam parcelas retangulares de 2.500 m², dimensionadas em 20 metros de largura e 125 metros de comprimento.

5.4 MODELO PARA A ÁREA ESTUDADA:

Como os diferentes tamanhos foram não significantes, é razoável utilizar as médias de **a**, **b** e **c** para montar uma função genérica para a região de Manaus. Os valores médios foram:

$$a = 10$$

$$b = 9,665$$

$$c = 0,847$$

Da mesma forma, a estimativa de frequência das classes de diâmetro em florestas da região de Manaus, pode ser obtida com a seguinte função de distribuição:

$$F(x) = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{(x-10)}{9,665}\right]^{0,847}\right\}; \text{ para } x \geq a \geq 0, b > 0 \text{ e } c > 0$$

A probabilidade de cada classe de diâmetro (cm) em florestas primárias da região de Manaus é a seguinte (Tabela 11):

TABELA 11 – PROBABILIDADE DE FREQUÊNCIA EM CADA CLASSE DE DIÂMETRO, PARA REGIÃO DE MANAUS.

Classe de diâmetro	Probabilidade
10 < 20	0,6427
20 < 30	0,2003
30 < 40	0,0835
40 < 50	0,0377
50 < 60	0,0179
60 < 70	0,0088
70 < 80	0,0044
80 < 90	0,0022
90 < 100	0,0012
100 < 110	0,0006
≥ 110	0,0007

Em futuros inventários florestais na região de Manaus, para estimação de biomassa, uma alternativa é contar o número de árvores (**n**) contidas em uma unidade amostral. Depois, multiplicar o **n** pela respectiva probabilidade de cada classe de diâmetro para obtenção da frequência. Para estimar o volume ou a biomassa, basta aplicar uma apropriada equação de simples entrada utilizando o ponto médio da classe como variável independente. Multiplicando o volume ou biomassa do ponto médio pela frequência, o produto é o estoque de volume ou biomassa naquela classe. A soma dos estoques de cada classe será a estimativa da unidade de amostra.

6 CONCLUSÃO

A partir dessa dissertação pôde-se concluir que apesar de muitos trabalhos comprovarem a eficácia da função, não se tem notícia de que a função de Weibull é utilizada pelo setor produtivo. E como previsto na literatura, o método dos Percentis (ZARNOCH *et al.*, 1982), de estimação dos parâmetros da função de Weibull, é simples e eficaz. A função se ajustou muito bem ao conjunto de dados levantados da área de 18 hectares, assim como quando ajustado por espécies. A função de Weibull mostrou-se consistente, independentemente, do tamanho da parcela para a estimação da probabilidade da frequência por classe diamétrica. Essa função é uma excelente ferramenta para inventários florestais. Pode trazer mais agilidade para os inventários de levantamento de biomassa e conseqüentemente para os projetos de seqüestro de carbono. Com boas equações de volume locais a função probabilística de Weibull pode se tornar uma excelente ferramenta para realizar um bom planejamento de manejo florestal sustentável, podendo agilizar o processo de levantamento de volume existente na área.

A função de Weibull também pode contribuir na fiscalização do desmatamento da região, uma vez que conhecendo o número de árvores existentes na área a ser explorada, cujo diâmetro é igual ou superior ao limite estabelecido pela Lei vigente, é possível controlar a quantidade de madeira, em tora, que pode ser retirada da floresta.

7. RECOMENDAÇÕES

- a) a curva da distribuição diamétrica da floresta amazônica é apresentada em “J” invertido, com muitos indivíduos de pequeno porte e poucos de grande porte e uma grande variabilidade florística;
- b) apesar de existirem ferramentas legais para a elaboração de projetos de manejo florestal sustentáveis, muitos ainda praticam uma exploração predatória e sem autorização do Ibama ou órgãos competentes;
- c) o mercado internacional de madeira dura tropical direcionando-se para a Amazônia pode ser uma ameaça, ao considerar o retrospecto do uso do solo amazônico e o fato que a exploração de madeira tem forte correlação com o desmatamento e é concentradora de renda;
- d) não há como criar uma metodologia única para realizar o manejo florestal sustentável, pois cada situação requer tratamentos silviculturais diferentes, como aconteceu com o Sistema Uniforme Malaio na Ásia, no século passado, o qual fracassou quando foi aplicado em uma região de características diferentes;
- e) a difusão e a utilização de funções de distribuições probabilísticas torna o processo de inventário mais rápido e menos dispendioso;
- f) os dados da floresta tropical úmida da Amazônia se ajustam à função de distribuição de Weibull, tanto para o conjunto completo da população da floresta quanto para muitas das espécies que compõe, como o mata-mata amarelo;
- g) não houve, estatisticamente, nenhuma diferença entre os diferentes tratamentos, tamanhos de parcelas, em relação à confiabilidade e consistência do modelo de Weibull; logo, a função é consistente, independentemente, do tamanho da unidade de amostra;
- h) para áreas próximas à região de Manaus, em levantamentos de biomassa, não há necessidade de medir os diâmetros das árvores, uma vez que a função desenvolvida provou ser confiável e consistente, basta contar o número de árvores da área.

8 REFERÊNCIAS

ASNER, G.P., D.E. KNAPP, E.N. BROADBENT, OLIVEIRA, P.J.C., KELLER, M. E SILVA, J.N.M. Selective logging in the Brazilian Amazon. **Science**, Washington, n. 310, p. 480-482, 2005.

BAILEY, R. L.; DELL, T. R. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**. Lawrence, v. 19, p. 97-104, 1973.

BARROS, P. L. C. **Estudo das distribuições diamétricas da floresta do planalto Tapajós – Pará**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 123, 1980

BARROS, P.L.C. As Atividades de Pesquisa dos Convênios SUDAM/FCAP como Suporte as Atividades em Silvicultura e Manejo Florestal. Trabalho apresentado no treinamento em "Manejo de Florestas Tropicais Naturais," SUDAM/FCAP, 3 a 14 de Dezembro/90. Belém, Pará. p. 15, 1990.

BARROS, P.L.C., S.A. MACHADO, D. BURGER E J.D.P. SIQUEIRA. Comparação de modelos descritivos da distribuição diamétrica em uma floresta tropical. **Floresta**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 19-31, 1979.

BASTOS, T. X.; ROCHA, E.J.P.; ROLIM, P.A.M.; DINIZ, T.D.A.S.; SANTOS, E.C.R.; NOBRE, R.A.A.; CUTRIM, E.M.C.; MENDONÇA, R.L.D. The climate of the Brazilian Amazon Region for Agricultural Purposes; a State-of-the-art. In: 1º SYMPOSIUM ON THE HUMID TROPICS HELD IN BELÉM, PARÁ, 1., 1984, Belém - PA. **Proceedings of the...**, Belém - PA: EMBRAPA-CPATU, 1986. v.1. p. 19-36. (Documentos, n. 36).

BRAGA, P.I.S. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da Floresta Amazônica. **Acta Amazonica**. Supl., Manaus, v. 9, n. 4, p. 53-80, 1979.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal**: perguntas e respostas. Viçosa, MG: UFV., 2002. 407 p.

CARNEIRO, V. M. C. **Composição florística e análise estrutural da floresta primária de terra firme na bacia do rio Cueiras, Manaus – AM**. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, p. 77, 2004.

CARVALHO, J.O.P. Subsídios para o Manejo de Florestas Naturais na Amazônia Brasileira: Resultados de Pesquisa da EMBRAPA/IBDF-PNPF. EMBRAPA-CPATU, Documentos, 43. 35p. 1987.

CHAUVEL, A. Os latossolos amarelos, álicos, argilosos, dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 12, n. 3, p. 47-60, 1982.

COHEN, A. C.; WHITTEN, B. J. Modified maximum likelihood and modified moment estimators for the three parameter Weibull distribution. **Communications in Statistics. Theory and Methods**, [S.l.], v. 11, p. 2631-2656, 1983.

CUNHA, U. S. da. **Análise da estrutura diamétrica de uma floresta úmida da Amazônia brasileira**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 134, 1995.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Disponível em <www.embrapa.br>: acesso em 13/04/2007.

EINSESMITH, S.P. PLOTIT: User's Guide. New York, 1985.

FALESI, I. C. **Solos do distrito agropecuário da Suframa**. Bol. Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária da Amazônia Ocidental. Série: Solos. v. 1, n. 1, Manaus, p. 99, 1971.

FAO. **Management of Tropical Moist Forests in Africa**. FAO Forestry Paper 88. p. 165, 1989.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: Dinâmica, impactos e controles. **Acta Amazonia**. Manaus, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

GALVÃO, M. S. **Dinâmica espacial e sazonal da composição isotópica do CO₂ respirado pelo solo de uma floresta primária na Amazônia Central**. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, p. 63, 2005.

GARCIA, O. Simplified method of moments for the Weibull distribution. **New Zealand Journal of Forestry Science**. New Zealand, v. 11, p. 304-306, 1981.

GRAINGER, A. **Tropform: A Model of Future Tropical Timber Hardwood Supplies**. Em: CINTRAFOR Symposium in Forest Sector and Trade Models. University of Washington, Seattle. 1987.

Greenpeace. Disponível em < <http://www.greenpeace.org.br>>: acesso em 16/04/2007.

HAFLEY, W. L.; SCHREUDER, H. T. Statistical distribution for fitting diameter and height data in even-aged stands. **Journal Series of the North Carolina Agriculture Experiment Station**. Raleigh – NC, v. 7, p. 424 – 431, 1977.

HIGUCHI, N. **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon**. Tese de Doutor, Michigan State University. East Lansing, p. 129, 1987.

HIGUCHI, N. O desmatamento insustentável na Amazônia. **Ciência Hoje**. v. 39, p. 67-71, Ed. Novembro – 2006.

HIGUCHI, N.; F.C.S. JARDIM, J. DOS SANTOS, A.P. BARBOSA. Bacia 3 - Inventário florestal comercial. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 15, n. 3 e 4, p. 327-369, 1985.

HIGUCHI, N., SANTOS, J. DOS E JARDIM, F.C.S. Tamanho de parcela amostral para inventários florestais. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 12, n. 1, p. 91-103, 1982.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; LIMA, A. J. N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; TRIBUZY, E. S. **Manejo florestal sustentável na Amazônia brasileira**. Manaus, p. 140-155, 2006.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; MARTINS, L. T.; NOGUEIRA, A. J. L. **O mercado Internacional de madeira tropical está à beira do colapso**. INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2006.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; FREITAS, J. V.; VIEIRA, G.; CÔIC, A.; MINETTE, L. J. **Crescimento e Incremento de uma Floresta Amazônica de Terra-Firme Manejada Experimentalmente In: Biomassa de Nutrientes Florestais**. INPA/DFID, Manaus, p. 89-132, 1997.

HOSOKAWA, R.T. **Manejo de florestas tropicais úmidas em regime de rendimento sustentado**. UFPr, Relatório Técnico. Curitiba, 1981.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. São Paulo. Polígono, p. 466, 1972.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest Mensuration**. New York: John Wiley & Sons, p. 402, 2º ed., 1972.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama. Disponível em <www.ibama.gov.br>: acesso em 13/04/2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em <www.ibge.gov.br>: acesso em 04/04/2007.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Disponível em <www.inpe.br>: acesso em 20/04/2007.

Instituto Akatu. Disponível em <<http://www.akatu.net>>: acesso em 12/04/2007.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gás Inventories**. UNEP, WMO. CD-ROM. 2006.

Organização Internacional de Madeira Tropical – ITTO. Disponível em <www.itto.or.jp>: acesso em 13/04/2007.

JARDIM, F.C.S. E R.T. HOSOKAWA. Estrutura da floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 16/17, n. único, p. 411-507 1986/87.

JUNK, W.J. **Wetlands of tropical South América**. In: Whigham, D.H & Dykyjova, D. (eds.): *Wetlands of the world I*. Kluwer Academic Publishers. p. 679-739, 1993.

KOEHLER, H. S. **Apostila: Estatística Experimental**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 124, 1999.

KRUG, A. G.; NORDHEIM, E. V.; GIESE, R. L. Determining initial values for parameters of a Weibull model: A Case Study. **Forest Science**. Lawrence, v. 30, n. 3, p. 573-581, 1984.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas** - Possibilidades e Método de Aproveitamento Sustentado. GTZ, Eschborn. p. 343, 1990.

LAWRENCE, K. C.; SHIER, D. R. **A comparison of least square and least absolute deviation regression models for estimating Weibull parameters.** 1981.

LEAK, W. B. The J-shaped probability distribution. **Forest Science**, Lawrence, p. 405-409, 1964.

LENHART, J. D.; Diameter-distribution yield-prediction system for unthinned Loblolly and Slash Pine plantations on non-old-fields in East Texas. **Southern Journal of Applied Forestry**, Bethesda, v. 12, n. 4, p. 239-242, 1988.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; PEREIRA, D. **A expansão madeireira na Amazônia.** Disponível em <<http://www.remade.com.br/revista/materia>> Acesso em 10/04/2007.

LITTLE, S. N. Weibull diameter distribution of mixed stands of western conifers. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 13, p. 85-88, 1983.

MANEJO FLORESTAL – Amigos da Terra. Disponível em <<http://www.manejoflorestal.org>>: acesso em 15/04/2007.

MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL E A EXPLORAÇÃO DE IMPACTO REDUZIDO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA. Disponível em <www.revistaelo.com.br>: acesso em 06/04/2007.

MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL: Pedro Peixoto. Disponível em <<http://www.cpfac.embrapa.br>>: acesso em 16/04/2007.

MARQUES, J.; SANTOS, J. M.; SALATI, E. O campo do fluxo de vapor d'água atmosférico sobre a região amazônica. **Acta amazonica**, Manaus, v. 9, n. 4, p. 701-713, 1979.

MEYER, A. H. Structure, Growth, and Drain in Balanced Uneven-Aged Forests. **Journal of Forestry**, Washington, n. 50, p. 85-92, 1951.

MONGABAY – Rainforest Information: country reports. Disponível em <<http://rainforests.mongabay.com/>>: Acesso em 15/04/2007.

NELSON, T. C. Diameter distribution and growth of Loblolly Pine. **Forest Science**, Lawrence, v. 10, n. 1, p. 105-114, 1964.

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

NETER, J.; WASSERMAN, W. **Applied linear statistical models**. RICHARD D. IRWIN, INC., p. 842, 1974.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2º ed. Rio de Janeiro: IBGE. p. 421, 1989.

OLIVEIRA, A. N. e AMARAL, I. L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**. Manaus, v. 34, n. 1, p. 21-34, 2004.

ORSA FLORESTAL. Disponível em <<http://www.orsaflorestal.com.br>>: acesso em 12/04/2007.

PANDOLFO, C. A **Amazônia brasileira e suas potencialidades**. SUDAM. Belém, Pará. p. 74, 1979

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, p. 316, 1997.

PINTO, A.C.M., HIGUCHI, N., IIDA, S., SANTOS, J., RIBEIRO, R.J., ROCHA, R.M. E SILVA, R.P. Padrão de distribuição espacial de espécies florestais que ocorrem na região de Manaus – AM. **Projeto Jacaranda Fase II** – Pesquisas Florestais na Amazônia Central (editado por HIGUCHI et al.). Manaus, p. 1-20, 2003.

PIRES, J.M., PRANCE, G.T. **The vegetation types of the Brazilian Amazon**. In: Prance, G.T & Lovejoy, T.E., eds. *Amazônia: key environment*. London, Pergamon Press, p. 109-145, 1985.

PROJETO BOM MANEJO. Disponível em <<http://www.cpatu.embrapa.br/BomManejo>>: acesso em 16/04/2007.

QUEIROZ, W.T. Efeitos da variação estrutural em unidade amostral na aplicação do processo de amostragem em conglomerados nas florestas do Planalto do Tapajós. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 19-23, 1977.

RADAM. Programa de Integração Nacional. Levantamentos de Recursos Naturais. V. 18 (Manaus) - RADAM (projeto) DNPM, Ministério das Minas e Energia. Brasil. p. 626, 1978.

RANZANI, G. Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 10, n. 1, p. 7 – 41, 1980.

RIBEIRO, J. E. L da S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. da S.; BRITO, J. M. de; SOUZA, M. A. D. de; MARTINS, L. H. P.; LOHMANN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A. C. L.; PEREIRA, E. da C.; SILVA, C. F. da; MESQUITA, M. R.; PROCÓPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA. p. 816, 1999.

ROCHA, R.M. **Taxas de recrutamento e mortalidade da floresta de terra-firme da bacia do Rio Cuieiras na região de Manaus - AM**. Dissertação de Mestrado, Curso de Ciências de Florestas Tropicais do INPA. Manaus, AM. p. 49, 2001.

ROSSI, L.M.B. e HIGUCHI, N. Comparação entre métodos de análise de padrão espacial de oito espécies arbóreas de uma floresta tropical úmida. Em: Gascon, C. e Moutinho, P. (eds.): **Floresta amazônica – dinâmica, regeneração e manejo**. INPA, Manaus (AM). p. 41-59, 1998.

SANTOS, J. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da Floresta Tropical Úmida de Terra-firme da Amazônia Brasileira**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 121, 1996.

SANQUETTA, C. R.; FARINHA, L. W.; DALLA CORTE, A. P.; FERNANDES, L. de A. V. **Inventários florestais: Planejamento e execução**. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica Editora, p. 271, 2006.

SHIVER, B. D.; **Sample Size for Estimating Weibull Function Parameters For Slash Pine Plantation Diameter Distributions**. Plantation Management Research Cooperative Technical Report 1985-4.

SIOLI, H. **Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments**. In: Golley, F.B. & Medina, E. (eds.): Tropical ecological systems – trends in terrestrial and aquatic research. Springer, Berlin. p. 275-288, 1975.

SIQUEIRA, J.D.P. Sustained Forest Management in the Amazon: Needs versus Research. Em: Anais do Simpósio Internacional sobre "**Amazonia: Facts, Problems and Solutions**". São Paulo, p. 372-413, 1989.

SKOLE, D. e TUCKER, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon. Satellite data from 1978 to 1988. **Forest Science**, Lawrence, v. 260, p. 1905-1910, 1993.

SOUZA, A.L. **Análise multivariada para manejo de florestas naturais**: Alternativas de produção sustentada de madeiras para serrarias. Tese de Doutor pela UFPr. Curitiba, p. 255, 1989.

SYNNOTT, T. South America and the Caribbean. In: **No timber without trees - Sustainability in the Tropical Forest**. Duncan Poore (editor). Earthscan Publications Ltd. London. p. 252, 1989.

TCA (Tratado de Cooperação Amazônica). **Amazonia Without Myths**. Commission on Development and Environment for Amazônia. Quito - Equador, p. 99, 1992.

UMANA, C.L.A. e ALENCAR, J.C. Distribuições diamétricas da floresta tropical úmida em uma área no município de Itacoatiara – AM. **Acta Amazonica**. Manaus, v. 28, n. 2, p. 167-190, 1998.

YANG, R. C.; KOZAK, A.; SMITH, J. H. G The potential of Weibull-type functions as flexible growth curves. **Can. J. For. Res.** Vancouver – BC. v. 8, p. 424 – 431, 1978.

YARED, J.A.G., S. BRIENZA Jr., J.O.P. CARVALHO, J.C. LOPES, O.J.R. AGUIAR e P.P. COSTA FILHO. Silvicultura como Atividade Econômica na Região Amazônica. Em: Anais do I **Encontro Brasileiro de Economia Florestal**. Curitiba, p. 15-41, 1988.

ZANAKIS, S. H. A simulation study of some simple estimators for the three parameter Weibull distribution. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, New York, v. 9, p. 101-116, 1979.

ZARNOCH, S. J.; DELL, T. R. An evaluation of Percentile and Maximum Likelihood estimators of Weibull parameters. **Forest Science**. Lawrence, v. 31, n. 1, p. 260-268, 1985

ZARNOCH,, S. J.; RAMM, C. W.; RUDOLPH, V. J.; DAY, M. W. **The effects of Red Pine thinning regimes on diameter distribution fitted to the Weibull function**. Research Report, Michigan State Univ. Jan., 1982.