



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE DE RESÍDUOS LENHOSOS EM ÁREA DE  
FLORESTA EXPLORADA E NÃO EXPLORADA, UTILIZANDO AMOSTRAGEM POR  
LINHA INTERCEPTADORA, NO MÉDIO RIO MOJU, PARÁ, BRASIL

DEUSEDITH CRUZ FILHO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração Manejo Florestal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Eng. Florestal José Natalino Macedo Silva, PhD

BELÉM

2005

Cruz Filho, Deusdedith.

Avaliação da quantidade de resíduos lenhosos em área de floresta explorada e não explorada, utilizando amostragem por linha interceptadora, no médio Rio Moju, Pará, Brasil. /Deusdedith Cruz Filho. – Belém, 2005.

70 f.;il.

Dissertação (mestrado em ciências florestais) – UFRA, Belém, 2005

1. Manejo Florestal. 2. Resíduos lenhosos. 3. Exploração florestal. 4. Amazônia oriental. I. Título.

**CDD 634.92098115**



2005

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

AVALIAÇÃO DA QUANTIDADE DE RESÍDUOS LENHOSOS EM ÁREA DE  
FLORESTA EXPLORADA E NÃO EXPLORADA, UTILIZANDO AMOSTRAGEM POR  
LINHA INTERCEPTORA, NO MÉDIO RIO MOJU, PARÁ, BRASIL

DEUSDEDITH CRUZ FILHO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da  
Amazônia, como parte das exigências do Curso de Pós-  
Graduação em Ciências Florestais, área de concentração  
Manejo Florestal, para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 30 de agosto de 2005

BANCA EXAMINADORA

Eng. Florestal José Natalino Macedo Silva, PhD - Orientador  
Embrapa Amazônia Oriental

Prof. Dr. Paulo Luiz Contenté de Barros  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Prof. Dr. Suco Numazawa  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Dr. Edson José Vidal da Silva  
Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia - IMAZON

UNIVERSITY OF CALIFORNIA  
LIBRARY

THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA  
LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

UNIVERSITY OF CALIFORNIA  
LIBRARY

Edson José Vidal de Sa

Edson José Vidal de Sa

## SUMÁRIO

	p.
1. INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE RESÍDUOS LENHOSOS GROSSOS .....	18
2.2 UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL DOS RESÍDUOS LENHOSOS GROSSOS.....	21
2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE MÉTODOS DE EXPLORAÇÃO FLORESTAL DE IMPACTO REDUZIDO (EIR).....	21
2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE AMOSTRAGEM POR LINHA INTERCEPTADORA (ALI) .....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	27
3.1.1 Clima.....	27
3.1.2 Relevo.....	27
3.1.3 Geologia.....	30
3.1.4 Solos.....	30
3.1.5 Hidrografia.....	30
3.1.6 Ambiente Fitoecológico da Pesquisa.....	30
3.2 AMOSTRAGEM E PRINCIPAIS MEDIÇÕES.....	31
3.3 CÁLCULOS.....	35
3.3.1 Determinação do Volume dos RLG.....	35
3.3.2 Determinação da Necromassa dos RLG.....	35
3.3.3 Determinação da Quantidade de Carbono Contida nos RLG.....	36
3.3.4 Distribuição dos Diâmetros das Peças de RLG entre as Classes de Frequência.....	36
3.3.4.1 Cálculo dos Quartis para os Diâmetros Obtidos.....	36
3.3.5 Relação entre as Classes de Diâmetro e o Volume Correspondente ao Centro de Classe.....	37
3.3.6 Cálculo do Número Necessário de Unidades Amostrais.....	37

3.3.7	Comparação dos Resultados entre as Situações Estudadas (FNE e EIR) Utilizando o Teste t.....	38
3.3.7.1	Comparação entre os Volumes Estimados para Floresta Explorada e Não Explorada Através do Teste t.....	38
3.3.7.2	Comparação entre as Necromassas Estimadas para Floresta Explorada e Não Explorada.....	38
3.3.7.3	Comparação entre o Conteúdo de Carbono Presente nos RLG, para as Situações Estudadas.....	38
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1	FLORESTA NÃO EXPLORADA (FNE) .....	39
4.1.1	Distribuição das Peças de RLG nas Classes de Diâmetro.....	39
4.1.2	Ajuste ao Modelo Exponencial de Meyer (1952).....	41
4.1.3	Distribuição Diamétrica do Volume de RLG.....	43
4.1.4	Ajuste de um Modelo de Regressão ao Volume de RLG.....	44
4.2	FLORESTA EXPLORADA (EIR).....	47
4.2.1	Distribuição das Peças de RLG nas Classes de Diâmetro Floresta Explorada (EIR).....	47
4.2.2	Ajuste ao Modelo Exponencial de Meyer.....	48
4.2.3	Distribuição Diamétrica de Volume de RLG.....	51
4.2.4	Ajuste de um Modelo de Regressão ao Volume de RLG.....	52
4.3	COMPARAÇÃO ENTRE OS VOLUMES ESTIMADOS PARA AS SITUAÇÕES DE FNE E EIR .....	54
4.4	COMPARAÇÃO ENTRE AS NECROMASSAS ESTIMADAS NAS SITUAÇÕES FNE E EIR.....	57
4.5	COMPARAÇÃO ENTRE A QUANTIDADE DE CARBONO ESTIMADA NAS SITUAÇÕES DE FNE E EIR.....	60
5.	CONCLUSÕES.....	61
6.	RECOMENDAÇÕES.....	62
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
8.	APÊNDICE.....	69
8.1	APÊNDICE 1: Fotografia 1 - Levantamento de campo (Amostragem por Linha Intercepadora), para registro dos resíduos lenhosos grossos (RLG). Fazenda anta	

	Marta, Moju, Pará, 2004. ....	69
8.2	APÊNDICE 1: Fotografia 2 - Condições de Campo durante levantamento dos resíduos lenhosos. Fazenda Santa Marta, Moju, Pará, 2004. ....	70

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Distribuição da frequência de peças de RLG em classes de diâmetro para floresta não explorada.....	40
Tabela 2: Distribuição do número das peças de RLG em quartis, referentes às respectivas classes de diâmetros, para floresta não explorada.....	40
Tabela 3: Ajuste ao modelo de Regressão para a estimativa do número de peças de RLG em função do diâmetro destas em florestas não exploradas.....	43
Tabela 4: Volume dos RLG distribuídos por classe de diâmetro correspondente para floresta não explorada.....	45
Tabela 5: Distribuição das peças de RLG nas classes de diâmetro para floresta sob exploração de impacto reduzido (EIR).....	48
Tabela 6: Distribuição do número das peças de RLG em quartis, referentes às respectivas classes de diâmetros (EIR).	48
Tabela 7 Ajuste ao modelo de Regressão para a estimativa do número de peças de RLG em função do diâmetro destas em floresta explorada (EIR).....	50
Tabela 8: Volume dos RLG distribuídos por classes de diâmetro correspondentes, para a situação de exploração de impacto reduzido.....	52
Tabela 9: Comparação entre os volumes de RLG em FNE e EIR total e por classe de decomposição.....	54
Tabela 10 Número necessário de unidades amostrais (n), para obter precisão de 10% dos resultados referentes aos volumes, para o conjunto de classes de decomposição e de cada uma classe separadamente.....	55
Tabela 11 Volume médio de RLG por UT, quantificado na Fazenda Santa Marta, Moju, Pará, Brasil. ....	56
Tabela 12: Volumes médios de RLG por unidade de amostra em diferentes locais situados no Estado do Pará, Brasil.....	56
Tabela 13: Comparação entre os resultados de necromassa dos RLG, das situações FNE e EIR, suas respectivas médias, através do Teste t.....	58
Tabela 14: Resultados da comparação entre as quantidades de carbono dos tratamentos FNE e EIR, em suas respectivas médias e através do Teste t. ....	59

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Localização da Área de Estudo no Estado do Pará -Fazenda Santa Marta, Moju, Pará, Brasil (Fonte: Juruá Florestal Ltda).....	28
Figura 2: Mapa da Fazenda Santa Marta, mostrando as Unidades de Produção Anual (UPA) e respectivas Unidades de Trabalho (UT), Moju, Pará, Brasil (Fonte: Juruá Florestal Ltda).....	29
Figura 3: Desenho esquemático de uma UT contendo as linhas de amostragem para o levantamento de RLG.....	32
Figura 4: <i>Go-no-go gage</i> – instrumento utilizado para medidas de resíduos lenhosos grossos no levantamento de campo.....	33
Figura 5: Distribuição das classes de diâmetro dos RLG em floresta não explorada.	41
Figura 6: Representação gráfica da distribuição das peças de RLG em relação às classes de diâmetro de acordo com o Modelo Exponencial de Meyer, em floresta não explorada, onde $\log N_p$ é o logaritmo da frequência das peças de RLG e $D_p$ o diâmetro em centímetros, das peças de RLG .....	42
Figura 7: Distribuição dos volumes por classe de diâmetro dos RLG em floresta não explorada (amostragem em 6000 m).....	43
Figura 8: Gráfico representando o ajuste da equação $V_{RLG} = 24,6756 - 0,2648 \cdot D_{RLG}$ , para classes de diâmetros e respectivos volumes em floresta não explorada.....	46
Figura 9: Representação gráfica da distribuição das peças de RLG para a situação de EIR, em relação às classes de diâmetro de acordo com o Modelo Exponencial de Meyer (1952), onde $\log N_p$ é o logaritmo da frequência e $D_p$ o diâmetro em centímetros, das peças de RLG.....	50
Figura 10: Distribuição dos volumes por classe de diâmetro dos RLG em floresta explorada (amostragem em 6000 m).....	51
Figura 11: Gráfico representando o ajuste da equação $V_{RLG} = 38,1149 - 0,4028 \cdot D_{RLG}$ , para classes de diâmetros e respectivos volumes em situação de exploração de impacto reduzido.....	53

## LISTA DE SIGLAS

RLG - Resíduos Lenhosos Grossos

RLF - Resíduos Lenhosos Finos

FNE - Floresta não Explorada

EIR - Exploração de Impacto Reduzido.

ALI - Amostragem por Linha Interceptadora

AMF - Área de Manejo Florestal

UA - Unidade de Amostra

UT - Unidades de Trabalho

C - Carbono

## DEDICATÓRIA

*Dedico:*

*Aos meus pais:*

*Deusdedith Cruz e*

*Dulcinéa Ferreira Cruz (in memorian)*

*Aos meus irmãos:*

*Mauricio Ferreira Cruz*

*Mauro Ferreira Cruz*

*À minha tia:*

*Alice Cruz Monteiro (in memorian)*

## AGRADECIMENTOS

### *Às Instituições:*

*UFRA-Universidade Federal Rural da Amazônia, pela oportunidade de desenvolver este trabalho; Embrapa Amazônia Oriental; CIFOR-Centro Internacional para Pesquisa Florestal; e OIMT-Organização Internacional de Madeiras Tropicais pelo apoio institucional; ADEPARA-Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará, pelo apoio e compreensão dos superiores e colegas durante o curso e a ADA-Agência de Desenvolvimento de Amazônia, pela bolsa de estudos.*

### *Aos Professores:*

*Paulo Luiz Contente de Barros e João Olegário Pereira de Carvalho, pelas informações preciosas durante a elaboração do trabalho.*

### *Ao proprietário da área de estudo:*

*Sr. Idacir Perachi e aos funcionários da Juruá Florestal Ltda, que me auxiliaram na coleta de dados.*

### *À minha família:*

*pela compreensão de me tornar ainda mais distante durante estes últimos anos.*

### *Ao Orientadores;*

*Dr. Natalino Silva, pela confiança e apoio durante o processo de orientação e Dr Michael Keller, que, mesmo distante, acompanhou o desenvolvimento deste trabalho.*

### *Aos companheiros no transcorrer do Curso:*

*Perminio Paschoal Neto, Heliana Nazaré Neves Fadul, Ruy Galeão, Sergio Martins Filho, Osmar José Romeiro de Aguiar, Gustavo Schwartz, os colegas da turma de Mestrado e aos amigos que me apoiaram, de alguma forma, ante o desafio deste curso.*

### *E, acima de tudo:*

*Ao Deus Todo Poderoso, bem presente em todas as horas, com seu estoque inesgotável de tranquilidade, inteligência, prudência, e todo o tipo de recurso material e não material, que me supriu neste período de intensa dedicação.*

*Pela manhã semeia a tua semente, e  
à tarde não retenhas a tua mão; pois  
tu não sabes qual das duas  
prosperará, se esta, se aquela, ou se  
ambas serão, igualmente boas.*

*Eclesiastes 11. 06 – Bíblia Sagrada*

## RESUMO

Nesta dissertação são comparados os volumes de resíduos lenhosos grossos, produzidos em uma área de floresta não explorada, com os de outra de floresta explorada sob impacto reduzido, na propriedade denominada Fazenda Santa Marta (3°04'S, 49°14'W). Esta, localiza-se na bacia hidrográfica do médio rio Moju, município homônimo, Nordeste do Estado do Pará, Amazônia Oriental. Os estudos foram realizados em área total de 426 ha, referentes a 4 Unidades de Trabalho das Unidades de Produção. Duas destas unidades foram exploradas utilizando técnicas de impacto reduzido, totalizando 217 ha e as outras duas em floresta não foram exploradas, totalizando 209ha. Utilizou-se a amostragem por linha interceptora como método para coleta de dados, sobre os resíduos lenhosos, em 6.000 m de transectos para cada situação, totalizando 12.000 m de linhas de amostragem. Mediu-se todo o material lenhoso ainda caído sobre o piso florestal, com diâmetro superior a 10 cm, considerando o estado de decomposição das peças medidas, para o cálculo do volume e da necromassa, associados aos índices de densidade da madeira específico para cada classe de decomposição. Calculou-se, também, a estimativa de estoque de carbono para as duas situações. Demonstrou-se com os resultados, através de testes estatísticos, haver diferenças significativas nas estimativas de volume e de necromassa e diferenças altamente significativas no estoque de carbono, entre as situações estudadas. Efetuou-se testes de correlação entre as classes e as frequências de diâmetro, sendo estas ajustadas à equação de regressão linear, demonstrando assim, haver correlação entre esses índices nas situações estudadas. Foi realizado, também, testes de existência de correlação entre as classes de diâmetro e os respectivos volumes, e o ajuste deste resultado à equação de regressão linear, demonstrando haver correlação entre esses índices. Isto gerou equações específicas para a situação estudada, para a quantificação de volume de resíduos lenhosos através do diâmetro destes resíduos, medidos na floresta, visando a geração de índices para utilização em escala industrial. As estimativas de necromassa e carbono servirão para contribuir no monitoramento das emissões de gases que contribuem para efeito estufa, emitidos pelos resíduos lenhosos e também para cálculos para a comercialização de créditos de carbono.

Palavras chave: manejo florestal, resíduos lenhosos, exploração de impacto reduzido, amostragem por linha interceptadora, diâmetro, volume, necromassa, estoque de carbono, Amazônia Oriental.

## ABSTRACT

This dissertation compares the volumes of coarse woody debris produced in an area of primary forest with another area of forest logged using reduced impact methods called Farm Saint Marta (3°04'S, 49°14'W). This area is located in the hidrografic basin of the medium river Moju, near the city of Homonym, Northeast of the State of Pará, Eastern Amazônia. The studies were carried out in a total area of 426Ha, incorporating the 4 Work Units of forest management areas. Two of these units have been explored by reduced impact logging, totaling 217Ha, and the other two units are primary forest totaling 209Ha. Line intercept sampling was the method used to quantify the coarse woody debris in 6,000 m of lines for each unit, totaling 12,000 m of sampling lines. The fallen woody debris was measured on the forest floor, with diameter over 10 cm, considering the diameter and the state of decomposition of the measured parts, for the calculation of the volume and necromassa, as related to the indices of density of the specific wood for each decay class. Statistical tests demonstrated a significant difference in the volume and necromassa estimates, and a highly significant difference in the carbon supply, between the study sites. Studies were conducted to test the correlation between the classes and the diameters, which were adjusted to the linear regression equation, in this way demonstrating that there was a correlation between these indicators in the study sites. The correlation between diameter classes and their respective volumes was also tested, and the adjustment of this result to the linear regression equation demonstrated a correlation between these instances. This generated specific equations for the case study, for the quantification of the volume of woody debris through the diameter of these materials, measured in the forest, with the objective of generating of indicators for utilization on an industrial scale. The estimates of necromassa and carbon will contribute towards the monitoring of emissions of greenhouse gasses emitted by the coarse woody debris as well as for calculations for the commercialization of carbon credits.

Key words: forest management, coarse woody debris, reduced impact logging, line intercept sampling, diameter, volume, necromass, carbon supply, Eastern Amazonia.

## 1. INTRODUÇÃO

As florestas produzem naturalmente resíduos lenhosos, seja através da queda de galhos, ramos, ou até mesmo de árvores inteiras. Isto ocorre devido à senescência destas ou de fatores relacionados ao clima e solo, entre outros. A atividade humana, em especial a exploração florestal, planejada ou não, é considerada um fator relevante para a geração de resíduos na floresta.

Harmon *et al* (1986) cita que árvores mortas têm funções-chave em ecossistemas florestais: resíduos lenhosos reduzem a erosão e influenciam no desenvolvimento da cobertura vegetal superficial, são estoques de água, de energia e nutrientes; além de servirem como substrato de mudas de espécies arbóreas. São também habitat de microorganismos e animais invertebrados e vertebrados (Anderson *et al.* 1978, Swanson & Lien Kaemper 1978, Harmon *et al.* 1986). Devido à sua importância em ecossistemas florestais, recentemente têm sido objeto de várias pesquisas (exemplo: Kirby & Drake 1993, Samuelsson *et al.* 1994, Keller *et al.* 2004).

Os termos encontrados na literatura (em inglês “woody detritus” ou “woody debris”) têm sido usados para incluir todas as formas de resíduos lenhosos acima e abaixo do piso florestal. Acima do solo podem ser divididos em frações grossa e fina. Peças menores são consideradas resíduos lenhosos finos e peças maiores resíduos lenhosos grossos. Estes materiais quando localizados abaixo da superfície do solo, raramente têm sido estudados, e são classificados como madeira enterrada (material lenhoso muito decomposto em estado de mineralização), incluindo as raízes mortas (Harmon *et al.*, 1994).

A nomenclatura adotada neste trabalho para este material, segundo a classificação mencionada, será Resíduos Lenhosos Grossos (RLG) e Resíduos Lenhosos Finos (RLF). Este estudo será direcionado aos RLG, assim definidos a seguir: material morto, caído, no chão da floresta, encontrado tanto em áreas não exploradas como em áreas exploradas, com diâmetro superior a 10 cm (Keller *et al.* 2004).

Levantamentos de RLG têm sido utilizados, entre outros, para descrever distúrbios nas florestas (Stutevant *et al.* 1997), na determinação de mudança estrutural da floresta em resposta a diferentes impactos ambientais, na avaliação de diferenças entre locais em termos de produtividade, dinâmica da comunidade, quantidade de carbono biogeoquímico (Harmon & Hua, 1991) e também para avaliação da qualidade e status dos habitats da vida selvagem, para determinar a quantidade de material combustível e procedimentos contra incêndios

florestais e para avaliar a quantidade de carbono retido na madeira morta (Fearnside *et al.*, 1997, Keller *et al.*, 2004, Rice *et al.*, 2004). Estudos de resíduos lenhosos também têm sido importantes para explicar a produtividade dos sítios quanto à ciclagem e armazenamento de nutrientes e água (Keller *et al.*, 2004) e para avaliar a produtividade primária em ecossistemas de florestas tropicais (Malhi *et al.* 2004).

No Brasil, pesquisas que envolvem RLG são ainda consideradas raras, face ao número de trabalhos que citam o RLG, em relação a situação das florestas tropicais, especificamente as da Amazônia. Há lacunas de conhecimento sobre este assunto, em especial sobre a quantificação de RLG em florestas exploradas e sobre as formas de utilização deste material. Os RLG podem ser aproveitados para diversos fins, sendo o mais notório, como material combustível. A avaliação dos RLG também é importante para quantificar, por exemplo, o volume aproveitável de copas para serraria, de espécies de madeira consideradas de alto valor como o mogno e o ipê, entre outras.

Outro fator importante que deve ser considerado é o estoque de carbono contido nos RLG, principalmente quando, nas práticas de manejo florestal, inserem-se as técnicas de exploração de impacto reduzido (EIR). A mudança na magnitude da biomassa da floresta amazônica têm um impacto significativo no clima regional e global. O CO<sub>2</sub> é considerado um dos principais fatores causadores do aquecimento da superfície e troposfera da Terra (IPCC, 1996). Estima-se que 50% da necromassa contida nos RLG é composta por carbono (Alvin, 1990) e aproximadamente dois terços deste carbono é incorporado à biosfera sob a forma de dióxido de carbono. Segundo Sabogal *et al.* (2000), a aplicação da EIR pode proporcionar formas para viabilizar metas de seqüestro de carbono, advindos desta prática e a possível e conseqüente comercialização dos créditos de carbono para países industrializados.

Este trabalho apresenta os seguintes objetivos e hipóteses:

#### OBJETIVO GERAL:

Avaliar a quantidade de resíduos lenhosos grossos existentes em floresta tropicais de Terra-firme na Amazônia Oriental Brasileira, através da Amostragem por Linha Interceptadora.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Comparar a produção de resíduos lenhosos grossos nas situações de floresta não explorada e floresta explorada sob exploração de impacto reduzido.
- Gerar estimativas da necromassa e avaliar o estoque de carbono nos resíduos lenhosos grossos em floresta não explorada e explorada utilizando técnicas de redução de impactos.

Foram testadas as seguintes hipóteses em relação à quantidade de resíduos lenhosos grossos:

Hipótese 1: Não há correlação entre as classes de diâmetros das peças de RLG e o respectivo número de peças por classe de diâmetro.

Hipótese 2: A quantidade de RLG gerada pela exploração de impacto reduzido não apresenta diferença da quantidade gerada por queda natural em florestas não exploradas.

Hipótese 3: A quantidade de necromassa contida nos RLG, gerada pela exploração de impacto reduzido, não apresenta diferença significativa da encontrada por queda natural, em florestas não exploradas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE RESÍDUOS LENHOSOS GROSSOS

Os resíduos lenhosos grossos (RLG) têm sido extensivamente estudados, nos seus amplos aspectos (biomassa, produção e funções ecológicas), principalmente em florestas temperadas. Oposto a isto, informações sobre RLG, em termos de estoque e da sua entrada nos ecossistemas, em florestas tropicais, têm sido incipientes. Além disso, estudos sobre os efeitos biológicos dos RLG em florestas tropicais são limitados (Clark *et al*, 2002). Segundo o mesmo autor, há atualmente dados insuficientes advindos de florestas tropicais para avaliar os fatores que controlam o estoque total de resíduos lenhosos grossos, as entradas anuais no ecossistema e as taxas de alterações desses aspectos.

As principais funções dos RLG estão relacionadas à produtividade das árvores da floresta, provisão de estrutura e habitat para manutenção da diversidade biológica, contribuição para a estabilidade do solo, prevenção de erosão em relevos inclinados e estocagem do carbono a longo prazo (Stevens 1997 e Lofroth 1995). A importância de cada um destes itens para um dado ecossistema, varia conforme os tipos de distúrbios naturais, zonas biogeoclimáticas e regime de umidade.

Os RLG podem, em maior ou menor grau, dependendo do regime de umidade e temperatura de um ecossistema, adicionar uma quantidade significativa de matéria orgânica ao solo, provendo habitat para organismos decompositores, reter a umidade através dos períodos secos e refúgio para raízes e seus organismos de solo associados, assim como local para bactérias fixadoras de nitrogênio - associativas ou assimióticas (Stevens 1997).

Segundo Maser *et al.* (1988), peças de todos os tamanhos e de todas as classes de decomposição de madeira contribuem para a acumulação a longo prazo de matéria orgânica, pois a lignina e o húmus da madeira bem decomposta tem elevada constituição de carbono. Com isto os RLG tornam-se refúgio para raízes de árvores e fungos ectomicorrícticos durante os períodos secos. A madeira morta é uma moderada fonte de nutrientes, mas normalmente ocorre em volume suficiente para ser também fonte de umidade (Harvey *et al.* 1986).

prevenir a erosão e, conseqüentemente, a perda de solo. Particularmente onde há uma inclinação significativa, os RLG podem ter uma função de estabilização do solo, controlando o escoamento de água, solo e serrapilheira no piso florestal. Segundo Maser *et al.* (1988), grandes peças de RLG, retêm mais material do seu lado superior, criando um substrato para invertebrados e pequenas tocas aumentando, assim, a razão da decomposição dessas peças.

Considerando a relação dos RLG com a atmosfera e o ciclo do carbono, Harmon *et al.* (1990) comenta que o segundo fator mais crítico de aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera é a redução no estoque de carbono nas florestas, sendo o primeiro a queima de combustível fóssil. O carbono é liberado aos poucos pelos RLG, quando estes são decompostos na floresta.

Os RLG tem origem em grandes ramos, topos de árvores e árvores inteiras que caem para o piso florestal. Os agentes seguintes são os responsáveis isoladamente ou em grupo para a geração de RLG (Stevens 1997):

- Vento - afeta as árvores de acordo com o tipo de solo, conteúdo de umidade, localização geográfica, idade da árvore, localização desta no povoamento, aspecto e espécie. Geralmente o vento é o agente final que causa a queda da árvore ao chão e esta torna-se RLG (o dano original pode ser causado pelos agentes listados a seguir, ou da combinação destes);
- Fogo - cria RLG ou torna as árvores mais suscetíveis ao vento, doenças ou danos causados por insetos;
- Insetos - podem causar a morte da árvore diretamente, ou torná-la fraca, contribuindo para a morte desta e eventual queda para o piso florestal;
- Doenças: doenças de árvores são geralmente causadas por fungos, plantas parasitas vasculares e agentes abióticos (p ex. chuva ácida) e também podem contribuir à morte das árvores;
- Supressão e competição: durante o desenvolvimento do povoamento, a densidade de árvores é reduzida pela competição. Árvores suprimidas que exibem lento crescimento são estressadas e suscetíveis ao ataque de insetos ou de doenças. Estas árvores são tipicamente de pequeno diâmetro e continuam de pé até serem derrubadas por ventos.
- Inclinação do terreno: quedas de árvores podem ocorrer devido à inclinação do terreno. Isto é a causa do aumento da quantidade de matéria orgânica em áreas inclinadas;
- Senescência: a idade da árvore pode contribuir para a suscetibilidade a insetos, doenças ou vento.

A classificação dos resíduos lenhosos quanto ao tamanho varia entre os estudos, por exemplo: com diâmetro (D) maior que 2,5 cm (Harmon *et al.* 1986), D maior que 5 cm (Mattson *et al.* 1987), D maior que 7,5 cm (Quesnel 1994), D maior que 10 cm (Spies *et al.* 1988), D maior que 15 cm (Sollins 1982), e D maior que 20 cm (Harmon *et al.* 1987). Harmon *et al.* (1986) e Marshall *et al.* (2003) utilizaram pontos divisores de 1 a 10 cm de diâmetro para a parte mais larga da peça, e a dimensão mínima de 10 cm de diâmetro e 1,5 m de comprimento. Na maior parte dos métodos de amostragem de material combustível, são registrados os diâmetros de cada peça que excedem 7,5 cm (Brown, 1974), entretanto Keller *et al.* (2004) e Rice *et al.* (2004) consideraram D a partir de 2 cm.

## 2.2 UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL DOS RESÍDUOS LENHOSOS GROSSOS

Nos Estados Unidos, os resíduos lenhosos de exploração florestal estão sendo cada vez mais utilizados como combustível industrial, principalmente em fábricas de papel (Irland and Cline, 1999).

No Brasil, os resíduos lenhosos oriundos de exploração florestal têm sido alvo de negociação no Estado do Mato Grosso, principalmente na sua porção localizada na Amazônia Legal. O uso deste material, com fins de utilização como combustível, será na alimentação dos altos fornos onde são produzidas anualmente seis milhões de toneladas de ferro-gusa, matéria-prima do aço (SECOM, 2005).

## 2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE MÉTODOS DE EXPLORAÇÃO FLORESTAL DE IMPACTO REDUZIDO (EIR)

Em Engenharia Florestal, uma distinção geralmente é feita entre colheita ou exploração florestal, do inglês “timber harvesting”, e extração de toras, do inglês “logging” (Dykstra, 2002). A extração de toras em si refere-se ao processo de derrubada e extração de madeira das florestas. A colheita florestal, por outro lado, inclui o planejamento pré-exploratório, a supervisão técnica e as avaliações pós-exploratórias que refletem o interesse sobre valores do recurso da madeira não aproveitada e sobre o estado futuro da floresta (Dykstra, 2002). Segundo este autor a expressão “exploração de impacto reduzido” tornou-se essencialmente substituto do termo exploração florestal, e ainda que a expressão “tecnologia da exploração de impacto reduzido” é um termo coletivo que se refere ao uso de princípios

científicos e de engenharia florestal, em combinação com treinamento, visando melhorar a aplicação do trabalho, do equipamento e dos métodos operacionais de exploração / colheita industrial de madeira.

A exploração florestal nos trópicos aumentou devido à demanda mundial de madeira, que cresceu rapidamente devido a expansão econômica do pós-guerra. As tecnologias de exploração florestal mecanizadas, desenvolvidas em países industrializados, foram introduzidas nos trópicos rapidamente e isto alterou tanto a escala das operações quanto a intensidade destas. Os profissionais florestais (engenheiros e afins) das áreas tropicais começaram a reconhecer que muitas das operações de exploração em escala industrial estavam deixando as florestas em condições seriamente degradadas (Dawkins, 1958). Este autor sugeriu que a exploração seletiva da maior parte das florestas tropicais úmidas poderia ser incompatível com a meta da produção sustentada, devido ao dano excessivo à vegetação residual resultante da exploração mecanizada. Ao mesmo tempo, outros silvicultores tropicais tinham começado a desenvolver e testar prescrições para exploração mecanizada, o que minimizaria os danos à vegetação e aos solos residuais, e criaria assim, o manejo para a produção sustentada de florestas. Enquanto equipamentos cada vez mais possantes eram introduzidos em florestas tropicais, a escala dos danos à vegetação residual e aos solos aumentou de forma proporcional. (Dykstra, 2002)

Em 1992, por ocasião da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro, tornou-se claro que em alguns casos, onde a mecanização das operações de extração florestal nos trópicos ameaçava gravemente a sustentabilidade dos recursos florestais a longo prazo, particularmente se os valores de recursos não madeireiros fossem contabilizados (Dykstra e Heinrich, 1992). As primeiras publicações com a expressão “exploração de impacto reduzido” foi usada neste período (Putz e Pinard, 1993). De algum modo este termo foi mais aceitável do que 'madeira explorada de modo ambientalmente correto', uma alternativa promovida pelo departamento do Engenharia Florestal da FAO (Dykstra e Heinrich, 1992).

Holmes *et al.* (2000) introduziram a expressão relacionada à “exploração de baixo impacto”. Esta não foi aceita pelos ambientalistas, que sentiram que 'baixo-impacto' e 'exploração' eram termos mutuamente excludentes. Exploração de impacto reduzido por ser uma expressão mais neutra, foi escolhida rapidamente e usada em artigos técnicos; também aceita por profissionais florestais, pelo público em geral e por organizações ambientais influentes tais como WWF e IUCN (Dykstra, 2002).

Apesar dos níveis elevados de biomassa, as florestas tropicais suportam geralmente volumes muito inferiores de madeiras comercializáveis que florestas temperadas. O volume médio de madeira retirada de um hectare de floresta tropical (Américas e África), é inferior a  $30\text{m}^3$  e envolve geralmente dez ou um número menor de árvores, e cada uma de espécies diferentes (FAO, 1998).

Uma operação típica nas florestas de coníferas do Noroeste dos EUA extrai  $500\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  de 200-300 árvores, na maior parte de poucas espécies. Na África, algumas operações altamente seletivas removem somente uma árvore em 10 ha. Em consequência, o volume relativamente baixo da madeira comercializável extraída por hectare de floresta tropical, produz área alterada substancialmente maior, para obter determinado volume de madeira, quando comparado com o mesmo procedimento em florestas temperadas. Isto significa dizer que as operações de exploração nos trópicos alcançam áreas maiores. Embora o aumento das operações sobre grandes áreas possa reduzir os impactos por hectare, isto pode levar a um impacto total maior devido aos quilômetros adicionais de trilhas de arraste e estradas madeireiras que são requeridas (Dykstra, 2002).

Dykstra e Heinrich (1996), comparando as operações de exploração florestal no Oeste da África com as ocorridas na Europa, perceberam que a densidade efetiva de estradas, medida em metros de estrada por metro cúbico de madeira extraída, era cinquenta vezes mais alta nas operações africanas do que nas operações européias. Os autores enfatizaram que os quilômetros adicionais de estradas, nas florestas tropicais para extrair madeira, tornam a floresta um local mais atrativo para a colonização.

Segundo Sist *et al.* (1998) e Dykstra (2002), as práticas de exploração de impacto reduzido requerem inventário pré-exploratório e mapeamento das árvores a abater; planejamento pré-exploratório de estradas, trilhas de arraste e de outros meios de transporte (se for o caso); corte de cipós anterior à exploração, principalmente aqueles que formam pontes entre as copas das árvores; técnicas apropriadas de derrubada e de traçamento dos fustes, incluindo queda direcional; que árvores sejam cortadas próximas ao chão para evitar desperdícios de madeira, incluindo o corte do fuste com aproveitamento máximo de madeira útil; construção de estradas, trilhas de arraste, patios e outros, de modo a atender as diretrizes ambientais; planejamento do guinchamento das toras nas trilhas de arraste, de forma que assegurem que as máquinas permaneçam nestas durante toda a operação; utilizar, sistemas de arraste que, diminuam o impacto no solo e na vegetação residual, por suspender toras acima do chão; condução de avaliações pós-exploratórias, para fornecer informações úteis ao dono

da concessão e, também, das equipes de exploração para avaliar o grau de sucesso de aplicação pelas equipes de exploração, das diretrizes de exploração de impacto reduzido.

Quanto ao ciclo e à operacionalidade, Killmann *et al.*, (2002) descrevem EIR como caracterizada, geralmente, por entradas para exploração somente a um ciclo de corte pré-determinado, que deveria, geralmente, não ser mais curto do que 20 anos. Neste caso, no máximo um terço da área basal deveria ser removido a cada ciclo. Este planejamento deveria ser ligado com a disposição de um mínimo número de trilhas de extração, visando facilitar a reabilitação devido aos impactos negativos advindos destas operações. Finalmente, os trabalhadores e os supervisores deveriam ser bem qualificados para conduzir as avaliações pós – exploratórias.

#### 2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE AMOSTRAGEM POR LINHA INTERCEPTORA (ALI)

A primeira experiência bem sucedida com ALI foi realizada por Warren and Olsen (1964), medindo o volume de resíduos florestais após a exploração. Este método produziu a estimativa de volume de resíduos com grande precisão. Van Wagner (1968) criou uma derivação do mesmo princípio matemático, aplicado a peças de RLG distribuídas aleatoriamente. Em ambos os casos, o objetivo foi estimar a quantidade de material lenhoso combustível após a exploração florestal.

Warren e Olsen (1964) publicaram sobre a técnica de uma linha que intercepta ou cruza uma peça cilíndrica, que eles propagaram como um método para obterem estimativas de volume de resíduos de forma rápida, em áreas florestais exploradas na Nova Zelândia. Estes autores foram confrontados com o problema de avaliar anualmente a quantidade do material comercializável deixada na área, pela empresa contratada para realizar a exploração. Embora os contratantes fossem responsáveis para o pagamento dos *royalties* deste resíduo de madeira, o preço baixo por unidade era proibitivo para projetos de amostragem intensiva. Experimentos de campo feitos com ALI de 400 m perpendiculares entre si apresentaram melhores estimativas, em comparação à amostragem utilizando unidades de amostra convencionais, provando que o método pode ser até cinco vezes mais rápido que este último.

A Amostragem por Linha Interceptadora é simplesmente um meio de selecionar uma amostra de peças de RLG de uma população. A aplicação mais comum tem sido a estimativa do volume total ou biomassa de resíduos de madeira, a partir de medições de diâmetros obtidos em pontos onde as peças de RLG atravessam as linhas individuais de amostragem (Marshall *et al.* 2003). Sendo aplicável a cilindros orientados aleatoriamente sobre uma superfície horizontal, uma linha de amostragem é colocada sobre o solo através da área a ser levantada. De acordo com critérios pré-estabelecidos, são registrados os diâmetros de todas as peças que cruzam esta linha (Baillie *et al.* 1999).

Um melhoramento substancial na base teórica da ALI, foi dada por Van Wagner (1968) que mediu os diâmetros das toras no ponto de interseção e desenvolveu um método de estimativa teoricamente preciso para volume, com o peso relacionado aos resíduos de toras por área definida. Os atributos específicos para encontrar os objetivos do estudo são registrados para cada peça/fragmento. Neste método, uma simples linha ou transecto é estabelecida sobre uma determinada área com base em um desenho pré-determinado.

A ALI é mais simples e algumas vezes de menor custo que amostragem com unidades de amostra convencionais. Bailey (1970) usou ALI e também unidades de amostra convencionais para estimar o volume de RLG em duas áreas exploradas com tratores na Columbia Britânica. Ele determinou que ALI com formato de linhas em L foi consideravelmente mais eficiente que as unidades de amostragem retangulares, circulares ou transectos. A redução em tempo de levantamento foi estabelecida de 36% a 55%, dependendo se o diâmetro foi medido na interseção ou em uma das extremidades da peça de RLG.

Em estudos comparativos sobre ALI e sistema de amostragem usando unidades de amostra convencionais, Clark *et al.* (1995) descobriram que, para uma amostra de 14 blocos, com uma unidade de amostra por bloco, estimativas do volume de RLG apresentaram boa correlação ( $r > 0,85$ ), com aquelas baseadas em unidades quadradas de  $900 \text{ m}^2$ , sem se importar se a unidade de ALI foi com o formato de um triângulo equilátero com 40 m de lado, ou de um quadrado com 30m de lado.

Pickford e Hazard (1978) usaram uma série de simulações para investigação das propriedades estatísticas da estimativa da ALI no caso de RLG distribuído aleatoriamente e depois realizaram simulações para distribuição espacial não aleatória tais como aquelas onde a exploração foi realizada provavelmente por cabo ou trator (Hazard e Pickford 1986). Estas simulações confirmaram que estimativas de ALI tendem a ser altamente variáveis, e portanto, amostras muito grandes são requeridas para obter 10% de precisão. Em geral, a precisão de

estimativa de ALI depende em ambos os casos do desenho da amostragem e dos fatores de variação do local.

Os elementos chave de planejamento que determinam os erros de amostragem são:

- comprimento e forma da linha para cada ponto de amostragem;
- a direção das unidades de amostra (aleatória, unidirecional);
- o número e tipo de medidas de RLG (diâmetro no ponto de interseção com a linha, diâmetro em ambas as extremidades e comprimento);
- o número e arranjo dos pontos de amostragem se sistemático ou aleatório.

Fatores de campo (local), os quais estão além do controle de um investigador, incluem os tamanhos, formatos e densidade das peças de RLG; a distribuição espacial das peças; e vários outros fatores não investigados por Pickford e Hazard (1978), tais como a inclinação do terreno, a qual afeta os custos de amostragem.

Delisle *et al* (1988) usaram informações de cinco povoamentos florestais e os mesmos tipos de função de custo como os de Hazard e Pickford (1986), compararam a eficiência de medir peças RLG 1, 2 ou três vezes em linhas de amostragem em forma de triângulo equilátero com 30 m de lado e concluíram que uma unidade amostral com uma única linha, pode, em algumas aplicações, ser mais eficiente que linhas formando triângulos.

Os resultados de algumas pesquisas sugerem que a escolha da unidade de amostra é um importante elemento do desenho da ALI. Várias configurações e comprimentos de linha, os seguintes formatos, foram testadas e estão atualmente em uso:

- triângulo equilátero (Trowbridge *et al.* 1986);
- duas linhas em ângulo reto (BC Ministry of Forests 2000);
- única linha com comprimento total da linha, por unidade de amostra variando entre 1 e 10 m (Rice *et al.*, 2004)
- única linha (Taylor 1997), com um comprimento total da linha, por unidade de amostra, variando entre 25 m e 150 m.
- única linha com comprimento variando de 2500 a 3400 m (Keller *et al.*, 2004)
- única linha (Fearnside *et al.*, 2001, Fearnside *et al.*, 1999, Kuzatkowski *et al.*, 2003).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em área, denominada Fazenda Santa Marta (3°04'S, 49°14'), situada no município de Moju, Pará, pertencente à Juruá Florestal Ltda, onde são utilizadas técnicas de exploração de impacto reduzido (Figuras 1 e 2). As informações a seguir foram obtidas no Plano de Manejo da empresa.

##### 3.1.1 Clima

O clima onde se situam a Área de Manejo Florestal (AMF) Santa Marta é classificado como do tipo Am segundo Köppen. A precipitação anual em geral é superior a 2.000 mm. Existe uma curta estação seca, onde o total de chuvas é inferior a 60 mm. Durante o ano existem dois períodos bem definidos, um nitidamente marcado por fortes chuvas que inicia em janeiro e prolonga-se até o final de maio e outro caracterizado por uma estação mais quente e menos chuvosa, indo de junho a dezembro. A umidade relativa é sempre alta, em média 80%. As temperaturas médias mensais apresentam pouca variação durante o ano, ficando na faixa de 25 ° C.

##### 3.1.2 Relevo

Conforme indicado no mapa de relevo do Brasil (IBGE-1990), o município de Moju localiza-se em compartimentos denominados Depressões da Amazônia Meridional e Planaltos Residuais da Amazônia Meridional.

A Depressão Meridional caracteriza-se por áreas do Pediplano Pleistocênico mais conservadas, com caimento topográfico em direção à drenagem, apresentando, em vales encaixados, interflúvios aplanados e inselbergs, geralmente esculpido em rochas pré-cambrianas, que se estendem até a frente de cuestas do Planalto Sedimentar do Baixo Amazonas. Os Planaltos Residuais da Amazônia Meridional referem-se a relevos residuais de uma superfície de aplanamento. Configuram topos planos conservados em interflúvios tabulares de rebordos erosivos e abaulados, em altitudes acima de 400 m, e serras talhadas em

rochas pré-cambrianas de origem vulcânica, sub vulcânica e metamórficas, representadas por granitos, riolitos, granodioritos, gnaisses, migmatitos e arenitos arcoseanos (IBGE-1990).

### Localização da Fazenda Santa Marta no Mapa do Pará

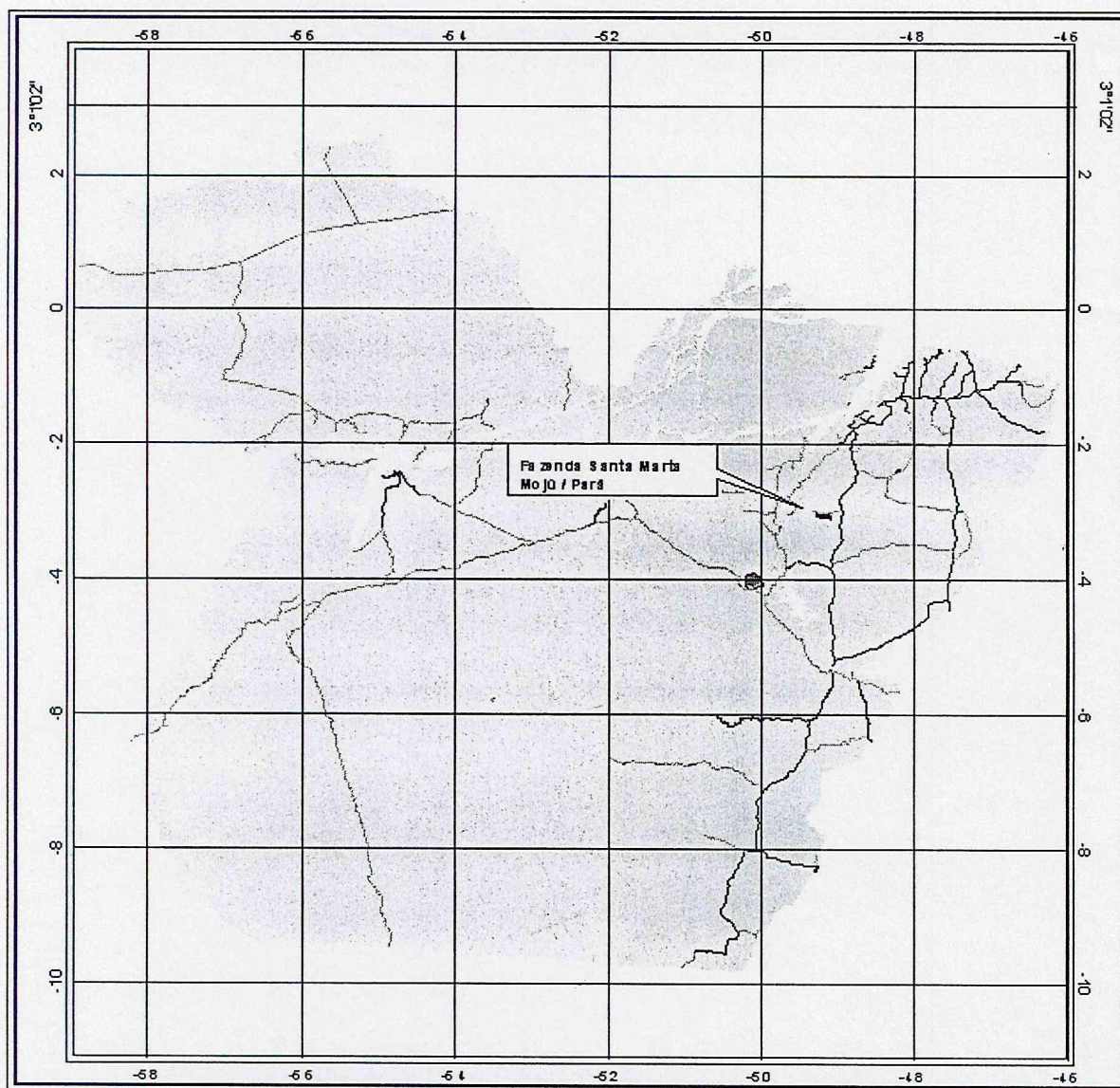


Figura 1: Localização da Área de Estudo no Estado do Pará -Fazenda Santa Marta, Moju, Pará, Brasil (Fonte: Juruá Florestal Ltda).

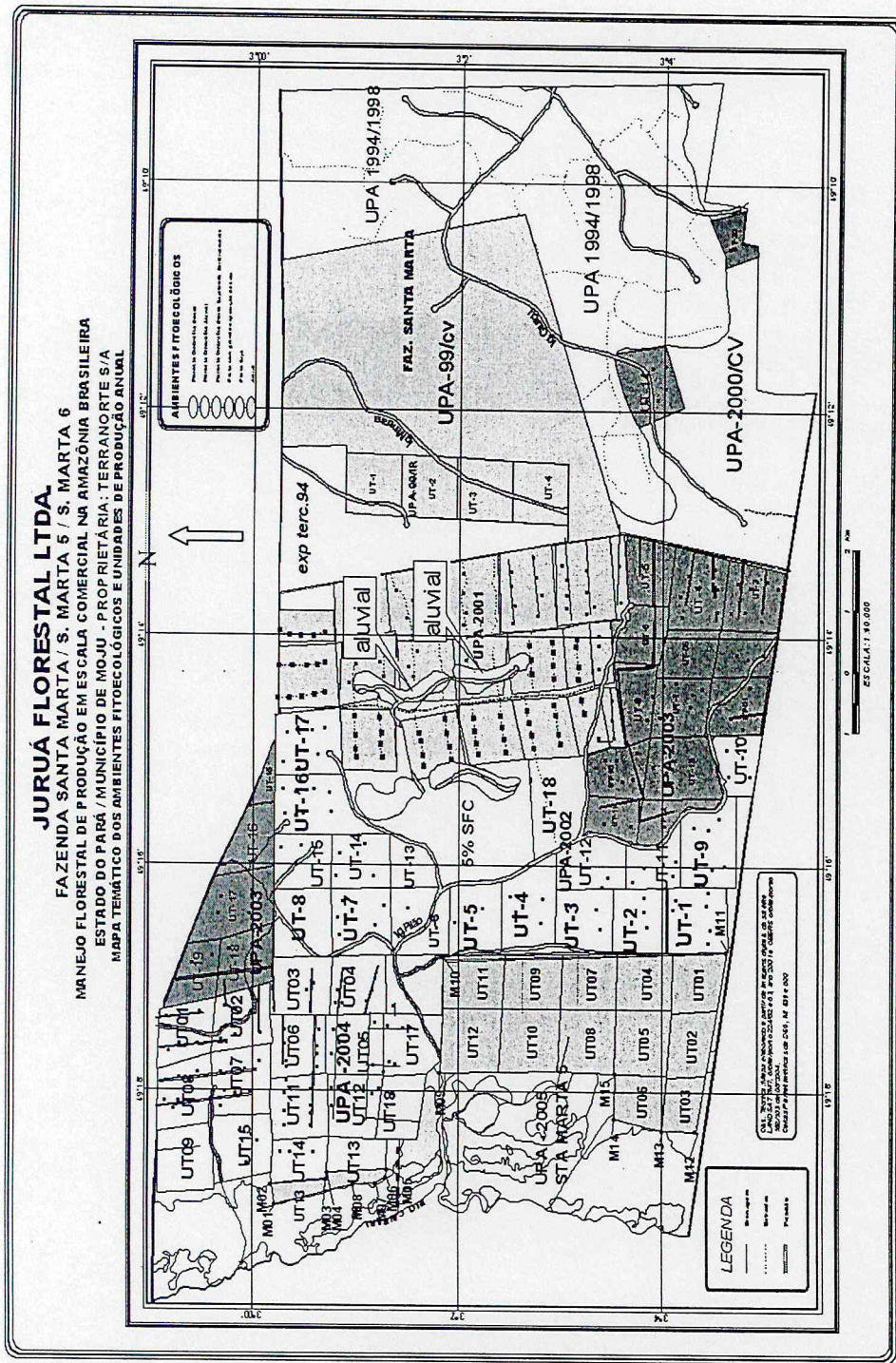


Figura 2: Mapa da Fazenda Santa Marta, mostrando as Unidades de Produção Anual (UPA) e respectivas Unidades de Trabalho (UT), Moju, Pará, Brasil (Fonte: Juruá Florestal Ltda).

### **3.1.3 Geologia**

Segundo estudos desenvolvidos por IBGE (1990), a região onde está situada a Fazenda Santa Marta faz parte do Complexo Xingu, onde são encontrados terrenos com unidades pré-cambrianas, as quais são representadas em toda sua extensão por rochas orto e para-metamórficas, de facies anfíbolito e granulito e diaforito da facies xisto verde. Seus constituintes são granitos, granodioritos, adamelitos, dioritos, anfíbolitos, gnaisses, migmatitos, granulitos ácidos a básicos, leptitos, leptinitos, kinzigitos, com encraves ou produtos diaforéticos de quartzitos, xistos e anfíbolitos. Este Complexo sofreu fenômenos granitizantes ao longo de sua história, tendo como resultado a transformação de áreas normalmente com uma intrincada associação litológica, em regiões homogêneas com marcante monotonia composicional.

### **3.1.4 Solos**

Segundo o mapa de solos da Amazônia Oriental publicado pela Embrapa Solos (1999), os diferentes tipos de solos encontrados na região onde se situa a AMF são: Podzólico Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Amarelo, Solos Litólicos e Laterita Hidromórfica.

### **3.1.5 Hidrografia**

A AMF Santa Marta é limitada a oeste pelo rio Cairari, ao leste pelo rio Moju e ao sul pelo rio Mamorana Grande. Na parte central encontram-se o igarapé Cau-Açu, o qual desemboca no rio Moju e o igarapé Pilão, que desemboca no rio Cairari.

### **3.1.6 Ambiente Fitoecológico da Pesquisa**

O ambiente fitoecológico onde ocorreu a coleta de dados é denominado Floresta Ombrófila Densa. Este ambiente apresenta grande ocorrência na região amazônica. Tem como característica ombrotérmica clima de elevadas temperaturas (média de 25<sup>o</sup> C), e de alta precipitação pluviométrica bem distribuída durante todo o ano.

Este ambiente é caracterizado por apresentar uma vegetação sempre-verdes, com árvores de folhas perenes e raramente caducifólias. Porém, não é possível afirmar, se todas as

árvores que a constituem são sempre-verde (folhas perenes), ou decíduas (folhas caducas). Como decíduas devem ser classificadas as que por alguns dias, cada ano ficam despidas ou quase despidas de folhas. Este fenômeno, com frequência é simultâneo com o da floração, em que as árvores são recobertas com frequência de flores na época da queda das folhas.

Caracteriza-se, também, por apresentar um dossel fechado, elevada biomassa e algumas árvores emergentes, com altura variando de 30 a 50 metros. Com relação as demais espécies que constituem este ambiente, possuem troncos retos de direção vertical com grandes alturas e são encontradas nos diferentes estratos, sendo mais tolerantes a luminosidade.

Entre as espécies comerciais mais importantes observadas neste ambiente, destacam-se: Maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev., *Maparajuba* (*Manilkara paraensis* Huber) Standl.), Angelim vermelho (*Dinizia excelsa* (Ducke)), Ipê (*Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nichols.), Cupiuba (*Goupia glabra* Aubl.), Piquiá (*Caryocar villosum*), Tauari (*Couratari sp*), Acapú (*Vouacapoua americana*), Jatobá (*Hymenea courbaril* L.) Timborana (*Piptadenia suaveolens*) e Faveiras (*Parkia spp*). O sub-bosque deste ambiente fitoecológico é em geral, aberto, embora em alguns pontos, possam ser encontradas manchas de vegetação herbácea ou arbustiva, áreas cipoálicas e de palmeiras, das espécies açaí – *Euterpe oleracea* Mart., e marajá – *Bacris cuspidata* Mart.

### 3.2 AMOSTRAGEM E PRINCIPAIS MEDIÇÕES

O método utilizado para obtenção das informações de campo é denominado amostragem por linha interceptadora - ALI.

Foram coletadas informações sobre os RLG referentes às situações estudadas, isto é, 'floresta não explorada' (FNE) e 'floresta explorada sob o método de redução de impactos' (EIR). Para as duas situações foram realizados levantamentos em duas unidades de trabalho (UT), representando duas repetições. As UT tem área de cerca de 100 ha, com comprimento e largura de aproximadamente 1.000 metros. O levantamento nas áreas exploradas ocorreu, por volta de um ano após a exploração florestal. Todas as UT foram escolhidas aleatoriamente, tendo como base os mapas das propriedades divididas em unidades de 100 hectares. O levantamento de campo foi realizado nas UT's 1 e 9, do Plano de Operações Anual de 2004, quando estas áreas ainda não haviam sido exploradas, para a situação FNE. Para a situação EIR o levantamento ocorreu nas UT's 4 e 5 do Plano de Operações Anual de 2003.

Foram amostrados 6000 m de linhas por tratamento, totalizando 12.000 m de transectos para todo trabalho de campo. Em cada UT foram amostrados 3.000 m, em três linhas paralelas de 1.000 m de comprimento (Figura 3). Cada linha de 1.000 m corresponde a uma unidade amostral. Todas as linhas de amostragem foram abertas na direção Norte – Sul, em direção perpendicular às picadas de levantamento prévio à exploração florestal (censo florestal) e às estradas internas de cada UT, que estão dispostas na direção Leste - Oeste. As linhas de amostragem foram estabelecidas a uma distância de 300 m umas das outras, em cada UT, e foram locadas a partir de um ponto inicial escolhido aleatoriamente. Com esta linha reta houve o acesso a toda a extensão da UT, na direção Norte – Sul. Desta forma foram registrados os RLG em todos os tipos de danos provocados pelas operações de exploração florestal (Apêndice 2), em locais com maior e menor intensidade de exploração florestal, nas margens das estradas internas e trilhas de arraste e também nos pátios de estoque de toras e áreas circundantes a estes. O método de coleta é descrito por Brown (1974), e foi aplicado por Keller et al (2004) na Floresta Nacional de Tapajós.

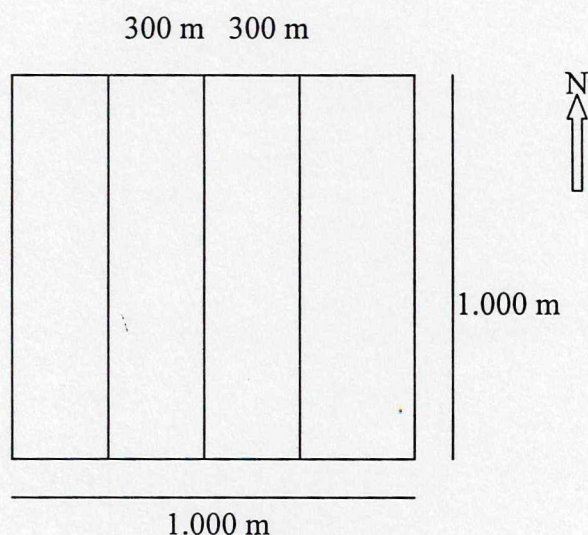


Figura 3: Desenho esquemático de uma UT contendo as linhas de amostragem para o levantamento de RLG.

Para este trabalho, os RLG (Resíduos Lenhosos Grossos) foram definidos como material lenhoso morto e caído, com diâmetro mínimo de 10 cm. Utilizou-se o instrumento denominado “go-no-go gage” (Figura 4), citado em Brown (1974), como padrão, para determinação dos diâmetros mínimos a serem considerados para o levantamento.

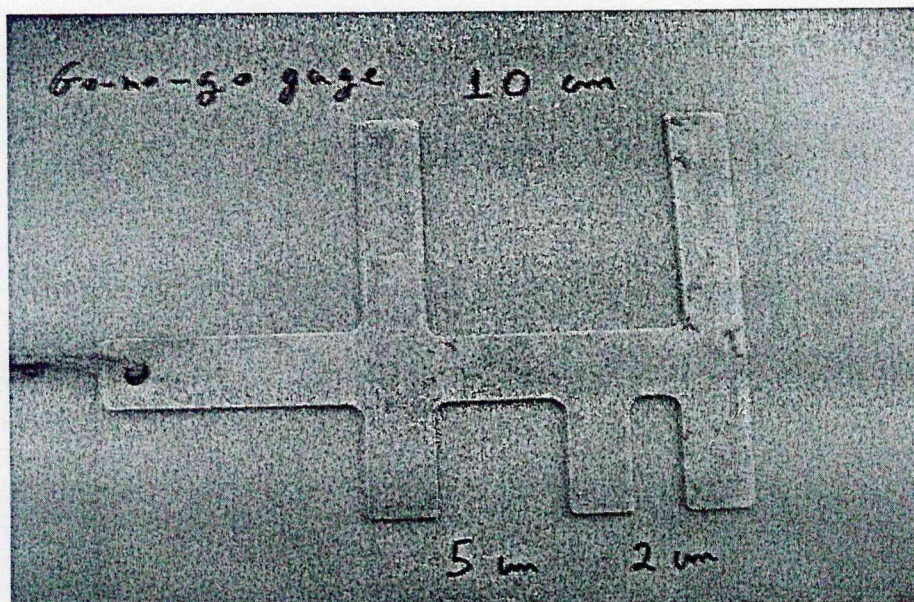


Figura 4: *Go-no-go gage* – instrumento utilizado para medidas de resíduos lenhosos grossos no levantamento de campo

Foram medidos e registrados os diâmetros, ou as respectivas circunferências (para posterior transformação em diâmetros) de todas as peças de RLG (Fotografia 1- Apêndice). Estas medidas foram obtidas com trenas. Para se efetuar estas medidas, considerou-se o ponto de interseção da linha (representado pela trena) e a peça de RLG. Este ponto deve obrigatoriamente cruzar eixo longitudinal da peça. Dificilmente a linha cruza este eixo da peça de forma perpendicular, portanto, geralmente o corte imaginário da peça pela linha tem a forma de uma elipse. Para se evitar cálculos de área complicados, mediu-se a circunferência ou o diâmetro no ponto de cruzamento da linha e da peça. A medição do diâmetro ou circunferência das peças de RLG foi na direção perpendicular aos respectivos eixos longitudinais, formando, portanto, áreas aproximadamente circulares, facilitando a adequação a modelos de cálculo de volume. Nos casos em que a linha cruzava a peça em mais de um ponto, por estar quebrada ou apresentar conformação em curvas, foram efetuadas as medidas referentes às interseções da peça de RLG com a linha de amostragem. Estas medidas dificilmente foram superiores a duas para cada peça, nesses casos. Os resíduos gerados pela abertura das picadas não foram considerados na amostragem.

As peças de RLG registradas, foram classificadas no ato da coleta de dados, de acordo com o respectivo estado de decomposição, representadas pelas classes citadas por Harmon et al (1995). Estas classes de decomposição variaram, do material lenhoso morto mais recentemente (classe 1) ao mais apodrecido (classe 5), de acordo com os seguintes critérios:

Classe 1: material lenhoso constituído por madeira sólida, com folhas e / ou galhos finos unidos a peça principal, sem degradação perceptível;

Classe 2: material lenhoso sólido com casca intacta, porém sem folhas ou galhos finos;

Classe 3: Material lenhoso semelhante ao da Classe 2, exceto pela casca apodrecida;

Classe 4: Material lenhoso um tanto apodrecido que pode ser quebrado quando chutado (pontapés);

Classe 5: Material lenhoso apodrecido, friável, e que pode ser quebrado com as mãos nuas.

As classes de decomposição 1 e 2 são compostas de material lenhoso morto mais recentemente em relação as outras classes.

Materiais utilizados para efetuar as medidas dos RLG:

- bússola: orientação das picadas;
- trena (50 m): posta o mais próximo possível do piso florestal, no centro das picadas;
- fitas métricas / trenas (10 m ): para medir as circunferências ou os diâmetros;
- “go-no-go gage”: para classificar as peças, dentro das classes de diâmetro, já padronizadas;
- fichas de campo;
- fitas de identificação de locais e/ou peças de RLG.

### 3.3 CÁLCULOS

#### 3.3.1 Determinação do Volume dos RLG

Os volumes foram calculados para cada linha de amostragem. A equação aplicada para o cálculo do volume por área, foi desenvolvida por Van Wagner (1968):

VOLUME TOTAL ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ):

$$V = \frac{\pi^2 (\sum d^2)}{8L}$$

Onde

V = Volume ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ );

d = diâmetro das peças RLG que cruzam a linha de amostragem, em cm;

L = comprimento da linha de amostragem, em m.

Esta equação nos fornece a estimativa do volume total do conjunto das peças de RLG para cada linha (1000 m), a partir dos diâmetros das peças medidas por ocasião do levantamento de campo.

#### 3.3.2 Determinação da Necromassa dos RLG

A necromassa foi calculada multiplicando-se os volumes ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) pelas densidades, referentes às classes de decomposição registradas. Os valores de densidade utilizados para o cálculo da necromassa foram: 0,6; 0,7; 0,58; 0,45 e 0,38  $\text{Mg.m}^{-3}$  referentes às classes de decomposição 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente (Keller *et al.* 2004). O resultado da necromassa é medido em  $\text{Mg ha}^{-1}$ . Todos os cálculos foram efetuados utilizando o sistema Microsoft Office Excel 2003.

### 3.3.3 Determinação da Quantidade de Carbono Contida nos RLG

A quantidade de carbono contida em madeiras, considerando o seu peso seco, situa-se em 50% segundo Chambers *et al.* (2000) e Keller *et al.* (2004), em pesquisas realizadas na Amazônia brasileira. Este mesmo índice foi considerado e aplicado como multiplicador constante aos valores de necromassa obtidos de campo.

### 3.3.4 Distribuição dos Diâmetros das Peças de RLG entre as Classes de Frequência.

Foi realizado teste de correlação entre o centro de classes de diâmetro e as respectivas frequências de diâmetro, a partir da distribuição dos diâmetros das peças RLG em classes com amplitude de 10 cm. Também foi realizado o ajuste das informações referentes a estas classes de diâmetro e respectivas frequências ao Modelo Exponencial (Meyer, 1952).

Este modelo foi utilizado por ser um modelo de distribuição decrescente, adequado à distribuição diamétrica de árvores em povoamentos de florestas tropicais. Esta distribuição é denominada como “exponencial negativa”, pois gera uma linha de regressão decrescente, demonstrando que com o aumento da classe de diâmetro das peças de RLG, ocorre a diminuição da frequência destas, nas respectivas classes.

$$N_p = b_0 \times 10^{b_1 D_p}$$

$$\log N_p = \log b_0 + b_1 D_p,$$

onde:

$b_0, b_1$  = coeficientes de regressão,

10 = base do logaritmo decimal,

$N_p$  = número de peças de RLG medidas pela amostragem (6000 m),

$D_p$  = diâmetro das peças de RLG .

#### 3.3.4.1 Cálculo dos Quartis para os Diâmetros Obtidos

Quartil são os três valores que dividem a distribuição em quatro partes iguais (25%, 50% e 75%). Calcula-se os quartis para dados agrupados em classes de frequência, através da equação:

$$Q_i = L_i + h - \frac{(q_i - \text{fac}\uparrow)}{f_i}$$

onde,

$$q_i = i - \frac{(\sum f_i)}{4}$$

$Q_i$  = valor de cada quartil;

$i$  = 1, 2, ou 3;

$L_i$  = limite inferior da classe quartílica;

$h$  = amplitude da classe quartílica;

$q_i$  = posição do elemento quartílico;

$\text{fac}\uparrow$  = frequência absoluta acumulada crescente anterior à classe quartílica;

$f_i$  = frequência absoluta simples da classe quartílica.

### 3.3.5 Relação entre as Classes de Diâmetro e o Volume Correspondente ao Centro de Classe.

A partir dos centros de classe de diâmetro aplicou-se a equação de Van Wagner (1968) para a obtenção dos volumes correspondentes, considerando 6.000m como o comprimento de linha para cada situação estudada. A correlação entre diâmetros e volumes foi testada através da ANOVA, e formulação de equação através da regressão linear.

### 3.3.6 Cálculo do Número Necessário de Unidades Amostrais

Utilizou-se a equação abaixo para o cálculo do número necessário de unidades amostrais, a partir do volume estimado obtido em cada linha de amostragem (método ALI), para as diferentes classes de decomposição, referentes às situações estudadas (FNE e EIR), para atender a um limite de 10%.

$$n = \frac{CV^2 * t^2}{(LE\%)^2}$$

onde,

$n$  - número necessário de unidades amostrais;

CV% - coeficiente de variação (%);

t - valor de t tabelado;

LE% - Limite de erro admissível.

### 3.3.7 Comparação dos Resultados entre as Situações Estudadas (FNE e EIR) Utilizando o Teste t.

#### 3.3.7.1 Comparação entre os Volumes Estimados para Floresta Explorada e Não Explorada Através do Teste t

Para realizar esta comparação, utilizou-se os totais de volume obtidos para cada linha de amostragem, registrados para os respectivos tratamentos (FNE e EIR). Considerou-se para efeito de comparação, os volumes totais de cada tratamento considerando o conjunto das cinco classes de decomposição separadamente e os volumes referentes à cada uma das cinco classes de decomposição, comparando os volumes para cada classe nas duas situações estudadas.

#### 3.3.7.2 Comparação entre as Necromassas Estimadas para Floresta Explorada e Não Explorada.

Efetuiu-se estes cálculos de forma semelhante aos realizados para os volumes.

#### 3.3.7.3 Comparação entre o Conteúdo de Carbono Presente nos RLG, para as Situações Estudadas.

Os resultados foram obtidos através de proporcionalidade, utilizando um índice constante multiplicador para a necromassa, proposto por Fearnside *et al.* (1993) para o cálculo da quantidade de carbono nos dois tratamentos, através da fórmula:

$$C = 0,4930 \cdot NC_{RLG}$$

Onde,

C – quantidade de carbono em Mg ha<sup>-1</sup>

NC – necromassa em Mg ha<sup>-1</sup>

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 FLORESTA NÃO EXPLORADA (FNE)

#### 4.1.1 Distribuição das Peças de RLG nas Classes de Diâmetro

Conforme pode ser visto na Tabela 1, a distribuição das peças de RLG apresenta-se concentrada na primeira classe de frequência de diâmetros (10 cm - 20 cm) com aproximadamente 60% do total. Entre a primeira e a segunda classe de frequência de diâmetros (de 10 a 30 cm), encontram-se 81% do total de peças encontradas. Cerca de 90% das peças ocorreram entre os diâmetros de 10 a 40 cm. O restante são peças com diâmetros iguais ou superiores a 40 cm. Nas tabelas 1 e 2 encontram-se as distribuições das peças RLG, nas classes de diâmetro e em quartis, respectivamente.

Esta concentração destas peças deve-se à ocorrência de partes da copa, como galhos e ramos, que se desprendem das árvores, e mesmo copas de árvores caídas. O número de peças, com diâmetro superior a 40 cm são referentes a resíduos gerados pelos troncos de árvores no piso florestal. Há forte tendência dos diâmetros registrados a formar um “J” invertido, quando em representação gráfica (Figura 5).

A distribuição das peças de RLG, em termos de quartis é apresentada na Tabela 2. O diâmetro médio correspondente ao primeiro quartil (25 % das peças) é igual a 13 cm, situado na classe de diâmetro que varia de 10 a 20 cm, perfazendo o total de 172 peças. De modo semelhante, no segundo quartil (50 % das peças RLG), foram registradas 343 peças, correspondendo à peça média com 17 cm. O resultado do 2º quartil demonstra que 50% das peças de RLG registradas em floresta não explorada, têm diâmetros inferiores a 17 cm, pertencente também, à classe de diâmetro que varia de 10 a 20 cm.

Tabela 1: Distribuição da frequência de peças de RLG em classes de diâmetro para floresta não explorada.

Classes de Diâmetro (cm)	Xi	%	% Acumulada
10 —  20	15,0	59,65	59,65
20 —  30	25,0	21,64	81,29
30 —  40	35,0	10,53	91,81
40 —  50	45,0	3,80	95,61
50 —  60	55,0	2,34	97,95
60 —  70	65,0	1,32	99,25
70 —  80	75,0	0,58	99,85
80 —  90	85,0	0,15	100,00
TOTAL		100	100

Xi, centro de classe de diâmetro das peças de RLG; Fi, frequência para a classe de diâmetro; Fi, frequência acumulada do número de peças RLG, %, percentual de peças referente às classes de diâmetro.

Tabela 2: Distribuição do número das peças de RLG em quartis, referentes às respectivas classes de diâmetros, para floresta não explorada.

Quartis	Diâmetro das peças RLG (cm)	Classe de Diâmetro (cm)	Número de peças RLG (frequência acumulada)
1° quartil	13,64	10 —  20	171,50
2° quartil	17,29	10 —  20	343,00
3° quartil	20,94	20 —  30	514,50

A distribuição dos diâmetros das peças de RLG, no piso florestal, assemelha-se à distribuição dos diâmetros dos troncos das árvores de pé em florestas tropicais (Figura 5). Esta distribuição é conhecida como “J” invertido, onde as menores classes de diâmetro apresentam maior ocorrência (frequência). A distribuição de peças de RLG em povoamentos florestais sem atividade antrópica é semelhante à distribuição de diâmetros em igual situação, como é demonstrado no resultado do ajuste da Equação de Meyer às informações de diâmetro deste trabalho.

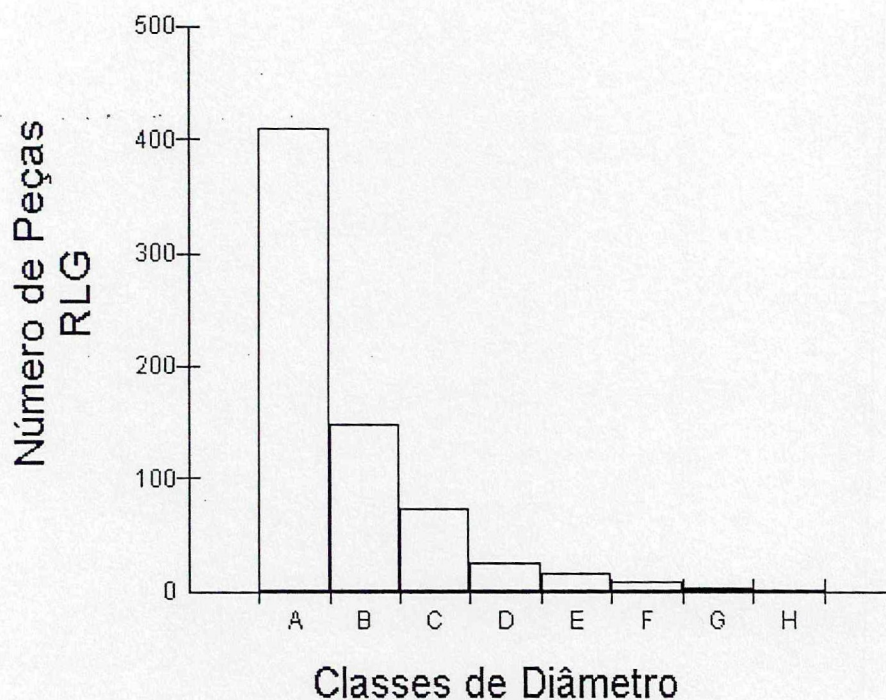


Figura 5: Distribuição das classes de diâmetro dos RLG em floresta não explorada (amostragem em 6000 m). Classes de Diâmetro: A (10 —| 20); B (20 —| 30); C (30 —| 40); D (40 —| 50); E (50 —| 60); F (60 —| 70); G (70 —| 80); H (80 —| 90).

#### 4.1.2 Ajuste ao Modelo Exponencial de Meyer (1952)

O Modelo Exponencial de Meyer, que explica a distribuição de diâmetros em florestas tropicais, ajustou-se, com alto índice de correlação à distribuição das peças de RLG no piso florestal (Tabela 3, Figura 6). Este modelo se ajusta a florestas dissetâneas, ajustou-se com alto índice de determinação aos dados de RLG ( $R^2 = 0,9872$ ;  $F = 461,8514$ ;  $p < 0,01$ ).

A equação resultante com as informações de campo foi:

$$\log N_p = 3,0800 - 0,0346D_p$$

onde,

$\log$  = logaritmo decimal;

$N_p$  = numero de peças de RLG (frequência);

$D_p$  = diâmetro das peças de RLG;

O coeficiente de determinação da equação indica que 98,50% da variação do número de peças é explicado pelo tamanho das peças (classes de diâmetro). Os dados estão em média 7,7238% dispersos em torno da linha de regressão ajustada, conforme o coeficiente de variação da equação.

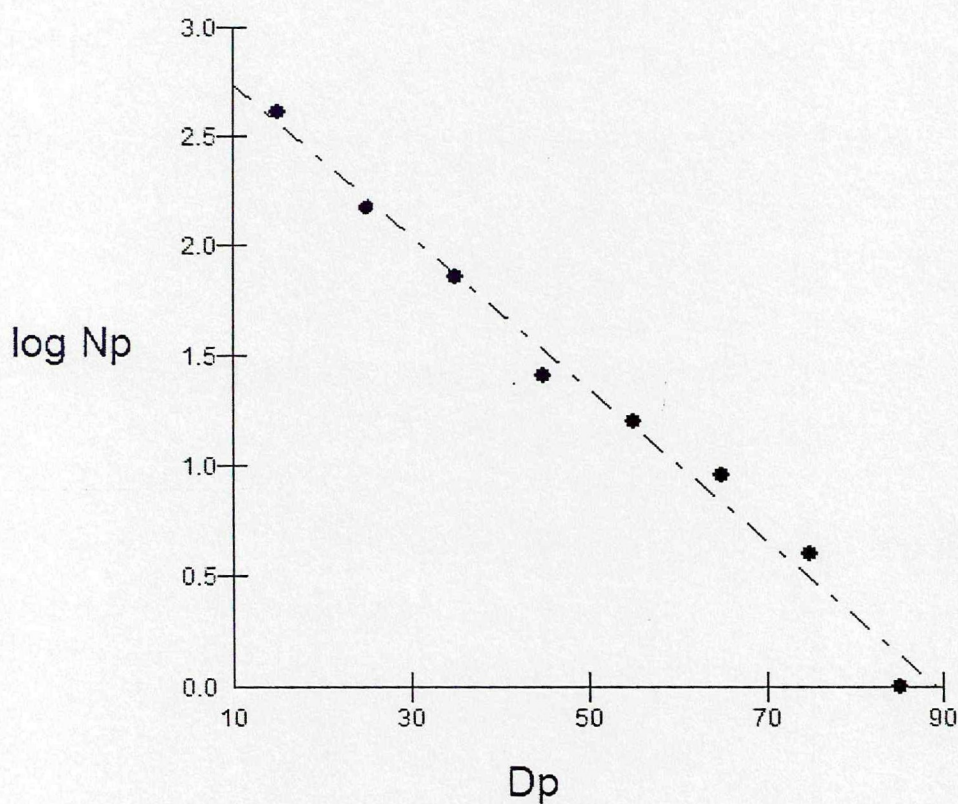


Figura 6: Representação gráfica da distribuição das peças de RLG em relação às classes de diâmetro de acordo com o Modelo Exponencial de Meyer, em floresta não explorada, onde  $\log N_p$  é o logaritmo da frequência das peças de RLG e  $D_p$  o diâmetro em centímetros, das peças de RLG.

Tabela 3: Ajuste ao modelo de Regressão para a estimativa do número de peças de RLG em função do diâmetro destas em florestas não exploradas.

Modelo	Autor	Coefficientes	F	R <sup>2</sup> (%)	CV%
Exponencial	Meyer	$b_0 = 3,0800$	$F = 461,8514$	98,50	7,7238%
		$b_1 = - 0.0346$	$P < 0.001$		

Y = número de peças RLG

X = diâmetro das peças RLG

#### 4.1.3 Distribuição Diamétrica do Volume de RLG

Os volumes listados na Tabela 4, foram calculados através da equação de Van Wagner (1968), a partir dos valores de diâmetros correspondentes aos centros de classe de distribuição dianteira, e ajustados à equação de regressão linear. As três primeiras classes de diâmetro (10 a 40 cm) detêm a maior concentração de volume de RLG registrados em levantamento de campo. A curva assemelha-se à relativa distribuição de volumes por classe de diâmetro em povoamentos florestais (Figura 7).

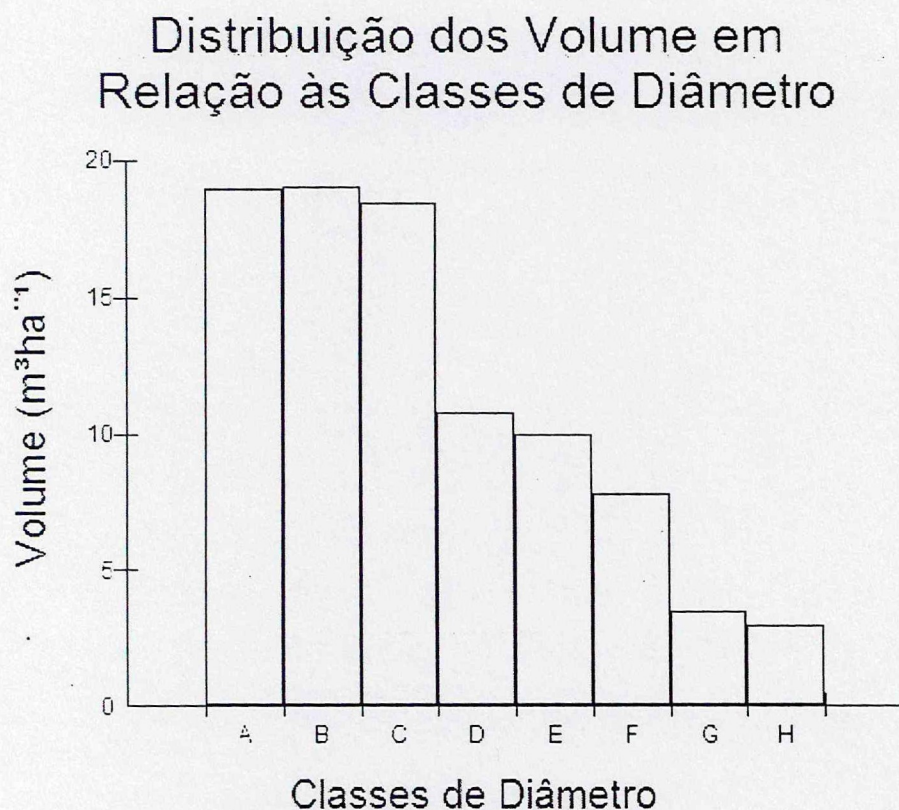


Figura 7: Distribuição dos volumes por classe de diâmetro dos RLG em floresta não explorada (amostragem em 6000 m). Classes de Diâmetro: A (10 —| 20); B (20 —| 30); C (30 —| 40); D (40 —| 50); E (50 —| 60); F (60 —| 70); G (70 —| 80); H (80 —| 90).

#### 4.1.4 Ajuste de um Modelo de Regressão ao Volume de RLG

Através de ajuste à equação de regressão linear, demonstrou-se a correlação entre os volumes calculados através da equação de Van Wagner (1968) e as classes de diâmetro correspondentes. Este ajuste obteve alto índice de determinação ( $R^2 = 93,81\%$ ;  $F = 91,0557$ ;  $p < 0,01$ ; Tabela 4; Figura 8), demonstrado assim o grau de correlação explicado pelo modelo ajustado.

Equação de Regressão:

$$V_{RLG} = 24,6091 - 0,2640 \cdot D_{RLG},$$

onde,

$V_{RLG}$  - Volume calculado para o diâmetro do centro de classe

$D_{RLG}$  - Diâmetro do centro de classe

Nas duas menores classes de diâmetro (10 a 20 cm e 20 a 30 cm), concentram-se aproximadamente 41 % de todo o volume de RLG, sendo que o volume estimado para classe de 10 a 20 cm correspondente a 20,7 % do volume dos RLG presentes no piso florestal. As três primeiras classes de diâmetro concentram mais de 60% de todo o volume encontrado em floresta não explorada. O volume referente às classes de diâmetro superiores a classe de 40 a 50 cm, detém aproximadamente 38 % do volume encontrado, e corresponde a  $35 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ .

O ajuste dos dados da Tabela 4 à Equação de Regressão acima é ilustrada na Figura 8. Percebe-se que de acordo com esta equação os resultados são distintos em três grupos: os centros de classe (15, 25 e 35 cm) que concentram os maiores volumes - na ordem de 18 e  $19 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  respectivamente. Um outro grupo, cujos centros de classes de diâmetro são 45, 55 e 65cm, cujos volumes variam de 8 a  $10 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ . E por fim, as classes com os maiores diâmetros - 75 e 85 cm, cujos volumes são os menores (em torno de  $3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ ).

Originalmente, esta equação é utilizada para estimar o volume resultante para cada linha de amostragem, no método ALI. Os resultados obtidos com o centro de classe de diâmetro, aproximam-se dos resultados em termos de valores da média obtidos por linha de amostragem para a situação FNE, cujo volume médio foi igual a  $82,84 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  para o conjunto das linhas. Aplicando-se esta equação ao centro de classe de diâmetro, o volume estimado foi  $91,27 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ . Este cálculo não é tendencioso, pois a base são as informações coletadas em levantamento de campo - os diâmetros, no método de amostragem por linha interceptadora

(ALI). Deve-se, em trabalhos futuros, realizar-se o ajuste das diversas alternativas de uso desta equação para o cálculo de volumes, à partir dos diâmetros coletados, uma vez que o resultado final é estimado, mas não diferente significativamente dos obtidos quando medidos os diâmetros e comprimentos das peças RLG, em blocos retangulares, como demonstraram Brown (1974) e Van Wagner (1968).

Tabela 4: Volume dos RLG distribuídos por classe de diâmetro correspondente para floresta não explorada

Classes de Diâmetro (cm)	Volume (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	%	% Acumulada
10 —  20	18,95	20,7	20,7
20 —  30	19,05	20,8	41,5
30 —  40	18,42	20,1	61,6
40 —  50	10,84	11,8	73,5
50 —  60	9,97	10,8	84,3
60 —  70	7,83	8,5	92,9
70 —  80	3,47	3,7	96,7
80 —  90	2,97	3,2	100,0
TOTAL	91,50	100	100

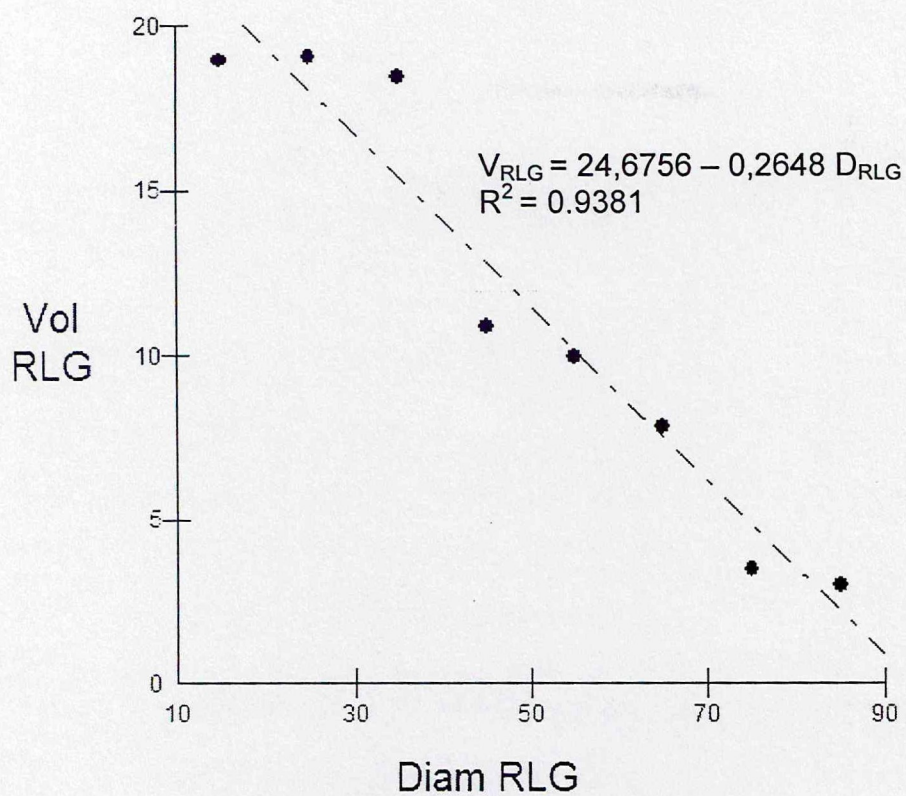


Figura 8: Gráfico representando o ajuste da equação  $V_{RLG} = 24,6756 - 0,2648 * D_{RLG}$ , para classes de diâmetros e respectivos volumes em floresta não explorada

## 4.2 FLORESTA EXPLORADA (EIR)

### 4.2.1 Distribuição das Peças de RLG nas Classes de Diâmetro

Conforme pode ser visto nas Tabela 5 e 6, a distribuição dos diâmetros das peças de RLG, apresenta-se concentrada nas duas primeiras classes de frequência: de 10 a 20 cm e de 20 a 30 cm (em torno de 80% do total das peças). A classe de diâmetro de 30 a 40 cm detém aproximadamente 10% e as superiores a 40 cm em torno de 8% das peças de RLG. Isto indica que os RLG com diâmetros superiores as 40cm são retirados da floresta após a exploração, restando apenas uma pequena parcela. Não se considerou nesta distribuição de frequências, as classes de decomposição das peças de RLG segundo Harmon *et al* (1995).

Na distribuição por quartis em EIR, o primeiro e o segundo quartis corresponderam à classe de diâmetro de 10 a 20 cm. O terceiro quartil correspondeu a peça com 20,94 cm, próximo ao limite inferior da classe de diâmetros de 20 a 30 cm. Portanto, 25% das peças de RLG registradas em EIR, neste trabalho, têm diâmetro superior a 20,94 cm.

A distribuição dos diâmetros das peças de RLG é semelhante nas duas situações – FNE e EIR, em termos percentuais, por classes de diâmetro e em termos de quartis, em que há elevada percentagem de peças com menores diâmetros. Esta percentagem diminui sensivelmente com o respectivo aumento da classe de diâmetro.

As peças com diâmetro inferior a 40 cm, perfazem 92 e 91,56%, para FNE e EIR, respectivamente. Nas duas situações, a frequência das peças de 10 a 20 cm ficou em torno de 60% , as de 20 a 30 cm em torno de 20% do total e as de 30 a 40 cm em torno de 10,50%. As classes de diâmetros superiores a 40 cm detêm aproximadamente 8% do total de peças de RLG, encontradas nas duas situações (tabelas 1 e 5) .

Em termos de quartis, a distribuição das peças de RLG também foi semelhante nas duas situações - FNE e EIR (tabelas 2 e 6). Em FNE o primeiro quartil correspondeu a 13,64 cm, enquanto que em EIR, este correspondeu a 12,50 cm. O segundo quartil correspondeu a 17,29 cm em FNE, e a 15,00 cm em EIR. Nas duas situações os dois primeiros quartis estão na classe de diâmetro de 10 a 20 cm. O terceiro quartil, nas duas situações, correspondeu à classe de diâmetro de 20 a 30 cm, cuja dimensão está próxima ao limite inferior da classe.

Tabela 5: Distribuição das peças de RLG nas classes de diâmetro para floresta sob exploração de impacto reduzido (EIR).

Classes de Diâmetro	Xi	%	% <sub>acumulada</sub>
10 —  20	15	60,76	60,76
20 —  30	25	20,34	81,11
30 —  40	35	10,44	91,56
40 —  50	45	4,49	96,05
50 —  60	55	2,56	98,62
60 —  70	65	0,64	99,26
70 —  80	75	0,27	99,54
80 —  90	85	0,18	99,72
90 —  100	95	0,27	100

Xi, centro de classe de diâmetro das peças RLG; %, percentual de peças referente às classes de diâmetro; % acumulada do número de peças RLG.

Tabela 6: Distribuição do número das peças de RLG em quartis, referentes às respectivas classes de diâmetros (EIR).

Quartil	Diâmetro das peças RLG (cm)	Classe de Diâmetro (cm)	Número de peças RLG (frequência acumulada)
1º quartil	17.90	10 —  20	272.75
2º quartil	21.68	20 —  30	545.5
3º quartil	30.26	30 —  40	818.25

#### 4.2.2 Ajuste ao Modelo Exponencial de Meyer

O Modelo Exponencial de Meyer (Meyer, 1952), ajustou-se com alto índice de determinação aos dados de RLG para floresta explorada sob impacto reduzido ( $R^2 = 0,9546$ ;  $F = 147,2337$ ;  $p < 0,01$ ) Coeficiente de Variação = 14,99%). O resultado do ajuste da Equação de Meyer (1952) para as classes de diâmetro e as respectivas frequências das peças de RLG foi:

$$\log Y = 3,1739 - 0,0325 Dp$$

onde,

Y = Frequência das peças de RLG para determinada classe de diâmetro na amostragem de 6000 m de linhas;

Dp = Diâmetro das peças de RLG.

O coeficiente de determinação da equação indica que 95,46% da variação do número de peças de RLG é explicado pelas dimensões das peças representadas pelas respectivas classes de diâmetros. Todas as informações pertinentes encontram-se na Tabela 7.

As peças de RLG estão distribuídas ao longo da curva de forma regular, nas quatro menores classes de diâmetro. A partir da quinta classe, cujo centro é igual a 55 cm, há redução do número de peças. Foram registradas poucas peças das maiores classes de diâmetro. Esta curva demonstra que em exploração florestal com utilização de técnicas para redução de impactos, a relação de classes de diâmetros de RLG e as respectivas frequências, são semelhantes às encontradas em florestas não exploradas, em termos de tendência da curva de Regressão. Faz-se necessário testar esta metodologia (ALI e Modelo Exponencial de Meyer, 1952) em outros métodos de exploração florestal, para observar-se o ajuste ou não deste modelo, desenvolvido para povoamentos florestais e que pode ser utilizado em estimativas de RLG, quanto à distribuição de diâmetros. A curva da distribuição de diâmetros relativos aos logaritmos das frequências, pode ser observada na Figura 9.

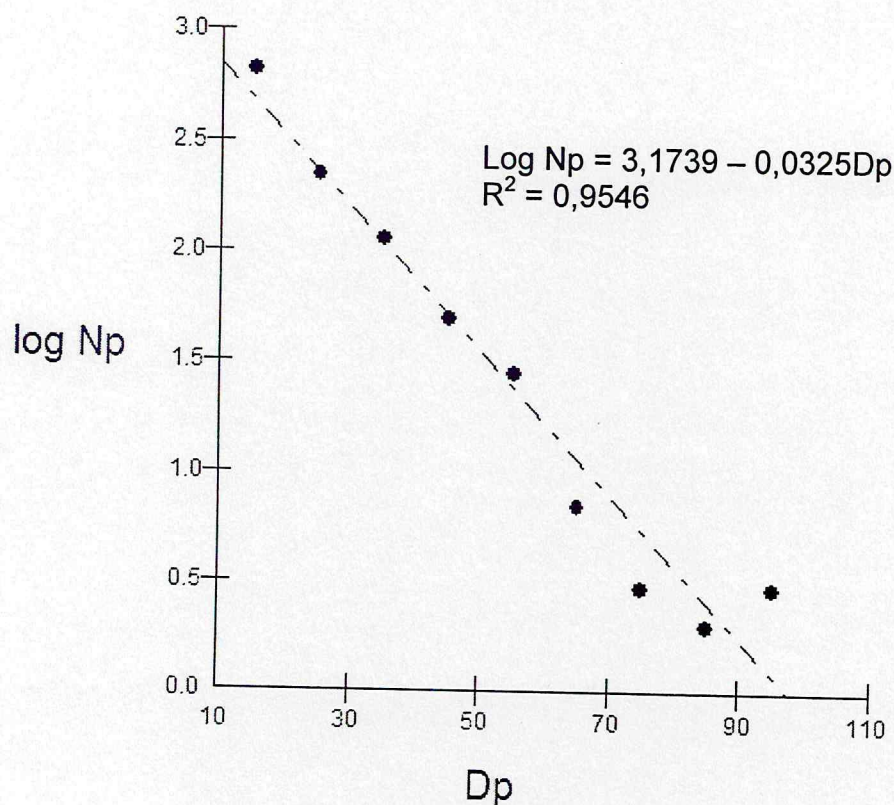


Figura 9: Representação gráfica da distribuição das peças de RLG para a situação de EIR, em relação às classes de diâmetro de acordo com o Modelo Exponencial de Meyer (1952), onde log Np é o logaritmo da frequência e Dp o diâmetro em centímetros, das peças de RLG.

Tabela 7 Ajuste ao modelo de Regressão para a estimativa do número de peças de RLG em função do diâmetro destas em floresta explorada (EIR).

Modelo	Autor	Coefficientes	F	R² (%)	CV%
Exponencial	Meyer	$b_0 = 3,1739$	$F = 147,2337$	95,46	14,99%
		$b_1 = - 0.0325$	$P < 0,01$		

Y = número de peças RLG

X = diâmetro das peças RLG

O resultado da aplicação da Equação de Meyer (1952) à distribuição de diâmetros em floresta explorada sob métodos de redução de impactos, apresentou número de peças de RLG semelhantes ao da frequência observada, exceto a primeira classe que apresentou elevado número de peças. Deve-se isto à concentração de peças inferiores a 20 cm de diâmetro, principalmente as de origem de copas de árvores, haja vista a intensidade de exploração na Unidade de Trabalho nº. 05 (PMFS da JURUÁ FLORESTAL).

### 4.2.3 Distribuição Diamétrica de Volume de RLG

De forma semelhante ao item 4.1.3, os volumes foram calculados através da equação de Van Wagner (1968), a partir dos valores de diâmetros correspondentes aos centros de classe de distribuição dianteira, e ajustados à equação de regressão linear. Foi demonstrado o grau de correlação explicado pelo modelo ajustado, através do índice de determinação ( $R^2 = 89,54\%$ ;  $F = 59,9012$ ;  $p < 0,01$ ;  $CV\% = 25,25\%$ , Tabela 7; Figura 10)

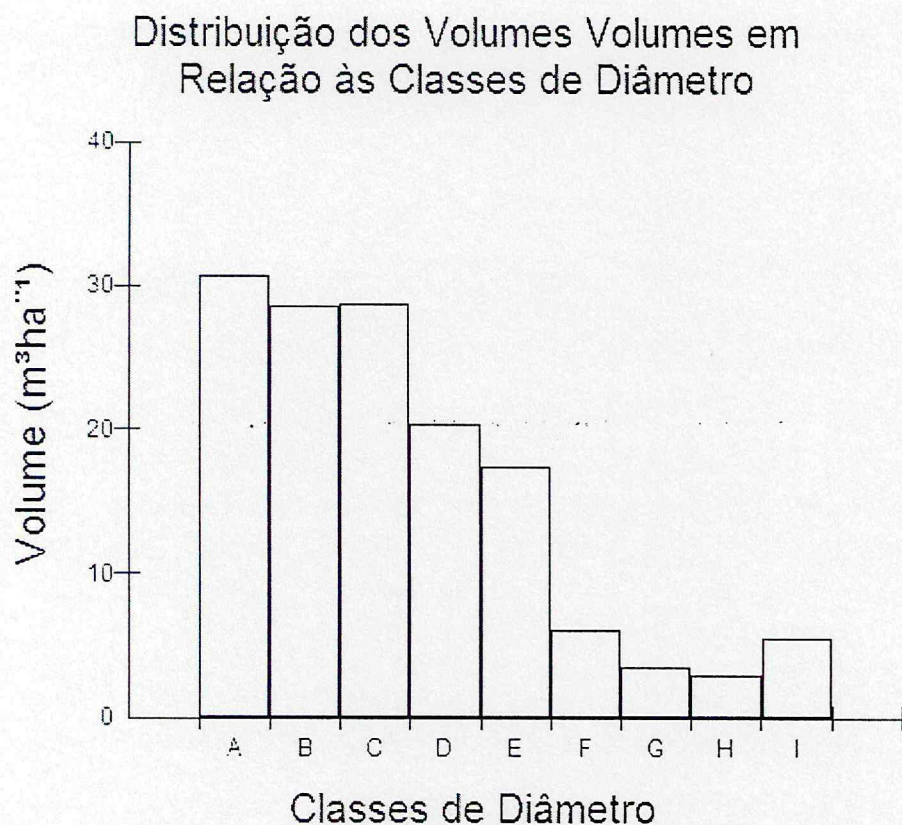


Figura 10: Distribuição dos volumes por classe de diâmetro dos RLG em floresta explorada (amostragem em 6000 m). Classes de Diâmetro: A (10 —| 20); B (20 —| 30); C (30 —| 40); D (40 —| 50); E (50 —| 60); F (60 —| 70); G (70 —| 80); H (80 —| 90); I (90 —| 100).

#### 4.2.4 Ajuste de um Modelo de Regressão ao Volume de RLG

Equação de Regressão:

$$V_{RLG} = 38,1149 - 0,4028 * D_{RLG}, \text{ onde}$$

$V_{RLG}$  - Volume calculado para o diâmetro do centro de classe;

$D_{RLG}$  - Diâmetro do centro de classe

A partir dos diâmetros das peças de RLG obtidos pelo método de ALI, pode-se projetar a viabilidade de aproveitamento dos RLG, tendo em vista o diâmetro-alvo referente às formas de utilização (Tabela 8). Deve-se considerar as classes de decomposição predominante das classes de diâmetro escolhidas. A representação gráfica do volume obtido pela equação de regressão encontra-se na Figura 11.

Assim como nos resultados para a situação de FNE, para EIR não há como comparar os resultados aqui apresentados com outros, pois estes parâmetros descritos nos itens 4.1.2.1, 4.1.2.1, 4.1.2.4, 4.1.2.5 não foram testados anteriormente em outros estudos.

Tabela 8: Volume dos RLG distribuídos por classes de diâmetro correspondentes, para a situação de exploração de impacto reduzido.

CENTRO DE CLASSE (cm)	VOLUME (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	%	% acumulada
15	30,64	21,32	21.33
25	28,501	19,83	41.16
35	28,68	19,96	61.13
45	20,38	14,18	75.31
55	17,39	12,10	87.42
65	6,07	4,22	91.65
75	3,46	2,41	94.06
85	2,96	2,06	96.13
95	5,56	3,87	100,00

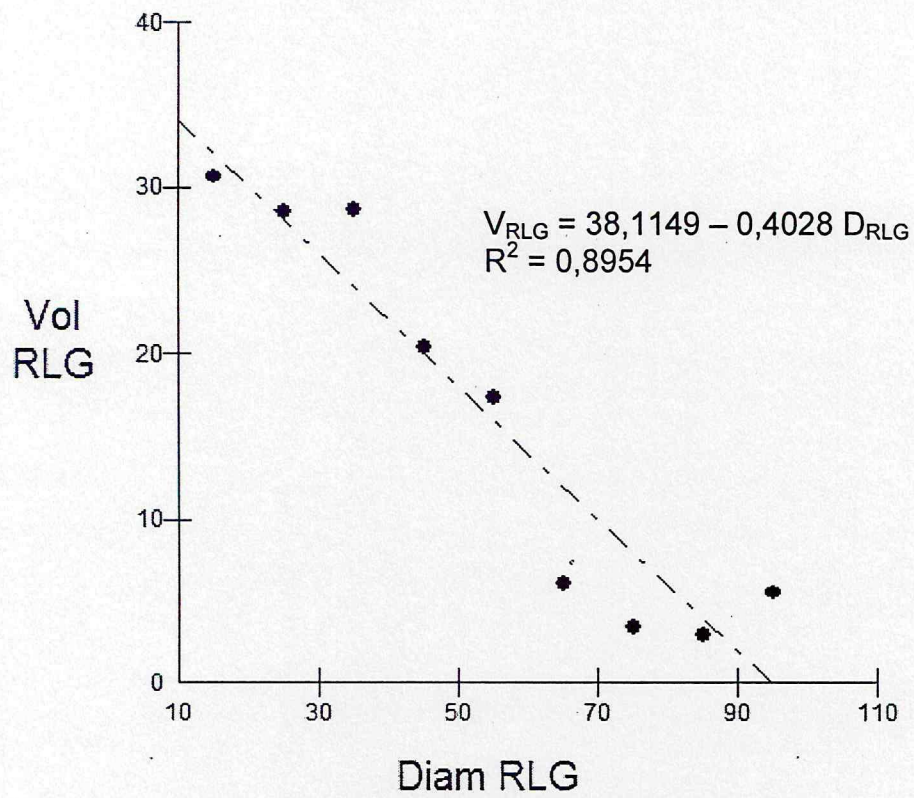


Figura 11: Gráfico representando o ajuste da equação  $V_{RLG} = 38,1149 - 0,4028 \cdot D_{RLG}$ , para classes de diâmetros e respectivos volumes em situação de exploração de impacto reduzido.

### 4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS VOLUMES ESTIMADOS PARA AS SITUAÇÕES DE FNE E EIR

As médias dos volumes de RLG, tanto para floresta não explorada, como para floresta explorada através de técnicas de redução de impactos, e ainda considerando as classes de decomposição, foram comparadas através do teste t (Tabela 9).

Tabela 9: Comparação entre os volumes de RLG em FNE e EIR total e por classe de decomposição.

Classe de decomposição	Volume – (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )			
	FNE	EIR	t	P
Todas as Classes	82,84	137,18	2,75*	0,02
1	1,72	4,86	1,26 <sup>NS</sup>	0,23
2	2,68	8,93	2,27*	0,04
3	44,63	58,26	1,06 <sup>NS</sup>	0,31
4	26,16	52,25	3,24**	0,00
5	7,61	9,37	0,38 <sup>NS</sup>	0,71

Como se poderia esperar, há diferença significativa entre o volume de RLG entre FNE e EIR. Esta última devido ao acréscimo de resíduos gerados pela exploração àqueles criados naturalmente. No entanto, quando se consideraram as classes de decomposição, alguns resultados não seguiram a mesma tendência, como o da classe 1 por exemplo, cujo volume em EIR é quase o triplo do volume estimado para FNE.

A grande variabilidade observada na estimativa dos volumes de RLG segundo as classes de decomposição é um fator decisivo nos resultados inesperados quando se comparou as médias pelo teste t. A variabilidade nas classes de decomposição, expressa pelo coeficiente de variação, foi de 41% - 127% para FNE e 31% - 116% para EIR. Quando todas as classes foram consideradas em conjunto, a variabilidade foi relativamente menor, 36% para FNE e apenas 10% para EIR (Tabela 10).

Tabela 10: Número necessário de unidades amostrais (n), para obter precisão de 10% dos resultados referentes aos volumes, para o conjunto de classes de decomposição e de cada uma classe separadamente.

Situação Classe de Decomposição	FNE			EIR		
	Médias (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Coefficiente de Variação	n	Médias (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Coefficiente de Variação	n
Todas as Classes	82,84	36,74	54	137,18	10,81	5
1	1,72	127,53	651	4,86	116,41	542
2	2,68	63,94	164	8,93	96,4	372
3	44,63	43,53	76	58,26	41,99	71
4	26,16	41,44	69	52,25	31,47	40
5	7,61	77,87	243	9,37	102,56	421

A intensidade de amostragem foi pequena para obter estimativa de RLG em precisão aceitável. Em geral, recomenda-se, para caso da variável volume, que o limite de erro esteja em torno de 10%.

Partindo-se desta premissa foram calculados os números de unidades de amostras necessários para atender àquele limite de erro. Para FNE o número variou de 69 – 651 unidades de amostra (U. A.) para as diferentes classes de decomposição, e seriam necessárias 54 U. A. quando se considera o conjunto das classes de decomposição (Tabela 9).

Para EIR, considerando o conjunto de classes de decomposição, o número necessário foi até inferior ao aplicado nestes trabalhos. No entanto, ao se considerar as classes de decomposição, a amostragem foi muito ineficiente: o número de amostras variou de 40 – 542 (Tabela 9).

O volume médio, para cada tratamento, nas 4 unidades de trabalho amostradas, variou de 77,43 - 88,25 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, para FNE e de 126,20 – 148,17 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> para EIR (Tabela 10). A diferença da quantidade de volume de RLG entre as situações de FNE e EIR, demonstra o efeito da exploração florestal na produção de RLG.

Clark et al (2002) em levantamento utilizando amostragem por blocos na Estação Biológica La Selva, na Costa Rica, encontraram volumes variando de 91 135 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, em situação de floresta não explorada. As condições edáficas foram fatos determinantes para a avaliação observada.

O volume médio, para cada tratamento, nas 4 unidades de trabalho amostradas, variou de 77,43 a 88,25 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, para FNE e de 126,20 a 148,17 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> para EIR (Tabela 11). A diferença da quantidade de volume de RLG, calculada a partir dos dados de campo, entre as suas situações, demonstra o efeito da exploração florestal na produção de RLG.

Clark *et al* (2002), quantificou RLG na Estação Biológica de La Selva, na Costa Rica, e encontrou volumes de 91,1, 99,3, 135,6 e 108,6  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ , em condições de floresta não explorada por tratar-se de área de conservação. Os tratamentos considerados neste estudo foram as condições edáficas. A metodologia foi a Amostragem por Blocos.

Keller *et al* (2004) quantificou volumes que variaram de 103 a 146  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  em florestas não exploradas e de 103 a 179  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  em área sob exploração de impacto reduzido (Tabela 12). A metodologia utilizada foi Amostragem por Linha Interceptadora (ALI), similar à utilizada no trabalho.

Tabela 11: Volume médio de RLG por UT, quantificado na Fazenda Santa Marta, Moju, Pará, Brasil.

TRATAMENTO	UT	VOLUME ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )	ERRO PADRÃO	CV%
FNE	01	77,43	23,56	52,72
FNE	09	88,25	13,68	26,86
EIR	04	126,20	10,20	14,00
EIR	05	148,17	30,06	36,06

Tabela 12: Volumes médios de RLG por unidade de amostra em diferentes locais situados no Estado do Pará, Brasil.

Local	Tratamento	Comprimento do Transecto (m)	Volume dos RLG ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ )
Moju	FNE	6.000	82
Cauaxi	FNE	5.930	109
Tapajós	FNE	6.050	108
Moju	EIR	6.000	137
Cauaxi	EIR	5.780	141
Tapajós	EIR	5310	154

As informações sobre Cauaxi e Tapajós, tem como fonte Keller *et al* (2004). As informações sobre Moju são as deste trabalho.

A quantidade superior de RLG produzida em EIRnos sítios de Cauaxi e Tapajós, é reflexo da intensidade de exploração florestal nesses locais. Nos primeiros, a intensidade e exploração foi da ordem de 25 a 30  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$  em toras (Keller *et al*, 2004), enquanto que em

Moju a média foi de  $15 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ . A menor produção de RLG na floresta explorada, decorrente da menor intensidade de exploração nos diferentes locais está relacionada à fitofisionomia e à menor produção de biomassa florestal nestes sítios, resultando em menor número de interesse comercial, com diâmetro compatível à exploração e ao processamento mecânico.

Este mesmo princípio aplica-se à floresta não explorada, pois havendo menor produção de matéria viva, haverá também menor produção de RLG, como observado na Tabela 11.

#### 4.4 COMPARAÇÃO ENTRE AS NECROMASSAS ESTIMADAS NAS SITUAÇÕES FNE E EIR

As médias da necromassa dos RLG, tanto para floresta não explorada, como para floresta explorada através de técnicas de redução de impactos, e ainda considerando as classes de decomposição, foram comparadas através do teste t (Tabela 13).

Os valores de necromassa calculados, mantêm a proporcionalidade com os dos volumes estimados devido serem produto destes pelas respectivas densidades, referentes às classes de decomposição. Os valores calculados do teste t, portanto, são semelhantes aos calculados obtidos para os volumes totais e para cada classe de decomposição, representados pela diferença altamente significativa (\*\*) em necromassa total em FNE e EIR, para todas as classes de decomposição, e para a classe de decomposição 4. As classes de decomposição 1, 2, 3 e 5 não apresentaram diferença significativa, quando comparadas neste teste, devido à grande variabilidade observada nas estimativas de necromassa, segundo as classes de decomposição, já descrito no item 4.3.

Tabela 13: Comparação entre os resultados de necromassa dos RLG, das situações FNE e EIR, suas respectivas médias, através do Teste t.

Classe de decomposição	Necromassa – (Mg ha <sup>-1</sup> )		Teste t	
	FNE	EIR	t	P
Todas as Classes	57,40	93,76	2,80**	0,01
1	1,03	2,91	1,26 <sup>NS</sup>	0,23
2	1,87	8,66	1,97 <sup>NS</sup>	0,07
3	25,88	30,80	1,06 <sup>NS</sup>	0,30
4	11,77	23,51	3,24**	0,00
5	2,89	3,55	0,38 <sup>NS</sup>	0,71

A média da necromassa dos RLG, estimada neste trabalho para floresta não explorada, foi igual a 57,40 Mg.ha<sup>-1</sup>, enquanto para situação de EIR foi igual a 93,76 Mg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 12). Nascimento *et al* (2002), estimaram a necromassa de RLG com diâmetros superiores a 10 cm, em floresta tropical úmida de terra-firme não explorada, a 80 Km de Manaus – AM, em 20 blocos de 1 ha cada, cujo resultado foi 31,0 ± 7,7 Mg.ha<sup>-1</sup>. Clark *et al* (2002), estimaram a necromassa em floresta tropical primária na Estação Biológica La Selva - Costa Rica, cujos valores médios são: 38,5, 42,2, 58,2 e 46,3 Mg.ha<sup>-1</sup>, em levantamento de amostras convencionais (blocos). Keller *et al* (2004) utilizando o método ALI, estimaram valores médios de necromassa em 50,5 e 59,9 Mg.ha<sup>-1</sup> em Cauaxi e 49,7 e 51,8 Mg.ha<sup>-1</sup> na Flona Tapajós para FNE, e 74,0 e 75,5 Mg.ha<sup>-1</sup> em Cauaxi e 83,1 e 62,4 Mg.ha<sup>-1</sup> em Tapajós, ambos no Estado do Pará, Amazônia Brasileira.

#### 4.5 COMPARAÇÃO ENTRE A QUANTIDADE DE CARBONO ESTIMADA NAS SITUAÇÕES DE FNE E EIR

As médias das estimativas da quantidade de carbono dos RLG, tanto para floresta não explorada, como para floresta explorada através de técnicas de redução de impactos, e ainda considerando as classes de decomposição, foram comparadas através do teste t (Tabela 13), de forma semelhante às médias dos volumes e das necromassas.

A quantidade de carbono estimada para os dois tratamentos, é proporcional a da necromassa, haja vista que é produto do conteúdo de carbono pela necromassa. Esta proporcionalidade de valores, explica a similaridade dos resultados dos Testes t para comparação entre as quantidades de necromassa e carbono. As classes de decomposição que apresentaram diferença entre tratamentos nestes testes, são o conjunto de classes e a classe 4, cujas diferenças são altamente significativas.

Tabela 14: Resultados da comparação entre as quantidades de carbono dos tratamentos FNE e EIR, em suas respectivas médias e através do Teste t.

Classes de Decomposição	Carbono –Médias (Mg ha <sup>-1</sup> )		Teste t	
	FNE	EIR	t	p
Todas as Classes	28,30	46,23	2,80**	0,01
1	0,51	1,44	1,26 <sup>NS</sup>	0,23
2	0,92	4,27	1,97 <sup>NS</sup>	0,07
3	12,76	16,67	1,07 <sup>NS</sup>	0,30
4	5,80	11,59	3,24**	0,01
5	1,41	1,75	0,38 <sup>NS</sup>	0,71

A diferença não significativa entre as quantidades de carbono é devida a grande variabilidade das estimativas que formaram as médias presentes na Tabela 13, à semelhança das comparações entre os volumes e necromassas nas situações estudadas - FNE e EIR, já referidas nos itens 4.3 e 4.2.

A quantidade de carbono estimada neste trabalho foi, em valores médios 28,30 e 46,23 Mg.ha<sup>-1</sup> para floresta não explorada e para explorada sob técnicas de redução de impactos, respectivamente. Nascimento *et al* (2001), estimaram estoque de carbono de 31 Mg ha<sup>-1</sup> a 80 Km ao Norte de Manaus (Amazônia Central) em fragmento de 100 ha de floresta primária de terra-firme, em amostragem convencional (20 blocos de 1 ha). Rice *et al* (2004) estimaram a quantidade de carbono 43,30 Mg ha<sup>-1</sup>, para RLG com diâmetro superior a 10 cm em floresta não explorada localizada na Flona Tapajós (Santarém, Amazônia Central), em levantamento de campo pelo método ALI.

A emissão de carbono para a atmosfera devido a decomposição da necromassa, estimada por Chambers *et al* (2000), é na proporção de 0,13 a 0,17 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (meia vida de 4,1 a 5,3 anos) do carbono presente nos RLG. Isto representa que na situação específica, da

área florestal explorada sob métodos de impacto reduzido amostrada neste trabalho, serão emitidas em um ano após o levantamento de campo, um máximo de  $7,96 \text{ Mg Cha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

## 5. CONCLUSÕES:

- 1 – A metodologia utilizada – Amostragem por Linha Interceptadora, apresentou resultados confiáveis na estimativa dos volumes, quando consideradas todas as classes de decomposição, e também nas estimativas de frequência dos diâmetros das peças de RLG.
- 2 - A metodologia utilizada – ALI, exige número elevado de unidades amostrais, para atender a um limite de erro de 10%, na estimativa do volume dos RLG, quando consideradas separadamente as classes de decomposição.
- 3 - As classes de diâmetros das peças RLG estão ajustadas às respectivas frequências, para florestas não exploradas e florestas exploradas sob impacto reduzido, através do Modelo Exponencial de Meyer (1952).
- 4 – Os centros de classe de diâmetro são ajustáveis aos respectivos volumes obtidos pelo método ALI, através de um modelo de regressão, para florestas não exploradas e florestas exploradas sob impacto reduzido.
- 5 – A produção de resíduos lenhosos em termos de volume de RLG, em condição de floresta explorada, é significativamente superior à da floresta não explorada.
- 6 – A quantidade de necromassa total, é maior em floresta explorada (EIR).
- 7 – O estoque de carbono disponível é maior em floresta explorada (EIR).

## 6. RECOMENDAÇÕES

- 1 – Realização de estudos para o ajuste de equações para cálculo de volume de resíduos lenhosos grossos às condições das fitofisionomias das florestas localizadas na Amazônia brasileira, principalmente em relação à Floresta Ombrófila Densa.
- 2 – Realização de estudos sobre os efeitos do acréscimo da quantidade de RLG sobre o solo em termos de aumento de necromassa e ciclagem de nutrientes no ecossistema.
- 3 - Realização de estudos sobre a utilização racional dos resíduos lenhosos grossos, para a geração de emprego e renda, e diminuição da emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera.
- 4 - Realização de estudos sobre a comercialização dos créditos de carbono contido nos resíduos lenhosos grossos, a partir de sua utilização.
- 5 - Realização de estudos sobre técnicas de amostragem de RLG, especialmente visando a sua utilização como material para geração de energia para siderúrgicas e outros fins.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIN, P. T. Agricultura apropriada para o uso contínuo dos solos na região Amazônica. Espaço, Ambiente e Planejamento, Rio de Janeiro, V. 2, p. 3-71, 1990.

ANDERSON NH, SEDELL JR, ROBERTS LM, AND TRISKA, FJ (1978). The Role of Aquatic Invertebrates in Processing Wood Debris in Coniferous Forest Streams. *American Midland Naturalist* 100 :64-82

BAILEY. G. R. 1970. A simplified method of sampling logging residue. *Forestry Chronicle* 46: 288 - 294

BAILLIE, B. R.; CUMMINS, T. L.; KIMBERLEY, M. O. Measuring woody debris in the small streams of New Zealand's pine plantations. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol. 33, N. 1: 87-97, 1999.

BARRETO, P., AMARAL, P., VIDAL, E & UHL, C. (1990). Costs and Benefits of Forest Management for Timber Production in Eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 108: 9-26

BC MINISTRY OF FORESTS. 2000. Vegetation resources inventory — ground sampling procedures. Resources Inventory Branch, BC Ministry of Forests, Victoria, BC. 313p.

BROWN, J.K. (1974) Handbook for Inventory Downed Woody Material. USDA Forest Service, Ogden, Utah.

CAZA, C.L. 1993. Woody Debris in the Forests of British Columbia: A Review of the Literature and Current Research. B.C. Ministry of Forests.

CHAMBERS J, HIGUCHI N, SCHIMEL JP, FERREIRA LV, MELACK JM (2000) Decomposition and Carbon Cycling of Dead Trees in Tropical Forests of the Central Amazon. *Oecologia* 122:380-388

CLARK, D. B., CLARK D. A., BROWN, S., OBERBAUER, SF, VELDKAMP, E. (2002) Stock and Flows of Coarse Woody Debris Across a Tropical Rain Forest Nutrient and Topography Gradient. *Forest Ecology and Management* 164: 237-248.

CLARK, D.F., P.J. BURTON, AND J.A. ANTOS. 1995. A comparative study employing different methods for the inventory of coarse woody debris. Unpublished contractor's report, BC Ministry of Forests.

DAWKINS, H. C. (1958). The Management of Tropical High Forst, with Special Reference to Uganda. IFI Paper 34. Imperial Forestry Institute, Oxford

DELISLE, G.P., M.P. WOODWARD, S.J. TITUS, AND A.F. JOHNSON. 1988. Sample size and variability of fuel weight estimates in natural stands of lodgepole pine. *Can. J. For. Res.* 18: 649-652.

DYKSTRA, D.P. Reduced impact logging: concepts and issues. Applying Reduced Impact Logging to Advance Sustainable Forest Management. Food and Agricultural Organization of the United Nations Regional Office for Asia and Pacific, Bangkok, Thailand, 2002

- DYKSTRA, D.P. & HEINRICH, R. (1992) Sustaining tropical forests through environmentally sound timber harvesting practices. *Unasylva* 169: 9-15.
- DYKSTRA, D.P. & HEINRICH, R. (1996). *FAO Mode Code of Forest Harvest Practice*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- ELIAS. Reduced impact timber harvesting in the tropical natural forest in Indonésia. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 1998
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p
- FEARNSIDE, P. M. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 90 (1997), 59-87.
- FEARNSIDE, P. M., GRAÇA, P. M. L. A., LEAL FILHO, N., RODRIGUES, F. J. A., ROBINSON, J. M.. 1999. Tropical forest burning in Brazilian Amazonia measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Pará. *Forest Ecology and Management* 123: 65 - 79.
- FEARNSIDE, P. M., GRAÇA, P. M. L. A., RODRIGUES, F. J. A., ROBINSON, J. M.. 2001. Burning of Amazonian rainforests: burning efficiency and charcoal formation in Forest cleared for cattle pasture near Manaus, Brazil. *Forest Ecology and Management* 146: 115 - 128.
- HARMON, M.E., C. HUA. (1991). Coarse woody debris dynamics in two old-growth ecosystems. *BioScience* 41(9):604-610.
- HARMON ME, FRANKLIN JF, SWANSON JF, SOLLINS P, GREGORY SV, LATTIN JD, ANDERSON NH, CLINE SP, AUMEN NG, SEDELL JR, LIENKAEMPER GW, CRORNACK KJR, CUMMINS KW, (1986). Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advances in Ecological Research*. 15: 133-302.
- HARMON, M.E., K. CROMACK JR., AND B.G. SMITH. 1987. Coarse woody debris in mixed-conifer forests, Sequoia National Park, California. *Canadian Journal of Forestry Research* 17:1265-1272.
- HARMON, M.E., W.K. FERRELL AND J.F. FRANKLIN. 1990. Effects on carbon storage of conversion of old-growth forests to young forests. *Science* 247:699-702.
- HARMON, M., J. SEXTON, B. A. CALDWELL, AND S.E. CARPENTER. 1994. Fungal sporocarp mediated losses of Ca, Fe, K, Mg, Mn, N, P, and Zn from conifer logs in the early stages of decomposition. *Canadian Journal of Forest Research*. 24:1883-93.
- HARMON ME, WHIGHAM DF, SEXTON J (1995) Decomposition and mass of woody detritus in the dry tropical forest of the Northeastern Yucatan Peninsula, Mexico. *Biotropica*, 27, 305- 316.

HARMON ME, SEXTON J, (1996). Guidelines for Measurements of Woody Debris in Forest Ecosystems. Publication No. 20. U.S. LTER Network Office:University of Washington, Seattle, WA, USA. 73 pp.

HARVEY, A.E., M.F. JURGENSEN, M.J. LARSEN, AND J.A. SCHLIETER. 1986. Distribution of active ectomycorrhizal short roots in forest soils of the Inland Northwest: effects of site and disturbance. USDA Forest Service Intermountain Forest and Range Experimental Station.

HENDRISSON, J. 1990. Damage-Controlled logging in Managed Rain Forests in Suriname. Wageningen Agricultural University, the Netherlands. 204p.

HOLMES, T. P., BLATE, G.M, ZWEEDE, J.C., PEREIRA, R.JR., BARRETO, P., BOLTZ, F & BAUCH, R. 2000. Financial costs and benefits of reduced – impact logging relative to conventional logging in the eastern Amazon. Tropical Forest Foundation, Washington, DC.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeto Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. 212p.

IPCC/OECD/IEA, 1996. IPCC guidelines for National greenhouse gas inventories. Module 5. Land use change and forestry. In: IPCC Guidelines, revised 1996 versions. Reference Manual, Vol 3. 74 p. Workbook, Vol 2, 54 p. Working Group I. TSU. United Kingdom

IRLAND, L.C.; CLINE, M. (1999). ROLE OF NORTHEASTERN FORESTS AND WOOD PRODUCTS IN CARBON SEQUESTRATION. New York State Energy Research and Development Administration College of Environmental Science and Forestry, February 20,

KELLER M, PALACE M, ASNERZ GP, PEREIRA RJ R, SILVA JNM (2004). Coarse Woody Debris in Undisturbed and Logged Forests in the Eastern Brazilian Amazon. *Global Change Biology* (2004) 10, 784–795

KILLMANN, W.; BULL, G.Q.; OLAF SCHWAB, O.; REINO E. PULKKI, R.E.; Reduced impact logging: does it cost or does it pay? Applying Reduced Impact Logging to Advance Sustainable Forest Management. Food and Agricultural Organization of the United Nations Regional Office for Asia and Pacific, Bangkok, Thailand, 2002

KIRB KJ, DRAKE CM,. 1993. Dead wood matters : The Ecology and Conservation of Saprophytic Invertebrates in Britain. *English Nature Science* N° 7. English Nature : Peterborough, England, UK 105 pp.

KUZATKOWSKI, D., KELLER, M., REZENDE, D., COLLICCHIO, E. Estoque de madeira morta na floresta tropical da região da Ilha do Bananal, Estado do Tocantins. VI Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza, 2003

LOFROTH, E. 1995. The dead wood cycle. Draft chapter in *Ecological Principles of Forest Management*, S. Harrison and J. Voller, eds. B.C. Ministry of Forests, Victoria, B.C.

MALHI, Y., BAKER, T.R., PHILLIPS, O.L., ALMEIDA, S., ALVAREZ, E., ARROYO, L., CHAVE, J., CZIMCZIK, C., DI FIORE, A., HIGUCHI, N., KILLEEN, T., LAURANCE, S.G., LAURANCE, W. F., LEWIS, S.L., MERCADO, L.M., MONTEAGUDO, A., NEILL, D., NÚÑEZ V., P., PATIÑO, S., PITMAN, N.C.A., QUESADA, A., SILVA, N., TORRES

LEZAMA, A., TERBORGH, J., VÁSQUEZ M., R., VINCETI, B., & LLOYD, J. (2004) Wood productivity and net primary productivity in 100 Neotropical forests. *Global Change Biology*, 10, 563-591.

MARSHALL, P.L., DAVIS, G., and TAYLOR, S.W. Using Line Intersect Sampling for Woody Debris: Practitioners' Questions Addressed. Extension Note. Coast Forest Region 2100 Labieux Road, Nanaimo, BC, Canada, V9T 6E9, 250-751-7001. En-012 Ecology September, 2003.

MARSHALL, P.L., DAVIS, G AND TAYLOR S.W. 2003. Using Line Intersect Sampling for Coarse Woody Debris: Practitioners' Questions Addressed . Extension Note Forest Research. EN 012: 250 – 271.

MASER, C, S.R. CLINE, K. CROMACK, JR., J.M. TRAPPE AND E. HANSEN. 1988. What We Know About Large Trees Taht Fall to the Forest Floor.pp. 25–45

MATTSON, K.G., W.T. SWANK, AND J.B. WAIDE. 1987. Decomposition of woody debris in a regenerating, clear-cut forest in the Southern Appalachians. *Canadian Journal of Forest Research* 17:72-721.

MEYER, H.A., 1952. Structure, Growth and Drain in Balanced Uneven Aged Forest. *J. For.* 50: 85-92.

MOLDENKE, A.R. AND J.D.LATTIN. 1990. Dispersal characteristics of old-growth soil arthropods: the potential for loss of diversity and biological function. *The Northwest Environmental Journal* 6:408–09.

NASCIMENTO, E.M.H., LAURANCE, W. F..2002. Total Aboveground biomass in Central /Amazônia rainforests: a landscape-scale study. *Forest Ecology and Management* 168:311–321.

PARSONS, G.L., G. CASSIS, A.R. MOLDENKE, J.D. LATTIN, N.H. ANDERSON, J.C. MILLER, P. HAMMOND, AND T.D. SCHOWALTER. 1991. Invertebrates of the H.J. Andrews Experimental Forest, Western Cascade Range, Oregon. V: An Annotated List of Insects and Other Arthropods. USDA Forest Service. General Technical Report PNW-GTR-290.

PICKFORD, S.G., HAZARD, J.W., 1978. Simulation studies on line intersect sampling of forest residue. *Forest Science* 24:469-483.

HAZARD, J.W., PICKFORD, S.G., 1986. Simulation studies on line intersect sampling of forest residue, Part II. *Forest Science* 32: 447-470.

PMF JURUÁ FLORESTAL, Juruá Florestal Ltda (documento interno).

PINTO, A.C M; DE SOUZA, A L A; SOUZA, P; MACHADO C. C; MINETTE, L J.; VALE, A. B. ANÁLISE DE DANOS DE COLHEITA DE MADEIRA EM FLORESTA TROPICAL ÚMIDA SOB REGIME DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTADO NA AMAZÔNIA OCIDENTAL. *Rev. Árvore* vol.26 no.4 Viçosa July/Aug. 2002.

PUTZ, F.E. & PINARD, M.A. (1993). Reduced impact logging as a carbon-offset method. *Conservation Biology* 7 (4): 755-757.

- QUESNEL, H. 1994. Assessment and characterization of old-growth stands in the Nelson Forest Region - progress report. B.C. Forest Service, Nelson, B.C.
- RICE, A H; PYLE , E. H.; SALESKA, S R ; HUTYRA, L; PALACE, M.; KELLER, M; CAMARGO, P. B. ; PORTILHO, K; MARQUES, D. F.; WOFYSY, S. C. Carbon Balance And Vegetation Dynamics In An Old-Growth Amazonian Forest. *Ecological Applications*, 14(4) Supplement, 2004, pp. S55–S71q
- SABOGAL, C.; SILVA, J.N.M.; ZWEEDE, J; PEREIRA JÚNIOR, R.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C.A. Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de terço firme na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 52p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 64)
- SAMUELSON J, GUSTAFSON L, and INGFLÖG T, 1994. Dying and Dead Trees. A Review of Their Importance for Biodiversity. Swedish Threatened Species Unit : Uppsala, Sweden. 109 pp.
- SECOM , 2005, INTERNET: [www.secom.mt.gov.br](http://www.secom.mt.gov.br)
- SIST, P., DYKSTRA, D. & FIMBEL, R. 1998. Reduced impact logging guidelines for lowland and hill dipterocarp forests in Indonesia. Bulungan Research Report Series No. 1, September, Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia.
- SOLLINS, P. 1982. Input and decay of coarse woody debris in coniferous stands in western Oregon and Washington. *Canadian Journal of Forest Research* 12:18-28.
- SPIES; T.A., AND S.P. CLINE. 1988. Coarse debris in forests and plantations of coastal Oregon. Pages 5-10 in C. Maser, R.F. Tarrant, J.M. Trappe, and J.F. Franklin (eds.). From the forest to the sea: a story of fallen trees. USDA Forest Service General Technical Report PNW-GTR-229. Published in cooperation with the USDI Bureau of Land Management, Portland, Ore. 153 pp.
- STEVENS, V. 1997. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. Res. Br., B. C. Min. For., Victoria, B. C. Work. Pap 30/1997
- STUTEVANT BR, BISSONETTE JA, LONG JN. ROBERTS DW. (1997). Coarse Woody Debris as a Function of Age, Stand Structure, and Disturbance in Boreal Newfoundland. *Ecological Applications*, 7: 702-712.
- SWANSON EJ, LIENKAEMPER GW (1978). Physical Consequences of Large Organic Debris in Pacific Northwest Streams. Gen. Tech. Rep. PNW-69. USDA Forest Service Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station : Portland, OR. 12 pp.
- TAYLOR, S.W. 1997. A field estimation procedure for Downed Coarse Woody Debris. Technical Transfer Note #2. Pacific Forestry Centre, Canadian Forest Service. Victoria, BC. 6pp.
- TEDERSOO, L.L.; KÖLJALG, U.U.; HALLENBERG, N.; LARSSON, K.H. Fine scale distribution of ectomycorrhizal fungi and roots across substrate layers including coarse woody debris in a mixed forest. *New Phytologist* Volume 159 Issue 1 Page 153 - July 2003

TROWBRIDGE, R., B. HAWKES, A. MACADAM, AND J. PARMINTER. 1986. Field handbook for prescribed fire assessments in British Columbia: Logging slash fuels. Queens Printers, Victoria. 63 p.

VAN WAGNER CE, (1968). The Line Intercept Method in Forest Fuel Sampling. Forest Science 14:20-26.

WADDELL, KL (2001). Sampling Coarse Woody Debris for Multiple Attributes in Extensive Resource Inventories. Ecological Indicators 1:139-153.

WARREN, W.G; P.F. OLSEN. A line intercept technique for assessing logging waste. For. Sci. 10:267-276. 1964

## 8. APÊNDICE

### 8.1 APÊNDICE 1



Fotografia 1: Levantamento de campo (Amostragem por Linha Interceptadora), para registro dos resíduos lenhosos grossos (RLG). Fazenda Santa Marta, Moju, Pará, 2004.

## 8.2 APÊNDICE 2



Fotografia 2: Condições de Campo durante levantamento dos resíduos lenhosos. Fazenda Santa Marta, Moju, Pará, 2004.