



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS E AMBIENTAIS

ANABEL RODRIGUES E SILVA

**VOLUMETRIA DE RESÍDUOS DA OPERAÇÃO DE CORTE
EM FLORESTA MANEJADA**

MANAUS
2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS E AMBIENTAIS

ANABEL RODRIGUES E SILVA

**VOLUMETRIA DE RESÍDUOS DA OPERAÇÃO DE CORTE
EM FLORESTA MANEJADA**

Dissertação apresentada ao
programa de Pós-Graduação em
Ciências Florestais e Ambientais, da
Universidade Federal do Amazonas,
como requisito para obtenção do
título de Mestre, em Ciências
Florestais e Ambientais, área de
concentração Manejo Florestal.

Orientador: Ulisses Silva da Cunha, Dr.

MANAUS
2013

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

	Silva, Anabel Rodrigues e
S586v	Volumetria de resíduos da operação de corte em floresta manejada / Anabel Rodrigues e Silva. - Manaus: UFAM, 2013. 48 f.; il. color. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) — Universidade Federal do Amazonas, 2013. Orientador: Dr. Ulisses Silva da Cunha 1. Manejo florestal 2. Resíduos florestais 3. Mensuração florestal I. Cunha, Ulisses Silva da (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título
	CDU 630*33(043.3)



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA



PARECER

Defesa nº 126

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir da mestranda **ANABEL RODRIGUES E SILVA**, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**VOLUMETRIA DE RESÍDUOS DA OPERAÇÃO DE CORTE EM FLORESTA MANEJADA**", é de parecer favorável à APROVAÇÃO da mestranda a habilitando-a ao título de Mestre "*Magister Scientiae*" em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em **CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA)**.

Dr. Ulisses Silva da Cunha
Professor da Faculdade de Ciências Agrária da Universidade Federal do Amazonas
Presidente da banca examinadora

Dr. Joaquim dos Santos
Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Primeiro examinador

Dr. Alberto Carlos Martins Pinto
Professor da Faculdade de Ciências Agrária da Universidade Federal do Amazonas
Segundo examinador

Manaus, 30 de novembro de 2012.

Prof. Dr. Nabor da Silveira Pio
Coordenador, em exercício, do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais - PPG-CIFA



Aos meus pais Oscar (*in memoriam*) e Maria Sônia

As minhas irmãs Rosibel e Josibel

E a minha filha Dominike Gabriella

DEDICO

AGRADECIMENTOS

No desenvolvimento desta dissertação, agradeço primeiramente a Deus.

À Universidade Federal do Amazonas, por mais uma oportunidade de avançar no degrau de minha formação acadêmica.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À coordenação do Programa em Ciências Florestais e Ambientais e a cada professor pelos conhecimentos transmitidos.

À Embrapa Amazônia Ocidental que através do projeto Equações de Volume para Biomassa do Fuste e Resíduos da Exploração, disponibilizou recursos para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu orientador professor Dr. Ulisses Silva da Cunha, por ter aceitado em me orientar, estando sempre presente, disciplinando, sugerindo e ajudando.

Ao professor Dr. Francisco Cavalcanti, pela orientação e amizade durante o estágio docência.

Ao professor Dr. Alberto Carlos Martins Pinto, pelas contribuições e sugestões no desenvolvimento desta dissertação.

À secretária do mestrado, Antônia Costa, pela atenção e apoio na resolução dos problemas burocráticos.

Ao secretário do Departamento do Curso de Engenharia Florestal, Claudemiro, pelo apoio durante o curso e o estágio docência.

À Empresa Precious Woods Amazon por disponibilizar a área de estudo e dar todo o apoio logístico necessário, em especial, ao gerente da área de floresta, Sr. João Cruz Rodrigues.

Aos Engenheiros Florestais da empresa, Bruno Rodrigues e Marcos Antônio, pela contribuição nas informações sobre a área de estudo.

À Secretária administrativa da empresa, Elivane Fernandes, pelo apoio e atenção.

À Técnica de Enfermagem do acampamento da empresa, Cristiene Ramos, pela amizade e atenção.

Aos encarregados das equipes de corte e pré-arraste: Advan Vieira e Elisomar Souza, pelo apoio.

Às equipes de corte da empresa, que foram essenciais durante a coleta de dados: Luciano, Jônadas, Jorge, Luzardo e José Francisco.

Ao engenheiro florestal Francisco Itamar, pela amizade e por ter dedicado seu tempo me auxiliando durante a coleta de dados.

Aos amigos do mestrado, Jorge Viana e Daniel Ferreira, pelos momentos de descontração, em especial, ao Elias Neto, pelas palavras de incentivo.

Aos amigos do ÁrvoreLab, Manoel, Arqleydsson, Jailane e Felipe, pela amizade.

À minha amiga Marinete Vasquez, que sempre me tratou com muito carinho, muito obrigada por toda paciência e apoio.

E, especialmente à minha mãe Maria Sônia, por suas orações, palavras de apoio e incentivo nos momentos mais aflitos, mesmo de longe, para que eu concluísse mais uma jornada.

A todos, só tenho a dizer, MUITO OBRIGADA!

RESUMO

O potencial produtivo da floresta, tradicionalmente, é em função do volume do fuste comercial. No entanto, os resíduos produzidos durante a operação de corte, podem ser aproveitados como produtos secundários do manejo florestal, representando uma alternativa econômica na produção madeireira. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o volume de resíduos produzidos durante a operação de corte, em uma floresta manejada, no município de Silves/AM. Os dados foram provenientes de resíduos produzidos em cem árvores exploradas. Na qual, resíduo da operação de corte constituiu todo material lenhoso localizado na área de influência do corte, compreendendo, toco com e sem sapopemas, base da copa e galhos da árvore explorada e outras árvores que caíram em função do corte. O volume encontrado para as cem árvores exploradas foi em média $5,49 \text{ m}^3$, destes, $1,57 \text{ m}^3$, constituiu o volume de resíduo produzido por estas árvores. Em relação ao volume total das árvores amostradas, o toco contribuiu com 2 %, a base da copa, 1,19 % e galhos com 24,31 %, e seus volumes médios foram, toco, $0,12 \text{ m}^3$, base da copa, $0,42 \text{ m}^3$ e galhos, $1,33 \text{ m}^3$. Os volumes médios de toco, base da copa e galhos principais são diferentes estatisticamente. A área aberta formada pela operação de corte foi em média 206 m^2 , na qual nesta área, foram encontrados em média $0,59 \text{ m}^3$ de resíduos de clareira. O volume de resíduos gerados pela operação de corte foi de $25,42 \text{ m}^3/\text{ha}$, mas, considerando o que poderá ser utilizado no aproveitamento da madeira, como galhos, base da copa e sapopemas, estes representaram em termos de volume, $13,41 \text{ m}^3/\text{ha}$. E o índice que relaciona o volume de resíduos para cada m^3 de tora extraída, foi de 1,35 para resíduo da árvore explorada e 1,76 para resíduos da operação de corte. Estes índices foram maiores do que o estabelecido pela legislação vigente que é de $1:1 \text{ m}^3$, indicando que esse índice pode variar para cada área manejada, em particular.

Palavras-chave: Exploração Florestal, Resíduos Florestais, Mensuração Florestal.

ABSTRACT

The productive potential of the forest is traditionally based on the volume of commercial bole. However, the waste produced during the cutting operation can be availed as byproducts of forest management, representing an economical alternative in timber production. Thus, the aim of this study was to evaluate the volume of waste produced during the cutting operation in a managed forest, in the city of Silves /AM. Data were derived from waste produced in a number of one hundred trees explored. In which, the residue of cutting operation was all timber located in the area of influence of the cut, including, stump with and without buttresses, base and canopy branches of the tree explored and other trees that have fallen due to the cut. The volume found for one hundred trees exploited averaged 5.49 m³, thereof 1.57 m³, compose the volume of waste produced by these trees. Concerning the total volume of sampled trees, the stump contributed 2%, the base of the crown 1.19%, and branches with 24.31%. Their average volumes were, stump 0.12 m³, base of the crown 0.42 m³ and branches, 1.33 m³. The average volumes of stump base of the crown and main branches are statistically different. The open area formed by the cutting operation was approximately 206 m², which in this area were found on average 0.59 m³ of waste clearing. The volume of generated waste by the cutting operation was 25.42 m³/ha, but considering what could be used in application of timber, like branches, canopy base and buttresses, these represented in terms of volume, 13.41 m³/ha. Moreover, the rate that relates the volume of waste for each m³ of roundwood extracted was 1.35 for waste of explored tree, and 1.76 for waste of the cutting operation. These rates were higher than that provided by the legislation which is 1:1 m³, indicating that the rate may vary for each managed area, specifically.

Keywords: Forestry, Forestry Waste, Forest Measurement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do município de silves no estado do Amazonas (a e b), localização das árvores mensuradas no município de silves (c)	23
Figura 2. Determinação das coordenadas georreferenciadas do toco (a), medida da altura do toco (b) e sapopemas (c)	25
Figura 3. Medição do dap (a), medição do galho principal (b), medição da base da copa (c) e árvores caídas na área de clareira (d)	25
Figura 4. Componentes da árvore explorada	26
Figura 5. Classificação dos galhos	27
Figura 6. Medição das árvores caídas em função da operação de corte	28
Figura 7. Metodologia para medir área de clareira	29
Figura 8. Contribuição da composição dos resíduos em porcentagem	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Árvores medidas por bloco e tamanho da área amostral em função da quantidade de árvores medidas	24
Tabela 2. Análise descritiva da composição dos resíduos da árvore explorada, m ³	37
Tabela 3. Análise de variância para as partes que compõem o resíduo da árvore explorada	37
Tabela 4. Resultado da comparação entre o volume médio das partes que compõem a árvore explorada através do teste de tukey	38
Tabela 5. Volume médio de sapopemas por espécie e total dos blocos estudados, m ³	39
Tabela 6. Análise descritiva do volume em m ³ do resíduo da árvore explorada por classe diamétrica	40
Tabela 7. Volume total e por unidade de área para cada categoria de resíduo	42
Tabela 8. Volume total da tora extraída e por unidade de área	43
Tabela 9. Índice da relação dos resíduos por categoria com o volume em m ³ /ha das toras extraídas.	43

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo geral	13
1.1.1 Objetivos específicos	13
1.2 Hipótese	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Estimativa do volume de resíduos florestais	14
2.2 Aproveitamento dos resíduos florestais	16
2.3 Efeitos da operação de corte	18
2.4 Área de clareira	20
3 METODOLOGIA	23
3.1 Localização da área de estudo	23
3.2 Coleta dos dados	24
3.2.1 Volume dos resíduos da árvore comercial explorada	26
3.2.2 Volume dos resíduos de clareira	27
3.2.3 Metodologia para determinar a área da clareira	28
3.3 Análise dos dados	29
3.3.1 Determinação do volume dos resíduos da árvore comercial explorada	29
3.3.2 Determinação do volume dos resíduos da clareira	31
3.3.3 Estimativa da área da clareira	32
3.3.4 Estimativa do volume dos resíduos da operação de corte por hectare	32
3.3.5 Análise descritiva dos dados	33
3.3.6 Teste estatístico	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Determinação do volume dos resíduos da operação de corte	35
4.1.1 Volume dos resíduos da árvore comercial explorada	35
4.1.2 Volume dos resíduos de clareira	40
4.2 Estimativa do volume de resíduos por hectare	41
5 CONCLUSÃO	44
6 REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Para as questões climáticas, estimativas da biomassa florestal fornecem informações sobre o estoque de carbono e a quantidade de CO₂ liberado à atmosfera devido a diferentes usos da terra. E, para o manejo florestal obter estas estimativas é importante, no que se refere ao uso sustentável dos recursos florestais, na busca de minimizar os impactos ambientais causados por esta atividade.

A madeira é um importante recurso energético, pois tradicionalmente é chamada de lenha, tendo sido a primeira fonte de energia para a humanidade. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia, em 2010, a participação da biomassa na matriz energética brasileira foi em torno de 31%, dos quais, 17,7% de produtos de cana, 9,5% de lenha e 3,8% de outros resíduos (BRASIL, 2012).

Dentre, os componentes da biomassa florestal, os resíduos provenientes da exploração florestal, se utilizados devidamente, podem representar uma significativa contribuição às necessidades energéticas para a indústria (BAUER, 2001), pois o uso racional da madeira como energia promove a oferta de energia renovável.

Naturalmente, a floresta produz resíduos devido à senescência das árvores e de suas partes, porém, a exploração florestal, embora previamente planejada, deixa impactos na floresta, entre eles, a geração de resíduos, sobretudo, durante a operação de corte por ser uma atividade habitual na exploração.

A primeira fase para manejar uma floresta é obter informações quantitativas sobre o potencial produtivo, considerando o fuste como a parte comercial mais importante. Por outro lado, diante das pressões ambientais por parte de instituições ligadas às questões climáticas e pela quantidade de resíduos produzidos na exploração florestal, em torno de 67 a 71 m³/ha

(BARROS *et al*, 2007), torna-se imprescindível aproveitar outras partes que compõem a árvore explorada.

Para enfatizar a exigência no aproveitamento dos resíduos gerados pela exploração florestal, a Instrução Normativa 005/2006 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) normatiza o tal aproveitamento, na qual estabelece que os resíduos possam ser utilizados como produtos secundários do manejo florestal, na forma de madeira e lenha.

Da mesma forma, o aproveitamento de tais resíduos está regulamentado na Resolução 406/2009 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), na qual prevê que sejam aproveitados os resíduos de árvores exploradas, como copas e sapopemas. E o volume autorizado para aproveitar resíduos fica limitado a 1 m³ de resíduo para cada m³ de tora extraída.

Notadamente, o aproveitamento dos resíduos provenientes da exploração florestal vem ganhando espaço no cenário do uso sustentável dos recursos florestais, visto que nos últimos anos vem aumentando o interesse em uma produção diversificada, além da madeira.

A exploração florestal inclui diversas atividades, uma delas é a operação de corte, que embora seja utilizado técnicas para evitar desperdícios, não é possível eliminar os impactos, pois, são deixados na floresta as copas das árvores exploradas e outras árvores que caíram durante o corte, acarretando na formação de clareiras.

Consequentemente, deixando esse material lenhoso na floresta, poderá haver exportação de nutrientes, pois segundo Silva (2007) a concentração média de carbono em biomassa seca é em torno de 48,5%. Frente a essa questão, torna-se necessário quantificar além do fuste comercial outras partes da árvore, visto que são poucas as informações encontradas na literatura sobre a quantidade de resíduos produzida em função da operação de corte.

1.1 Objetivo geral

Estimar o volume de resíduos produzidos durante a operação de corte em uma floresta manejada, no município de Silves (AM), pertencente à empresa Precious Woods Amazon.

1.1.1 Objetivos específicos

- Estimar o volume de resíduos da operação de corte, provenientes da tora, galhos e de árvores caídas na área de clareira;
- Estimar o volume de resíduos da operação de corte por unidade de área (m^3/ha);
- Determinar o índice que relaciona a quantidade de resíduo produzido para cada metro cúbico de tora extraída;

1.2 Hipótese

Foi testada a seguinte hipótese, em relação ao volume da árvore explorada:

- O volume de resíduos não apresenta diferença significativa entre as partes lenhosas que compõem a árvore explorada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estimativa do volume de resíduos florestais

Estimar o volume das árvores é a principal finalidade nos levantamentos florestais, sobretudo do fuste, por ser a parte comercial da árvore mais importante. O método de análise de regressão para estimativas volumétricas é o mais difundido no meio florestal, entretanto, quando se trata da estimativa do volume de resíduos florestais, ainda há uma carência de estudos sobre este tema.

Cruz (1985) quantificou pelo método de cubagem rigorosa, o volume de espécies arbóreas em uma floresta tropical úmida, caracterizado por fuste, galhos e toco. O volume médio para os fustes, galhos e toco foram 2,48 m³, 0,69 m³ e 0,15 m³, respectivamente.

Na região do município de Mojú/PA, Cruz Filho e Silva (2007) compararam resíduos produzidos em áreas exploradas com não exploradas, utilizando o método da linha interceptadora. Foram utilizados 6.000 m de linhas para cada situação de estudo, exploração de impacto reduzido e floresta não explorada, totalizando 12.000 m de linhas de amostragem. O volume médio estimado foi 137 m³/ha para floresta após exploração de impacto reduzido.

Baker *et al* (2007), ao estudar a produção de resíduos em uma floresta amazônica peruana comparou o método da linha interceptadora com dados de parcelas permanentes, estabelecendo 100 m de linha, seguindo a orientação do limite da parcela, totalizando 400 m de linhas por parcela. E o volume de resíduos estimado pela linha interceptadora foi 62,3 m³/ha e 33,5 m³/ha para parcelas permanentes.

Palace *et al* (2007), após seis meses da exploração florestal de impacto reduzido, estimaram o volume de resíduos utilizando o método da linha, na região de Juruena/MT. Foram estendidas três linhas de 1 km em cada bloco de exploração, totalizando 12 km de

linha interceptadora. Cada linha foi subdividida a cada 50 m, para registros das classes menores de diâmetro dos resíduos, obtendo o volume estimado em 121,1 m³/ha.

Entre os estudos que utilizaram o método da linha interceptadora, observa-se, uma variação em relação ao comprimento da linha. Este método foi desenvolvido para estimar o volume de resíduos lenhosos em florestas plantadas, na qual os diâmetros são medidos no local em que a linha intercepta a peça do resíduo.

Filho (2010) avaliou a aplicabilidade deste método para quantificar resíduos de exploração florestal, estabelecendo diferentes *layouts* e tamanho de unidades de amostra.

Foram alocadas 38 linhas interceptadoras cortando toda a Unidade de Trabalho, 19 linhas no sentido Norte-Sul e 19 linhas no sentido Leste-Oeste. Foram feitas simulações com três *layouts*: quadrado, cruz e L. Em cada *layout* foram alocados arranjos com 5 e 9 unidades de amostra de 100, 150 e 200 m de lado para os *layouts* “quadrado” e “L”, e de 100 e 200 m para o *layout* “cruz”, distribuídos sistematicamente na área.

A conclusão obtida foi que o *layout* em forma de quadrado, arranjado com 5 unidades de amostra com 150 m de lado e com 9 unidades de amostra de 200 m de lado, obtiveram resultados satisfatórios com limite de erro dentro do padrão estatístico de 10,09% e 9,38%, respectivamente.

No entanto o *layout* em “L” com 5 unidades de amostra e 150 m de lado forneceu resultados mais expressivos, com erro padrão da média de 6,97%, e a estimativa da média, 63,3m³/ha, bem próxima a resultados de outros estudos utilizando métodos convencionais de amostragem.

Logo, este método segundo o autor é uma alternativa viável para quantificação de resíduos provenientes de exploração florestal em áreas sob regime de manejo, tendo em vista o baixo custo e a praticidade de aplicação do mesmo.

Recentemente, Garcia (2011) quantificou os resíduos de copas das árvores das espécies *Manilkara huberi* Ducke A. Chenalier (Maçaranduba) e *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá), gerados pela exploração florestal para fins de madeira serrada. Para quantificar o volume foram mensurados os diâmetros e comprimentos de galhos, de 90 árvores exploradas.

As dimensões mínimas adotadas foram diâmetro ≥ 40 cm e comprimento $\geq 1,50$ m. Os resultados encontrados para a espécie *Manilkara huberi* foi, em média, 2,05 m³/árvore explorada, apresentando em média 3 peças de galhos por árvore explorada, com comprimento médio e diâmetro de 2,7 m e 48,41 cm, respectivamente.

Para a *Hymenaea courbaril*, o volume médio aproveitável foi 2,45 m³/árvore explorada, apresentando em média 5 unidades de peças de galhos por árvore explorada, com comprimento médio de 2,51 m e diâmetro de 49,27 cm.

2.2 Aproveitamento dos resíduos florestais

Para garantir a exploração sustentável dos recursos florestais/madeireiros e o desenvolvimento racional das atividades deste setor, há um interesse em uma produção mais diversificada, tais como, fabricação de móveis, instrumentos musicais, pequenos objetos de madeira, laminados e chapas de compensado, construção civil, construção naval, geração de energia, obtenção de celulose para aplicação na indústria papelreira, entre outros (SUFRAMA, 2003).

Em 2009, o volume de madeira em tora não aproveitado diretamente pela indústria madeireira nos estados da Amazônia Legal, foi da ordem de 8,4 milhões de m³. Desse total, 19% foram convertidos em carvão vegetal, 18% foi destinado à olarias, 14% para geração de energia, 24% na forma de diversos usos (adubo, lenha), os resíduos queimados a céu aberto representaram 9% e o volume de entulhos de resíduos foi 16% (PEREIRA *et al*, 2010).

A madeira ainda é o produto mais comercializado da floresta e dentre seus derivados, o carvão tem posição de destaque na geração de energia. Entretanto, segundo Numazawa (1986), não é admissível converter uma floresta exclusivamente para produzir carvão vegetal, mas sim, o aproveitamento de fontes disponíveis como madeiras remanescentes de exploração florestal e de resíduos industriais.

Silva *et al* (2007), avaliaram as principais propriedades do carvão de *Manilkara amazonica* (maçaranduba), *Lecythis pisonis* (sapucaia) e *Piptadenia suaveolens* (timborana). O carvão foi produzido a partir de resíduos da serraria da Empresa Cikel Brasil Verde S.A., em Paragominas/PA.

Os principais resultados foram: o rendimento gravimétrico do carvão variou de 21,47 a 29,59 % (base úmida); a densidade média a granel, variou de 178,51 a 231,14 kg/m³; a densidade média aparente foi de 0,38 a 0,53 g/cm³; o poder calorífico foi de 23.451 a 28.830 kJ/kg; o teor de materiais voláteis variou de 23,94 a 31,47%; cinzas de 0,7 a 2,5%; o carbono fixo de 68,29 a 74,49%; e a friabilidade de 12 a 32,6%.

Os autores constataram, além disso, que a espécie é o principal fator que influencia nas propriedades do carvão. Mas, através da análise das propriedades, não foi possível identificar qual espécie produziu o melhor carvão, uma vez que as três apresentaram algumas características consideradas boas, porém, sempre acompanhadas de outras inadequadas.

E, considerando a produção anual das espécies na área de exploração e na indústria, a maçaranduba apresentou o maior potencial energético em relação à sapucaia e timborana, pois dos 23.348 m³/ano, que são explorados da maçaranduba, aproximadamente, 11.674 m³/ano referem-se ao resíduo utilizado para a produção de carvão.

Ao verificar se os resíduos de madeira produzidos por três madeireiras do município de Benjamim – Constant/AM/Brasil, são de alguma forma aproveitados, Soares *et al* (2010) observaram que as madeireiras doam os resíduos gerados pela madeira para olarias, padarias,

granjas e aproveitam na confecção de cabos de vassoura. Concluindo ainda que três espécies se destacaram como produtoras de maior volume em metros cúbicos por tora e como consequência o de resíduos: *Scleronema praecox* (castanha de paca) 31,4%, *Cedrelinga catenaeformis* (cedrorana) 16,5% e *Cedrela odorata* (cedro) 10,4%.

Garcia (2011) determinou o rendimento volumétrico de resíduo de copa para madeira serrada da espécie Maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke A. Chenalier). Neste estudo, foram desdobradas peças, provenientes de resíduos das copas das árvores exploradas com DAP $\geq$ 50 cm. As peças retiradas do resíduo atenderam aos critérios estabelecidos para o estudo, isto é, ter diâmetro igual ou maior que 40 cm e comprimento mínimo de 2,20 metros sem tortuosidades.

O rendimento encontrado foi de 17% e o Coeficiente de Conversão Volumétrico foi de 5,6 m³ de resíduos de copa para cada 1 m³ de madeira serrada da espécie Maçaranduba (*Manilkara huberi* Ducke A. Chenalier).

A autora recomenda o aproveitamento de resíduos das copas de árvores exploradas para fins de madeira serrada, pois é uma alternativa que agrega valor ao resíduo que antes era vendido na sua forma bruta. Porém, para a eficácia do aproveitamento desses resíduos é necessário investimento na adequação da indústria de transformação e equipamentos que ofereçam qualidade para os produtos escolhidos.

2.3 Efeitos da operação de corte

A exploração florestal praticada na região amazônica é caracterizada de duas formas: a Exploração de Impacto Reduzido (EIR) que visa aplicações de técnicas de derruba, corte de cipós, planejamento na abertura de estradas e ramais, objetivando reduzir o impacto; e,

Exploração Convencional (EC) realizada sem planejamento e sem os cuidados para reduzir os impactos (SABOGAL *et al*, 2000).

O dano causado pela operação de corte está relacionado com técnicas silviculturais adotadas, por exemplo, a exploração convencional não utiliza técnicas de corte. Enquanto que na exploração de impacto reduzido, as técnicas de corte buscam evitar erros, tais como, corte acima do ideal e o destopo feito abaixo do recomendado, além de direcionar a queda das árvores para proteger a regeneração de árvores de valor comercial e facilitar o arraste das toras (AMARAL *et al*, 1998).

A primeira etapa da exploração florestal propriamente dita, é o corte das árvores, que segundo Sabogal *et al* (2000), nesta fase a árvore é derrubada, o tronco é separado da copa e subdividido em toras menores, quando necessário. É uma fase que deve ser planejada para reduzir danos e desperdícios, para isso, o corte é direcional, facilitando o arraste da tora e reduzir o tamanho das clareiras.

A formação de clareiras, embora seja considerado o principal distúrbio, beneficia plântulas pré-estabelecidas, mas a presença de luz é o fator mais imediato, porque podem ocorrer incêndios ocasionados pela radiação solar que atinge o solo, secando os resíduos (UHL *et al*, 1988; HOLDSWORTH e UHL, 1997).

Maiores aberturas de clareira propiciam melhores condições para o crescimento das árvores (FILHO, 2006). Ao avaliar a dinâmica de florestas manejadas após a exploração de impacto reduzido em Paragominas/PA, Silva (2004) concluiu que árvores maiores em tamanho contribuem para formação de clareiras maiores e que os distúrbios causados pela queda da árvore na exploração são importantes para o estabelecimento e crescimento de espécies madeireiras devido aos tipos de mudanças no ambiente em que se formaram as clareiras.

É notório que a formação de clareiras, traz benefícios a espécies em crescimento, pois a penetração de luminosidade determinará as espécies que irão constituir a fase inicial na formação da floresta, assim como, induzirá a germinação de sementes estocadas no banco de sementes do solo, ocasionando o aumento de espécies pioneiras (FRANCEZ, 2006).

Segundo Pinto (2000), a formação de clareiras na operação de corte é similar a uma tempestade, que variam no tamanho e na forma, resultando, danos na vegetação formada recentemente, que se decompõem juntamente com os resíduos da árvore explorada, contribuindo na ciclagem de nutrientes.

Cruz (1985) menciona que o volume de galhos e toco que permanece na floresta, representa no mínimo 25,5% do volume disponível por árvore. Barros *et al* (2007) ao quantificarem os resíduos produzidos durante a exploração florestal, concluiu que 70% do total de resíduos, é proveniente dos resíduos produzidos pela copa das árvores exploradas e pelas árvores derrubadas durante a queda das mesmas.

Souza (2009) ao comparar os estoques das diferentes fontes geradoras de resíduos de exploração florestal em quatro áreas manejadas, menciona que resíduos provenientes de copas e árvores caídas representaram 83%, seguido dos resíduos gerados durante a abertura de estradas, pátios de estocagem e trilhas de arraste (8%), sapopemas (5%) e, árvores com queda natural sob a influência das trilhas principais (1,79%).

2.4 Área de clareira

O formato de uma clareira varia de acordo com o tipo de queda, com a orientação e com as características fisionômicas das árvores e espécies caídas (LIMA, 2005b). Entre os estudos disponíveis na literatura, não existe uma padronização quanto aos métodos utilizados na determinação da área aberta formada em consequência da queda da árvore.

Lima (2005a) revisa os métodos desenvolvidos para determinar área de clareira, entre estes, o autor cita os métodos de Brokaw (1982), em que são estimados no mínimo oito coordenadas de direção e distância a partir do centro da clareira em direção aos seus limites, e, o método de Green (1996), semelhante ao método anterior, porém usa dezesseis coordenadas de direção a partir de um ponto próximo ao centro da clareira, pois, para este autor, um número maior de coordenadas permite uma medida mais precisa da área.

Para calcular a área da copa em decorrência da derrubada de árvores de *Eucalyptus propinqua* Deane & Maiden com 21 anos de idade, Pinheiro e Timoni (2002) compararam os valores de área por meio de aparelho topográfico com outros métodos de medições simples e rápidos, entre eles, cita-se o método de oito triângulos.

Neste método, se utilizou um disco circular de madeira, dividido em oito partes iguais com base em um ângulo de 45°, fixado na parte superior de uma estaca fincada no centro da copa. A partir deste ponto, com auxílio de uma trena mediram-se os valores de distância até o perímetro da clareira.

Johns *et al* (1998) ao compararem os danos nas explorações madeireiras com e sem planejamento, estimaram a área de clareira a partir de um ponto central e mediram a distância e o ângulo da bússola para a borda do dossel intacto, em seis direções ao redor da clareira. A área foi calculada somando a área dos triângulos resultantes, em média 355 m² e 166 m², para exploração sem planejamento e com planejamento, respectivamente.

Ao avaliar o efeito de quatro métodos de corte de cipós na condução do manejo florestal, Pinho (2003), estimou a área afetada pela queda das árvores, adotando cinco medidas: uma referente ao comprimento da área afetada, que se estendia do toco até o ápice da copa; as outras medidas foram referentes à largura afetada, e levaram em consideração quatro posições da árvore, na maior extensão da copa, na altura comercial da árvore, no meio do fuste comercial e a última no toco.

A área foi calculada por uma equação desenvolvida pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), na qual foi obtido o produto da média das quatro diferentes larguras medidas ao longo da altura da árvore pelo comprimento da área afetada.

As áreas de clareira estimadas foram: 344 m² para corte de cipós em torno de todas as árvores comerciais e potencialmente comerciais; 345 m² na área de ocorrência de árvores comerciais e potencialmente comerciais; 285 m² em torno de todas as árvores comerciais e potencialmente comerciais e na direção de queda e 386 m² em torno das árvores comerciais destinadas à primeira colheita.

Silva (2004) analisou se havia diferença entre os tamanhos de clareira formados pela exploração de impacto reduzido, exploração convencional e clareiras naturais.

Para estimar a área de clareira, o autor, o invés de utilizar um número fixo de linhas partindo do centro de clareira, utilizou o número necessário de linhas para formar figuras geométricas. Neste estudo, a área média das clareiras da área com exploração de impacto reduzido, 238 m², foram maiores do que as áreas médias das clareiras da exploração convencional, 206 m², e das clareiras testemunha, 168 m². Uma razão para essa diferença foi que na área com exploração de impacto reduzido, as árvores eram maiores do que na exploração convencional.

3 METODOLOGIA

3.1 Localização da área de estudo

A floresta manejada na qual se realizou este estudo é denominada Fazenda Monte Verde, como uma abrangência de 14.300,4 ha, pertencente à Empresa Precious Woods Amazon, no município de Silves/AM (Figura 1).

O estudo foi realizado em blocos explorados no ano de 2011, de duas Unidades de Produção Anual: UPA MV01B e UPA MV02. As UPAs são divididas em blocos de exploração que contem unidades de campo (UC) de dez hectares.

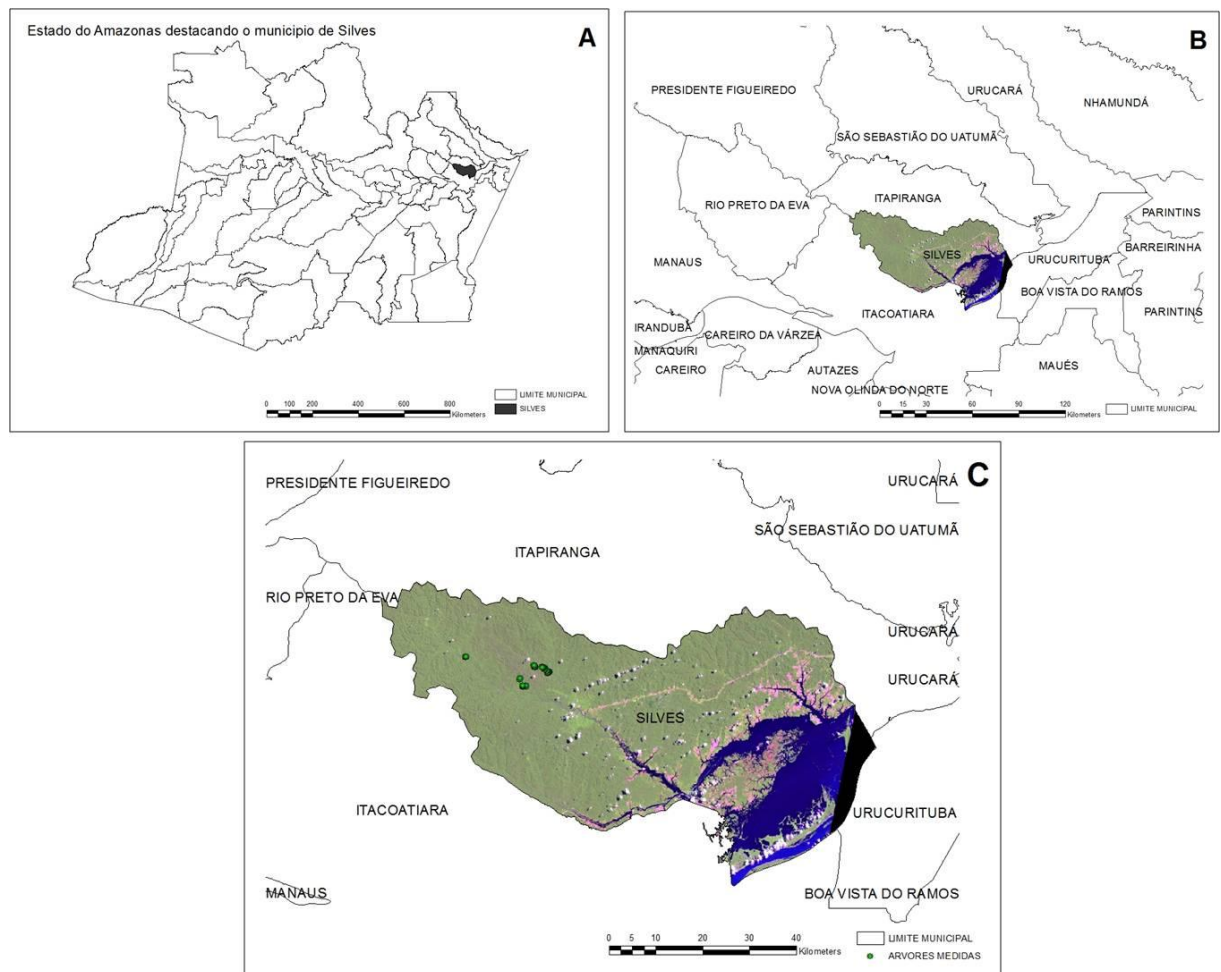


Figura 1. Mapa de localização do município de Silves no Estado do Amazonas (A e B), Localização das árvores mensuradas no município de Silves (C)

3.2 Coleta dos dados

Segundo Jankauskis (1983) é considerado resíduo, todo material lenhoso que esteja depositado no solo, decorrente, direta ou indiretamente das atividades de exploração florestal, cujo diâmetro e comprimento sejam superiores a 10 cm e 50 cm, respectivamente, independentemente da espécie.

Nesta pesquisa, foi medido o material lenhoso encontrado no solo da floresta, com diâmetro mínimo de 10 cm, dentro da área de influência da queda da árvore. Como unidade amostral, foi utilizada a árvore explorada, que por sua vez, a clareira formada em consequência do corte, foi considerada a área amostral (Tabela 1).

Tabela 1. Árvores medidas por bloco e tamanho da área amostral em função da quantidade de árvores medidas

Blocos	Unidade amostral (Árvores exploradas)	Área Amostral (ha)
I	11	0,25
II	11	0,23
III	4	0,07
IV	74	1,52
Total	100	2,07

A coleta de dados foi realizada por uma equipe composta de cinco pessoas: um responsável em localizar as árvores no mapa e dentro da floresta, um operador de motosserra para seccionar os galhos, um ajudante do motosserrista, um responsável em medir os resíduos e um anotador dos dados em ficha apropriada.

Os parâmetros obtidos foram (Figura 2 e 3): número de identificação da árvore e nome vulgar da espécie a partir dos dados do inventário florestal; as posições dos tocos georreferenciadas em coordenadas UTM (UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR), diâmetro e altura do toco, medidas de largura, altura e espessura das sapopemas; diâmetro à

altura do peito (DAP), diâmetro e comprimento da base da copa, dos galhos e das árvores caídas na clareira;



Figura 2. Determinação das coordenadas georreferenciadas do toco (A), medida da altura do toco (B) e sapopemas (C)



Figura 3. Medição do DAP (A), Medição do galho principal (B), Medição da base da copa (C) e árvores caídas na área de clareira (D)

3.2.1 Volume dos resíduos da árvore comercial explorada

Foram mensuradas cem árvores de diferentes espécies, logo após a operação de corte, distribuídas em classe diamétrica a partir do DAP ≥ 50 cm.

De acordo com Soares *et al* (2010), uma vez que se podem determinar diferentes volumes em uma árvore, é necessário definir seus componentes. Os componentes da árvore comercial explorada que constituíram resíduos compreenderam a copa, base da copa, toco com e sem a presença de sapopemas (Figura 4), que por sua vez, foram distribuídos na seguinte composição: em resíduos da tora e copa.

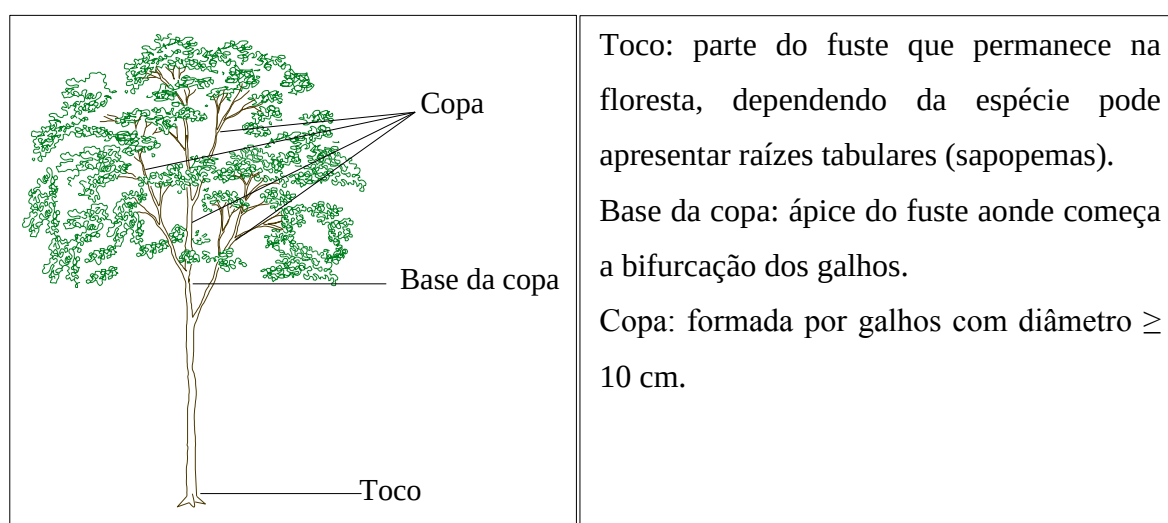


Figura 4. Componentes da árvore explorada

Resíduos da tora: neste grupo, foi considerado resíduo o material lenhoso proveniente da tora da árvore, incluindo: toco, sapopemas e base da copa.

Resíduos da copa: referiram-se a todos os galhos das árvores exploradas. Devido a complexidade de medir galhos e para facilitar a cubagem da copa como um todo, os galhos foram classificados em principais, secundários e terciários (Figura 5). Foram considerados galhos principais a primeira bifurcação a partir da base da copa, em secundário o galho ramificado do galho principal e, terciário, o galho proveniente do secundário.

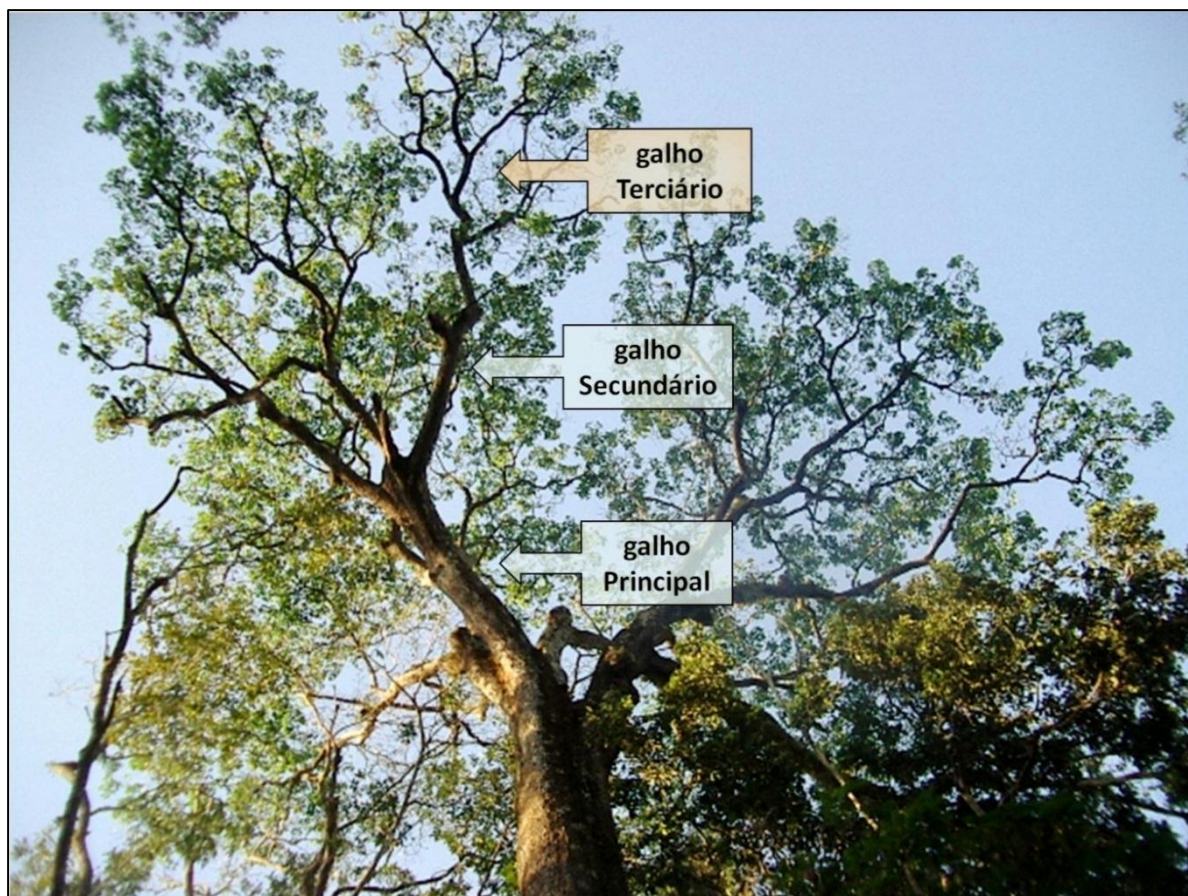


Figura 5. Classificação dos galhos

3.2.2 Volume dos resíduos de clareira

Neste grupo, os resíduos consistiram nas árvores que quebrarem e caíram durante a operação do corte da árvore explorada (Figura 6). Segundo Jankauskis (1983), o resíduo oriundo por ocasião da queda de árvores exploradas, normalmente não apresenta resíduos de copa com dimensões mínimas desejadas.



Figura 6. Medição das árvores caídas em função da operação de corte

3.2.3 Metodologia para determinar a área da clareira

Neste estudo, utilizamos a metodologia denominada ponto central, aonde o ponto georreferenciado foi o toco, que a partir deste, mediu-se o comprimento (ℓ_1) até a base da copa; a partir desta base, centro de clareira, foram adotadas cinco medidas de comprimento.

As medidas foram da base da copa até o ápice (ℓ_2), duas do lado direito da base, ℓ_5 e ℓ_6 e outras duas do lado esquerdo, ℓ_3 e ℓ_4 , conforme Figura 7.

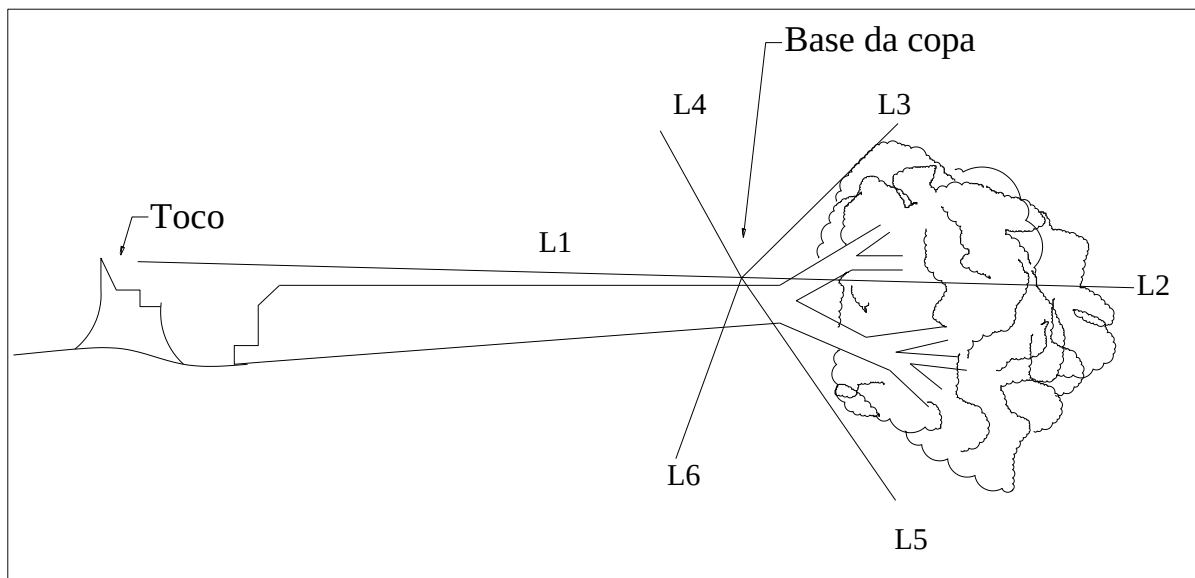


Figura 7. Metodologia para medir área de clareira

3.3 Análise dos dados

3.3.1 Determinação do volume dos resíduos da árvore comercial explorada

Resíduos da tora

Após a árvore ser derrubada, determinou-se o volume do toco, pela fórmula do cilindro (FINGER, 1992):

$$V_{tc} = g_i \times h_{tc}$$

Em que:

V_{tc} = volume do toco, m^3

g_i = área seccional da tora na altura do corte, m^2

h_{tc} = altura do toco, m

O volume das sapopemas foi obtido por meio da multiplicação das suas dimensões: altura, largura e espessura. A base da copa teve seu volume determinado considerando-a como a figura geométrica de um parabolóide (FINGER, 1992):

$$v = \frac{1}{2} \times (g_i \times \ell_i)$$

Em que:

v = volume da base da copa, m^3

g_i = área seccional da base da copa, m^2

ℓ_i = comprimento da base da copa, m

O volume de resíduos da tora foi determinado basicamente pela soma dos volumes de toco e base da copa, porém para árvores que apresentaram sapopemas, foi acrescentado o volume destas sapopemas.

Resíduos da copa

Os galhos principais e secundários foram cubados pelo método de Huber (FINGER, 1992):

$$v_g = (g_{m_1} \times \ell_i) + (g_{m_2} \times \ell_i) + \dots + v_c$$

$$v_c = \frac{1}{2} \times g_i \times \ell_i$$

Em que:

v_g = volume do galho, m^3

g_m = área seccional obtida na metade do comprimento da seção do galho, m^2

ℓ_i = comprimento da seção do galho, m

v_c = volume do parabolóide, m^3

Por serem considerados heterogêneos em tortuosidades e tamanho, os galhos terciários foram empilhados. O volume em estéreo (st) foi determinado pelo produto das dimensões de comprimento, altura e largura das pilhas. Posteriormente, o volume da pilha foi convertido para volume sólido, multiplicando o volume estéreo pelo fator de cubicação 0,68, descrito em Oliveira (2005).

O volume total da copa consistiu na somatória do volume dos galhos principais, secundários e terciários. Assim, o volume de resíduos da árvore explorada foi determinado mediante a soma dos volumes do resíduo da tora e copa.

$$V_{\text{copa}} = v_{\text{gp}} + v_{\text{gs}} + v_{\text{gt}}$$

Em que:

V_{copa} = volume da copa, m^3

v_{gp} = volume dos galhos principais, m^3

v_{gs} = volume dos galhos secundários, m^3

v_{gt} = volume dos galhos terciários, m^3

3.3.2 Determinação do volume dos resíduos da clareira

Durante a coleta, as árvores caídas encontravam-se entrelaçadas com outras árvores, havendo dificuldade em medir a copa, assim, a cubagem foi realizada apenas no fuste. Neste caso, o volume de resíduos de clareira foi obtido pelo somatório do volume individual das árvores caídas, não havendo determinação do volume de copa e resíduos do fuste.

As árvores caídas foram cubadas pelo método de Huber (FINGER, 1992):

$$v_f = (g_{m_1} \times \ell_i) + (g_{m_2} \times \ell_i) + \dots + v_c$$

$$v_c = \frac{1}{2} \times g_i \times \ell_i$$

Em que:

V_f = volume do fuste, m^3

g_m = área seccional obtida na metade do comprimento da seção, m^2

ℓ_i = comprimento da seção, m

v_c = volume do parabolóide, m^3

3.3.3 Estimativa da área da clareira

A área da clareira formada em consequência da operação de corte foi estimada pelo método de Coordenadas, em que determinando as coordenadas iniciais (X_0Y_0), a direção (azimute) e distância entre dois pontos, estima-se as coordenadas do próximo ponto (X_1, Y_1), assim sucessivamente até chegar a X_nY_n , formando a área do polígono.

O cálculo das coordenadas deu-se pelas seguintes equações (VEIGA *et al*, 2007):

$$X_1 = X_0 + \Delta X$$

$$Y_1 = Y_0 + \Delta Y$$

Em que:

X_1, Y_1 = coordenadas do ponto 1

X_0, Y_0 = coordenadas do ponto 0 (origem)

$$\Delta X = d \times \sin(Az)$$

$$\Delta Y = d \times \cos(Az)$$

d = distância horizontal entre os pontos 0 e 1

Az = azimute de queda da árvore

Após encontrar todos os vértices do polígono, a área foi estimada pela equação seguinte (HUSCH *et al*, 1982):

$$\text{Área} = \frac{1}{2} [(X_2Y_1 + X_3Y_2 + \dots + X_1Y_n) - (X_1Y_2 + X_2Y_3 + \dots + X_nY_1)]$$

3.3.4 Estimativa do volume dos resíduos da operação de corte por hectare

A metodologia para determinar o volume de resíduos por hectare foi de acordo com Husch *et al*, (1982), na qual, utilizando um fator de proporcionalidade (F) o volume por hectare foi determinado por:

$$F = \frac{\text{unidade de área}}{\text{área amostral}}$$

$$V_{m^3/ha} = (v_i \times F)$$

Em que:

F = fator de proporcionalidade

Unidade de área de 1 ha = 10.000 m²

Área amostral = tamanho da unidade amostral associada com a árvore, neste estudo, área da clareira, m²

V = volume do resíduo da operação de corte, m³/ha

v_i = volume individual do resíduo da operação de corte, m³

3.3.5 Análise descritiva dos dados

Para descrever a amostra estudada, a análise descritiva dos dados abrangeu a determinação da média aritmética, desvio padrão, valores extremos (máximo e mínimo) e o intervalo de confiança para a média dos volumes.

3.3.6 Teste estatístico

Foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) comparando-se ao final os valores de F e $p < 0,005$:

- Hipótese: Utilizou-se o volume médio obtido para cada uma das partes que compõem a árvore explorada, registrados em quatro blocos de exploração.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para o volume de resíduos da operação de corte para cem árvores amostra são os seguintes:

- A relação percentual encontrada para resíduos da tora foi 4,3% e galhos em torno de 24,32%, indicando que o resíduo que permaneceu na floresta representou 28,62% do volume disponível por árvore explorada;
- O volume médio de toco, base da copa e galhos principais são diferentes estatisticamente.
- Em termos de contribuição percentual ao volume de resíduos da árvore explorada, os galhos principais foram os mais representativos, 10,25%, seguido dos galhos secundários e terciários, ambos em torno de 7%, o toco contribuiu com 2,14%, a base da copa com 1,19% e as sapopemas e sobras da tora contribuíram com menos de 1%, cada.
- Os quatro blocos estudados disponibilizam 32,27 m³ de resíduos de sapopemas, referente a cinco espécies.
- A área média aberta pela operação de corte de cem árvores amostra foi de 206 m², na qual foram encontradas nas áreas de influência do corte (clareira), 264 árvores caídas, representando em termos de resíduos 52,2 m³.
- Com base na área amostral de 206 m², a média para os blocos estudados, foi em torno de 16,13 m³/ha para resíduos de galhos. Assim, a área total dos quatro blocos (190 ha), disponibiliza 3.064,7 m³ de resíduo de galhos.
- O volume de resíduo da árvore explorada que poderá ser aproveitável, o que incluiu sapopemas, base da copa e galhos primários e secundários, foi de 13,44 m³/ha, o que correspondeu para uma área de 190 ha um total de 2.553,6 m³ destes resíduos aproveitáveis.

- Para resíduo gerado pelo corte da árvore explorada, o volume foi em torno de 18,99 m³/ha, enquanto que para resíduos da árvore explorada e árvores caídas durante a operação de corte foi, 25,42 m³/ha.
- A relação de resíduos encontrada em cada categoria de resíduo para cada 1 m³ de tora extraída foi maior que a relação estabelecida pela legislação, indicando que este índice não é fixo, variando por área manejada, com exceção da categoria resíduo aproveitável da árvore explorada que foi menor que 1, indicando que a empresa já vem realizando aproveitamento de outras partes lenhosas que compõem a árvore explorada.

4.1 Determinação do volume dos resíduos da operação de corte

4.1.1 Volume dos resíduos da árvore comercial explorada

Em termos percentuais, o resíduo produzido pela árvore explorada representou 28,62% do volume disponível por árvore, destes, 4,3% foi a contribuição de resíduo da tora e 24,32% para resíduo de galhos. Estes resultados encontrados para resíduo de galhos foram próximos aos encontrados por Cruz (1985), em que a relação percentual foi de 20,7% e que, no mínimo, 25,5% do volume disponível por árvore permanecem na floresta sem utilização.

Considerando todas as fases da exploração florestal, Barros *et al* (2007) e Souza (2009) concluíram que resíduos provenientes dos galhos de árvores exploradas e de árvores caídas durante o abate, representaram a maior parte do total de resíduos produzidos durante a exploração florestal, variando de 70 a 83%.

A Tabela 3 apresenta a análise descritiva para os volumes dos resíduos (m³), com a presença e eliminação dos *outliers* extremos do DAP. Os componentes que constituíram resíduos foram distribuídos em resíduos de tora e galhos.

O volume médio das árvores exploradas foi igual a $5,49 \text{ m}^3$, destes, $1,57 \text{ m}^3$ foi o volume de resíduos gerado por árvore. Após a remoção dos *outliers*, o volume de resíduos ficou em torno de $1,48 \text{ m}^3$.

O desvio padrão indicou o quanto, em termos médios, os volumes variaram em relação a sua média, ou seja, quanto maior o desvio padrão, mais heterogêneo foi os dados das árvores amostra, podendo ser observado que os desvios diminuíram após a eliminação dos *outliers*.

Os valores máximo e mínimo apresentaram os maiores e menores valores encontrados para cada composição do volume dos resíduos, enquanto o Intervalo de confiança (IC) determinou os limites inferior e superior, dentro do qual se esperou encontrar, probabilisticamente, o valor real do volume de resíduos em termos de sua média.

Permitindo assim, concluir que as médias para o volume dos componentes que constituíram resíduos da árvore explorada encontraram-se dentro do intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade.

- ANOVA

A Tabela 3 apresenta o resultado da Análise de Variância para as partes que compõem os resíduos da árvore explorada nos quatro blocos estudados. De acordo com a tabela abaixo, existem diferenças entre as médias a um nível de significância de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Porém, a Análise de Variância não informa se todas as médias são diferentes entre si ou quais são diferentes. Assim, as médias dos volumes das partes que compõem o resíduo da árvore explorada foram comparadas através do teste de Tukey (Tabela 4). De acordo com esta tabela, o volume médio do toco, base da copa e galhos principais são diferentes entre si estatisticamente.

Tabela 2. Análise descritiva da composição dos resíduos da árvore explorada, m³

Com outliers						
Composição	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Intervalo de Confiança inferior	Intervalo de Confiança Superior
Resíduo da árvore explorada	1,57	0,95	5,58	0,49	1,41	1,73
Tora	Toco	0,12	0,08	0,45	0,03	0,13
	Sapopema	0,24	0,24	0,75	0,02	0,32
	Sobras da tora	0,42	0,18	0,69	0,19	0,44
	Base da copa	0,07	0,15	1,46	0,01	0,10
Copa	G. Principais	0,56	0,49	3,91	0,04	0,64
	G. Secundários	0,39	0,44	2,87	0,01	0,46
	G. Terciários	0,38	0,16	0,98	0,13	0,41
Sem outliers						
Composição	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	Intervalo de Confiança Inferior	Intervalo de Confiança Superior
Resíduo da árvore explorada	1,48	0,82	5,58	0,49	1,34	1,61
Tora	Toco	0,11	0,07	0,45	0,03	0,12
	Sapopema	0,24	0,24	0,75	0,02	0,28
	Sobras da tora	0,36	0,14	0,52	0,19	0,38
	Base da copa	0,07	0,15	1,46	0,01	0,09
Copa	G. Principais	0,55	0,48	3,91	0,04	0,63
	G. Secundários	0,33	0,30	1,65	0,01	0,38
	G. Terciários	0,38	0,16	0,98	0,13	0,41

Tabela 3. Análise de variância para as partes que compõem o resíduo da árvore explorada

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	P	F crítico
Composição do resíduo da árvore explorada	0,633	6	0,106	5,537	0,001	2,573
Erro	0,400	21	0,019			
Total	1,034	27				

Tabela 4. Resultado da comparação entre o volume médio das partes que compõem a árvore explorada através do teste de Tukey

Blocos	Toco	Sapopema	Sobras da tora	Base da copa	Galhos Principais	Galhos Secundários	Galhos Terciários
I	0,11	0,00	0,00	0,04	0,40	0,24	0,35
II	0,14	0,08	0,00	0,22	0,55	0,29	0,51
III	0,21	0,00	0,19	0,26	0,31	0,22	0,70
IV	0,11	0,27	0,46	0,06	0,60	0,43	0,35
Média	0,12**	0,24	0,42	0,07**	0,56**	0,39	0,38

** significativo a 5% de probabilidade

A Figura 8 ilustra a contribuição percentual de cada componente da árvore explorada em relação ao seu volume total. Os galhos principais foram os mais representativos, 10,25%, seguido dos galhos secundários e terciários, ambos em torno de 7%, o toco contribuiu com 2,14%, a base da copa com 1,19% e as sapopemas e sobras da tora contribuíram com menos de 1%, cada.

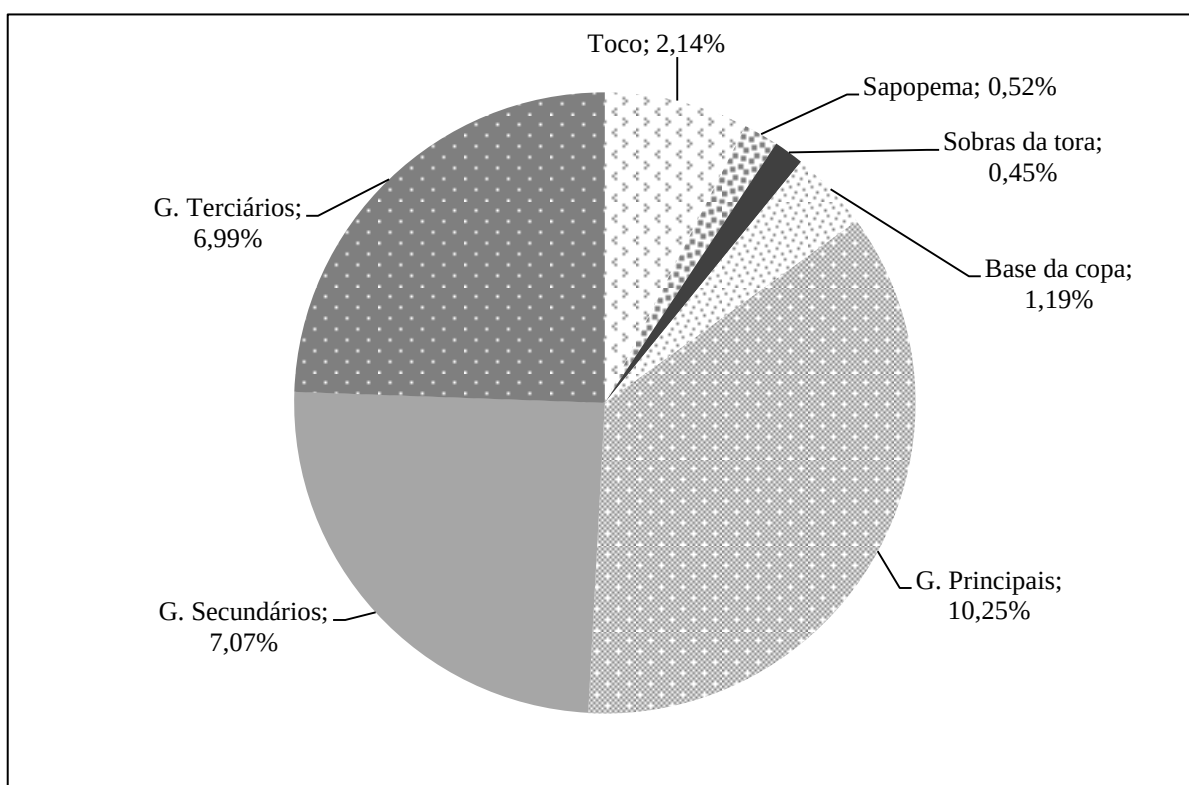


Figura 8. Contribuição da composição dos resíduos em porcentagem

No grupo de cem árvores amostra, foram encontradas cinco espécies que apresentaram características de raízes tabulares (sapopemas). A Tabela 5 apresenta o volume médio de resíduo de sapopema destas espécies.

Porém, a quantidade de árvores exploradas destas espécies nos quatro blocos estudados possibilitou estimar o volume total de resíduo de sapopemas gerado nos quatro blocos. Assim, o volume de sapopemas disponível nos blocos foi de 32,27 m³.

Tabela 5. Volume médio de sapopemas por espécie e total dos blocos estudados, m³

Espécies	Quantidade de árvores mensuradas por espécie	Volume médio de sapopemas por espécie mensurada	Quantidade de árvores exploradas por espécie nos blocos	Volume total de sapopemas por espécie para 04 blocos
Abiurana	1	0,02	8	0,15
Angelim Pedra	2	0,32	35	11,05
Arura Branco	1	0,04	41	1,57
Breu Vermelho	7	0,30	63	18,63
Tanibuca	1	0,08	11	0,86
Média				32,27

A Tabela 6 apresenta uma análise por classe diamétrica do volume de resíduos das árvores exploradas (m³), segundo sua composição, resíduos de tora e galhos.

Após a remoção dos dados de DAP discrepantes, houve uma redução do volume na última classe, ≥ 70 cm. Em ambos os casos, com e sem *outliers*, o desvio padrão nesta classe foi maior que o desvio total, principalmente, para resíduo de galhos, que apesar da eliminação dos *outliers*, continuou apresentando alta dispersão dos volumes em relação à média.

Tabela 6. Análise descritiva do volume em m³ do resíduo da árvore explorada por classe diamétrica

Com outliers				
	Resíduo da tora		Resíduo de galhos	
Classe	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
50-55	0,18	0,22	0,96	0,32
55-60	0,14	0,07	1,12	0,41
60-65	0,30	0,23	1,11	0,43
65-70	0,18	0,08	1,47	0,74
>70	0,41	0,38	2,07	1,28
Média Geral	0,24	0,25	1,33	0,82
Sem outliers				
	Resíduo da tora		Resíduo de galhos	
Classe	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
50-55	0,18	0,22	0,96	0,32
55-60	0,14	0,07	1,12	0,41
60-65	0,30	0,23	1,11	0,43
65-70	0,18	0,08	1,47	0,74
>70	0,36	0,40	1,85	1,18
Média Geral	0,22	0,23	1,26	0,71

4.1.2 Volume dos resíduos de clareira

A metodologia mais utilizada para estimar área de clareira é medindo várias medidas de distância a partir de um ponto central na clareira, na qual são formadas figuras geométricas e a área determinada pela soma da área das figuras.

Neste estudo, utilizamos seis coordenadas de direção e medidas de distância, em que a área foi estimada pelo método das coordenadas. A área média aberta pela operação de corte foi de 206 m², na qual foram encontradas nas áreas de influência do corte, 264 árvores caídas, representando em termos de resíduos 52,2 m³.

A área de clareira encontrada neste estudo foi menor quando comparado aos encontrados na literatura, pois, há diferenças de localização entre as áreas estudadas e no método utilizado para estimar a área.

Johns *et al* (1998) que ao comparar os danos nas explorações madeireiras com e sem planejamento, usou a metodologia do ponto central de clareira, estimando a área pela soma dos triângulos resultantes, em média 355 m² e 166 m², para exploração sem planejamento e com planejamento, respectivamente.

Silva (2004) utilizou um número necessário de medidas de distâncias para formar figuras geométricas. O autor analisou se havia diferença entre os tamanhos de clareira formados pela exploração de impacto reduzido, exploração convencional e clareiras naturais. Estimando em média para exploração de impacto reduzido, 238 m², exploração convencional em 206 m² e clareiras naturais, 168 m².

4.2 Estimativa do volume de resíduos por hectare

A Tabela 7 apresenta o volume total de resíduos e por hectare para cem árvores amostras distribuído em quatro blocos, para as seguintes categorias de resíduos: de galhos, o que poderá ser aproveitável da árvore explorada, total da árvore explorada e resíduo da árvore explorada e árvores caídas durante a operação de corte.

O volume dos resíduos em m³/ha foi determinado com base na área amostral de 206 m², então, se obteve a média para os blocos estudados, que foi em torno de 16,13 m³/ha para resíduos de galhos. Com base neste quantitativo, extrapolou-se o volume de resíduos de galhos para a área total dos quatro blocos (190 ha), disponibilizando assim 3.064,7 m³ de resíduo de galhos nos quatro blocos.

O volume de resíduo da árvore explorada que poderá ser aproveitável, o que incluiu sapopemas, base da copa e galhos primários e secundários, foi de 13,44 m³/ha, o que correspondeu para uma área de 190 ha um total de 2.553,6 m³ de resíduos aproveitáveis disponíveis.

Para resíduo da árvore explorada, o volume foi em torno de 18,99 m³/ha, enquanto que para resíduo total que incluiu a árvore explorada e árvores caídas durante a operação de corte foi, 25,42 m³/ha. Porém, devem-se levar em consideração algumas particularidades entre as espécies exploradas: tamanho em DAP, presença ou ausência de sapopemas e arquitetura da copa.

Tabela 7. Volume total e por unidade de área para cada categoria de resíduo

Volume total de resíduos, m³				
Blocos	Galhos	Aproveitável da árvore explorada	Árvore explorada	Árvore explorada e árvores caídas durante a operação de corte
I	10,90	7,45	12,53	23,76
II	14,79	11,25	18,16	21,86
III	4,93	2,56	6,21	9,37
IV	102,85	89,92	120,20	155,32
Total	133,47	111,18	157,10	210,32
Volume de resíduos, m³/ha				
I	5,27	3,60	6,06	11,49
II	7,15	5,44	8,78	10,57
III	2,38	1,24	3,00	4,53
IV	49,73	43,47	58,11	75,09
Média	16,13	13,44	18,99	25,42

A relação do volume explorado de toras extraídas com o volume de resíduo, de acordo com a legislação brasileira, é retirar 1 m³ de resíduo da exploração florestal para cada de 1 m³ de tora extraída. Neste estudo, estabeleceu-se a relação entre o volume das toras extraídas (R/T) com o volume de resíduos em m³/ha.

O volume de toras extraídas em m³/ha foi determinado com base na relação do volume total de tora extraída por bloco, que incluiu além da tora das cem árvores amostras outras toras não mensuradas, com a área do respectivo bloco (Tabela 8). Através do volume de tora em m³/ha, foram obtidos os índices da relação encontrados para resíduo de galhos, resíduo aproveitável da árvore explorada, resíduo total da árvore explorada e resíduo da árvore explorada mais as árvores caídas durante a operação de corte (Tabela 9).

O índice encontrado neste estudo, 1,76, para o volume do resíduo total que incluiu a árvore explorada e árvores caídas durante a operação de corte foi próximo ao encontrado por Souza (2009), que encontrou a relação entre o volume de resíduos gerados de copa, árvores quebradas e tombadas com o volume das toras extraídas, em 1,78. No entanto, segundo a autora, este índice mostrou ser maior que a relação estabelecida pelo IBAMA que é de 1:1 m³, indicando que este índice pode variar para cada estudo específico.

Tabela 8. Volume total da tora extraída e por unidade de área

Blocos	Área por bloco (ha)	Volume da tora por blocos	Volume da Tora extraída (m³/ha)
I	10	546,14	54,61
II	50	621,20	12,42
III	20	396,51	19,83
IV	110	1436,77	13,06

Tabela 9. Índice da relação dos resíduos por categoria com o volume em m³/ha das toras extraídas.

Blocos	R/T			
	Galhos	Resíduo Aproveitável da árvore explorada	Árvore explorada	Árvore explorada e de árvores caídas durante a operação de corte
I	0,10	0,07	0,11	0,21
II	0,58	0,44	0,71	0,85
III	0,12	0,06	0,15	0,23
IV	3,81	3,33	4,45	5,75
Média	1,15	0,97	1,35	1,76

5 CONCLUSÃO

A valorização da madeira e dos produtos florestais aumenta a necessidade de priorizar o conhecimento do estoque florestal. Os resíduos da exploração florestal é uma fonte importante de biomassa a ser aproveitada para gerar alternativas de uso que viabilizem seu manuseio.

O índice que relaciona o volume de resíduos com o volume de tora extraída mostrou ser maior que a relação estabelecida pela legislação vigente, indicando que este índice pode variar para cada área manejada.

6 REFERÊNCIAS

- AMARAL, P.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; VIDAL, E. Corte das árvores. In: **Floresta para sempre: um manual para a produção de madeira na Amazônia**. Belém: IMAZON, 1998. p. 64-76.
- BAKER, T.R.; CORONADO, E.N.H.; PHILLIPS, O.L.; MARTIN, J.; HEIJDEN, G.M.F.; GARCIA, M.; ESPEJO, J.S. Low stocks of coarse woody debris in a southwest Amazonian forest. **Oecologia**, v.152, p. 495-504, 2007.
- BARROS, P.L.C.; NUMAZAWA, S.; BARROS, D.S.; FERREIRA, J.E.R. **Quantificação de resíduos de exploração e de árvores de queda natural em florestas manejadas na Amazônia: O caso da Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2007. 48p. (Relatório técnico).
- BAUER, Sandra Regina Tartaglia. **Resíduos da exploração florestal de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden para geração de energia elétrica**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, 2001. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia).
- BRASIL. **Ministério de Minas e Energia**. 2012. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/matriz-energetica/bionergia-biomassa>. Acesso em: 20 out. 2012.
- BROKAW, N.V.L. The definition of treefall gap and its effect on measures of forest dynamics. **Biotropica**, v.14, p. 158-160. 1982.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 406, de 02 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável-PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. **Diário Oficial da União**, 2009. nº 26. Seção 1. p. 100.
- CRUZ, Eduardo Coutinho da. **Quantificação volumétrica do material lenhoso de espécies da floresta tropical úmida de terra firme no Distrito Agropecuário da SUFRAMA**. Manaus: INPA/FUA, 1985. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas).
- CRUZ FILHO, D.; SILVA, J.N.M. Avaliação da quantidade de resíduos lenhosos em floresta não explorada e explorada com técnicas de redução de impactos, utilizando amostragem por linha interceptadora, no Médio Mojú, Amazônia Oriental, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v.39, n.3, p. 527-532, 2007.
- FINGER, C. A. G.. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. 269p.

FILHO, Aldemir Fernandes Galvão. **Avaliação da aplicabilidade do método de amostragem por linhas interceptadoras na quantificação de resíduos de exploração florestal nas condições de uma floresta de terra firme na Amazônia Brasileira.** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2010. 84f.:il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

FILHO, Sérgio Evandro Costa Martins. **Avaliação dos danos e métodos de regulação da floresta submetida à exploração de impacto reduzido na Amazônia Oriental.** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2006. 120 p.il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

FRANCEZ, Luciana Maria de Barros. **Impacto da exploração florestal na estrutura de uma área de floresta na região de Paragominas, PA, considerando duas intensidades de colheita.** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2006. 203f.:il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

GARCIA, Iralene Maria Wanzeler. **Quantificação e rendimento de resíduos aproveitáveis para madeira serrada da copa das árvores provenientes de exploração florestal.** Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

GREEN, P.T. Canopy gaps in rain forest on Christmas Island, Indian Ocean: size distribution and methods of measurement. **Journal of Tropical Ecology**, v.12, p. 427-434, 1996.

HOLDSWORTH, A.R.; UHL, C. Fire in Amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction. **Ecological Applications**, v.7, p. 173-725, 1997.

HUSCH, BERTRAM; MILLER, CHARLES I.; BEERS, THOMAS W. **Forest Mensuration.** 3ª Edição. John Wiley & Sons, 1982. 402p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Instrução Normativa nº 05, de 11 de dezembro de 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável-PMFS nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2006. nº 238. Seção 1. p.155-159.

JANKAUSKIS, JURIS. **Avaliação de resíduos florestais oriundos da exploração mecanizada da floresta tropical densa de terra firme.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1983. 104p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

JOHNS, J.S.; BARRETO, P.; UHL, C.; **Os danos da exploração de madeira com e sem planejamento na Amazônia Oriental.** Série Amazônia nº 16. Belém: IMAZON, 1998. 42p.il.

LIMA, R.A.F. Estrutura e regeneração de clareira em florestas pluviais tropicais. **Revista Brasil. Bot.**, v.28, n.4, p. 651-670, out./dez. 2005a.

LIMA, R.A.F. Gap size measurement: the proposal of a new field method. **Forest Ecology and Management**, v.214, p. 413-419. 2005b.

NUMAZAWA, Sueo. **Aproveitamento de resíduos da exploração florestal em Curuá-Uma/PA, para produção de carvão vegetal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1986. 140p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

OLIVEIRA, Karina Márcia. **Estimativa do volume em estéreo de uma área de quatro hectares de uma floresta nativa no município de Itacoatiara para fins energéticos**. Manaus: Universidade do Estado do Amazonas, 2005. 87p. Monografia.

PALACE, P.; KELLER, M.; ASNER, G.P.; SILVA, J.N.M.; PASSOS, C. Necromass in undisturbed and logged forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 238, p. 309–318, 2007.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J. VERÍSSIMO, A. O setor madeireiro da Amazônia. In: **Fatos Florestais**. Belém: IMAZON, 2010. 124p.il.

PINTO, Alberto Carlos Martins. **Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime de manejo florestal sustentável na Amazônia Ocidental**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 87p. Dissertação de Mestrado.

PINHEIRO, G.S.; TIMONI, J.L. Comparação de métodos para estimar áreas de clareiras em povoamentos de Eucalipto. **Holos Environment**, v.2, n.1, p. 52-64. 2002.

PINHO, Gustavo Stancioli Campos de. **Efeito de diferentes métodos de corte de cipós na condução do manejo florestal visando a produção sustentada de madeira industrial, na Floresta Nacional do Tapajós/PA**. Brasília: Universidade de Brasília, 2003. 47p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

SABOGAL, C.; SILVA, J.N.M.; ZWEEDE, J.; JÚNIOR, R.P.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C.A. **Diretrizes técnicas para a Exploração de Impacto Reduzido em operações florestais de Terra firme na Amazônia Brasileira**. Belém: Projeto Embrapa-CIFOR: Manejo Florestal sustentável em pequena escala comercial na Amazônia Brasileira, 2000.24p.

SILVA, Edson José Vidal da. **Dinâmica de florestas manejadas e sob exploração Convencional na Amazônia Oriental**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2004. 171p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental).

SILVA, M.G.; NUMAZAWA, S.; ARAÚJO, M.M.; NAGAISHI, T.Y.R.; GALVÃO, G.R. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v.37, n.1, p. 61-70, 2007.

SILVA, Roseana Pereira da. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)**. Manaus: INPA/UFAM, 2007. 152 p.il. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais).

SOARES, S.C.; NASCIMENTO FILHO, V.B.; SOARES, A.G.; LIBÓRIO, A.M.; ALVES, S.C.O. Aproveitamento de resíduos de madeiras por três espécies madeireiras no município de Benjamin Constant-AM/Brasil. **Rev. Colombiana Cienc. Anim.**, v.2, n.1, p.117-123, 2010.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; DE SOUZA, A. L. **Dentrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 276p.il.

SOUZA, Milena Pantoja de. **Estudo comparativo dos estoques das diferentes fontes geradoras de resíduos de exploração florestal em áreas manejadas nos municípios de Anapú e Portel, Pará**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009. 123f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

SUFRAMA. **Potencialidades regionais: Estudos de Viabilidade Econômica, Produtos Madeireiros**. Manaus, 2003. 18p.

UHL, C.; CLARCK, K.; MAQUIRINO, P. Vegetation dynamics in Amazonian treefall gaps. **Ecology**, v.69, p. 751-763, 1988.

VEIGA, L.A.K.; ZANETTI, M.A.Z.; FAGGION, P.L. **Fundamentos de Topografia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. Disponível em: http://www.cartografia.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf. Acesso em: 25 jan. de 2012.