

RENATO BEZERRA DA SILVA RIBEIRO

**QUANTIFICAÇÃO E VALORAÇÃO DE RESÍDUOS DA COLHEITA
FLORESTAL NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

R484q
2013

Ribeiro, Renato Bezerra da Silva, 1986-

Quantificação e valoração de resíduos da colheita florestal
na Floresta Nacional do Tapajós, Pará / Renato Bezerra da Silva
Ribeiro. – Viçosa, MG, 2013.

xvi, 73 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Agostinho Lopes de Souza.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Reservas florestais - Conservação. 2. Resíduos vegetais.
3. Madeira - Exploração. 4. Amazônia. 5. Floresta Nacional do
Tapajós (PA). I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em
Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt. CDD 634.9618

RENATO BEZERRA DA SILVA RIBEIRO

**QUANTIFICAÇÃO E VALORAÇÃO DE RESÍDUOS DA COLHEITA
FLORESTAL NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, PARÁ**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVADA: 11 de Julho de 2013.

Carlos Pedro Boechat Soares
(Coorientador)

Gilson Fernandes da Silva

Agostinho Lopes de Souza
(Orientador)

A minha querida mãe
Maria Creuza Bezerra da Silva

A minha família

A minha princesa
Francicleide Costa Corrêa

Ao meu grande amigo
Professor João Ricardo Vasconcellos Gama

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que Ele me proporcionou e me proporciona todos os dias.

A minha querida mãe Maria Creuza Bezerra da Silva, por todo apoio, carinho e amor, durante toda a minha vida acadêmica e pessoal, meu muito obrigado por acreditar sempre em mim!

A minha princesa Francicleide Costa Corrêa, pela positividade nos momentos difíceis, pela paciência, compreensão, carinho e amor, recebidos durante essa jornada e na vida pessoal.

A Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Agostinho Lopes de Souza, pela orientação e ensinamentos.

Ao professor João Ricardo Vasconcellos Gama, pela confiança, pelo incentivo, pela amizade, pelos ensinamentos do dia-a-dia e pela minha formação como profissional.

Ao professor Hélio Garcia Leite pelas valiosas sugestões e contribuições ao trabalho.

Aos professores Carlos Pedro Boechat Soares e Gilson Fernandes da Silva por aceitarem fazer parte da banca examinadora contribuindo com suas críticas e sugestões ao trabalho.

Aos professores Ulisses e Rommel pelo grande apoio prestado para a minha vinda a Viçosa.

A Ritinha e ao Alexandre, da Coordenação de Pós-Graduação em Ciência Florestal, por sua dedicação e eficiência.

A Cooperativa Mista Flona Tapajós Verde, pela oportunidade de execução e investimento na pesquisa desenvolvida.

Ao Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade (ICMBio), pelo apoio na pesquisa desenvolvida na Floresta Nacional do Tapajós.

Aos colegas de departamento, Gustavo Marcatti (me ajudou bastante, obrigado), Lívia Figueiredo, Lyvia Juliene, Camila Costa, Ricardo Peloso e Ricardo Gaspar, pelos auxílios e pela convivência.

Aos colegas da república raça da danada, Marcão, Baiano, Ícaro e William, pela amizade e pela convivência.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

BIOGRAFIA

RENATO BEZERRA DA SILVA RIBEIRO, filho de José Palheta Ribeiro e Maria Creuza Bezerra da Silva, nasceu em Santarém, Pará, no dia 22 de dezembro de 1986.

Em maio de 2005, iniciou o curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal Rural da Amazônia – Unidade Descentralizada do Tapajós, Santarém-Pará, graduando-se em outubro de 2009.

Em agosto de 2011, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, na área de Manejo, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, obtendo o título de *Magister Scientiae* em julho de 2013.

ÍNDICE

| | |
|---------------------------------|------|
| LISTA DE TABELAS..... | ix |
| LISTA DE FIGURAS..... | xi |
| RESUMO..... | xiii |
| ABSTRACT..... | xv |
| INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 5 |

CAPÍTULO 1

| | |
|---|----------|
| DIRETRIZES TÉCNICAS PARA QUANTIFICAÇÃO, EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS FLORESTAIS PÓS-COLHEITA PARA O SETOR MOVELEIRO – ESTUDO DE CASO COOMFLONA..... | 6 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 7 |
| 1.1. Objetivo Geral..... | 9 |
| 1.2. Objetivos Específicos..... | 9 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 9 |
| 2.1. Área de Estudo..... | 9 |
| 2.2. Caracterização dos resíduos florestais neste estudo..... | 10 |
| 2.3. Coleta e análise dos dados..... | 11 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 12 |
| 3.1. Descrição das Atividades..... | 12 |
| 3.2. Quantificação..... | 12 |
| 3.3. Localização e preparação..... | 16 |

| | |
|---|----|
| 3.4. Operação de arraste..... | 20 |
| 3.5. Operações no pátio de estocagem..... | 22 |
| 3.6. Beneficiamento dos resíduos..... | 27 |
| 3.7. Transporte e armazenamento..... | 33 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 33 |
| 5. RECOMENDAÇÕES..... | 34 |
| 6. AGRADECIMENTOS..... | 34 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 34 |

ARTIGO 1

MÉTODOS PARA ESTIMAR O VOLUME DE FUSTES E GALHOS NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS.....

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 37 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 39 |
| 2.1 Área de Estudo..... | 39 |
| 2.2 Coleta de dados..... | 40 |
| 2.3 Análise dos dados..... | 41 |
| 2.4 Avaliação dos métodos..... | 43 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 43 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 51 |
| 5. AGRADECIMENTOS..... | 52 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 52 |

ARTIGO 2

ANÁLISE FINANCEIRA DA EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS FLORESTAIS PÓS-COLHEITA NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS.....

| | |
|-------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 55 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 57 |
| 2.1 Área de estudo..... | 57 |
| 2.2 Coleta e Análise dos Dados..... | 57 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 62 |
| 3.1 Dados Gerais..... | 62 |
| 3.2 Receitas e custos..... | 65 |
| 3.3 Avaliação dos cenários..... | 69 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 4. CONCLUSÕES..... | 71 |
| 5. AGRADECIMENTOS..... | 71 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 71 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

DIRETRIZES TÉCNICAS PARA QUANTIFICAÇÃO, EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS FLORESTAIS PÓS-COLHEITA PARA O SETOR MOVELEIRO – ESTUDO DE CASO COOMFLONA.....6

Tabela 1. Lista de espécies e número de árvores-amostra para o estudo 13

ARTIGO 1

MÉTODOS PARA ESTIMAR O VOLUME DE FUSTES E GALHOS NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS37

Tabela 1. Lista de espécies e número de árvores-amostras por classe de diâmetro.....40

Tabela 2. Resultado dos parâmetros de qualidade de ajuste para as estimativas obtidas pelas equações e RNAs para os volumes de fuste e galhos.....51

ARTIGO 2

ANÁLISE FINANCEIRA DA EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS FLORESTAIS PÓS-COLHEITA NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS54

Tabela 1. Espécies comerciais estudadas e suas respectivas densidades58

Tabela 2. Preços de madeira serrada no mercado formal (PMF) e informal (PMI) de Santarém para as espécies estudadas59

Tabela 3. Cenários avaliados no estudo60

| | |
|--|----|
| Tabela 4. Encargos sociais e trabalhistas utilizados para a estimativa do pagamento de mão-de-obra..... | 61 |
| Tabela 5. Lista de espécies comerciais com os seus respectivos volumes de resíduos extraídos na Área de Manejo Florestal da COOMFLONA..... | 62 |
| Tabela 6. Rendimento de madeira serrada pelo beneficiamento dos resíduos na Área de Manejo Florestal da COOMFLONA..... | 63 |
| Tabela 7. Receitas estimadas considerando os preços de madeira serrada no mercado formal (REPMF) e informal (REPMI) de Santarém | 65 |
| Tabela 8. Custos obtidos na atividade de extração e beneficiamento de resíduos florestais pós-colheita na Área de Manejo Floresta da COOMFLONA | 66 |
| Tabela 9. Receitas estimadas com a venda de madeira na forma de dormente e madeira serrada provenientes do beneficiamento dos resíduos florestais pós-colheita na Área de Manejo Florestal da COOMFLONA..... | 68 |
| Tabela 10. Custos e receitas nos cenários avaliados | 69 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

DIRETRIZES TÉCNICAS PARA QUANTIFICAÇÃO, EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS FLORESTAIS PÓS-COLHEITA PARA O SETOR MOVELEIRO – ESTUDO DE CASO COOMFLONA.....6

| | |
|---|----|
| Figura 1. Resíduos florestais que possuem aproveitamento para o setor moveleiro. | 10 |
| Figura 2. Resíduos da espécie garapeira que fez parte deste estudo. | 11 |
| Figura 3. Equipe de cubagem em um resíduo de maçaranduba. | 15 |
| Figura 4. Esquema para o seccionamento virtual no caso de toretes bifurcados. | 15 |
| Figura 5. Mapa logístico do planejamento e execução do arraste utilizado na localização dos resíduos das árvores selecionadas. | 17 |
| Figura 6. Localização dos resíduos na área de colheita. | 18 |
| Figura 7. Ambiente em que os resíduos estão e a execução da limpeza no local. | 18 |
| Figura 8. Corte dos galhos finos e preparação do resíduo para o arraste. | 19 |
| Figura 9. “Enlaçamento” do cabo da skidder em um resíduo de maçaranduba. | 21 |
| Figura 10. Arraste dos resíduos até o pátio de estocagem..... | 21 |

| | |
|--|----|
| Figura 11. Resíduo de muiracatiara sendo dividido em toretes para facilitar a cubagem rigorosa. | 23 |
| Figura 12. Esquema para cubagem rigorosa dos resíduos no pátio de estocagem. | 24 |
| Figura 13. Manejador executando a cubagem rigorosa em um torete de maçaranduba. | 25 |
| Figura 14. Numeração utilizada para rastreabilidade dos resíduos. | 26 |
| Figura 15. Empilhamentos dos resíduos (toretos) em um dos lados do pátio de estocagem. | 26 |
| Figura 16. Serraria portátil instalada no pátio de estocagem. | 28 |
| Figura 17. Carregadeira apoiando ao beneficiamento dos toretes. | 29 |
| Figura 18. Toretos enfileirados na lateral da serraria portátil. | 29 |
| Figura 19. Beneficiamento de um torete de fava-timborana, com blocos de 15 cm x 13 cm. | 30 |
| Figura 20. Madeira serrada dos toretos empilhadas próximo à serraria portátil. | 31 |
| Figura 21. Aparas e costaneiras geradas após o desdobro dos toretos. | 32 |

ARTIGO 1

MÉTODOS PARA ESTIMAR O VOLUME DE FUSTES E GALHOS NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS37

| | |
|--|----|
| Figura 1. Distribuição dos erros percentuais em relação ao volume observado, relação entre volumes estimados e observados e distribuição de frequência dos erros percentuais para volume de fuste utilizando análise de regressão. | 46 |
| Figura 2. Distribuição dos erros percentuais em relação ao volume observado, relação entre volumes estimados e observados e distribuição de frequência dos erros percentuais para volume de galhos utilizando análise de regressão. | 48 |
| Figura 3. Distribuição dos erros percentuais em relação ao volume observado, relação entre volumes estimados e observados e distribuição de frequência dos erros percentuais para volume de fuste pela RNA. | 49 |
| Figura 4. Distribuição dos erros percentuais em relação ao volume observado, relação entre volumes estimados e observados e distribuição de frequência dos erros percentuais para volume de galhos pela RNA. | 50 |

RESUMO

RIBEIRO, Renato Bezerra da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013. **Quantificação e valoração de resíduos da colheita florestal na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.** Orientador: Agostinho Lopes de Souza. Coorientadores: Hélio Garcia Leite e Carlos Pedro Boechat Soares.

Este estudo foi conduzido em uma floresta sob regime de manejo, concedida com direito real de uso aos comunitários da Floresta Nacional do Tapajós, cuja detentora do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) é a Cooperativa Mista da Flona Tapajós (COOMFLONA). Os objetivos foram quantificar e avaliar dois métodos para a estimativa volumétrica de fustes e galhos (resíduos) de árvores individuais; executar a análise financeira para extração e beneficiamento dos resíduos florestais pós-colheita; e propor diretrizes técnicas para quantificação, extração e beneficiamento de resíduos, baseado na experiência da COOMFLONA na Floresta Nacional do Tapajós. Para isso, inicialmente, foram cubados os fustes e galhos ($d \geq 20$ cm e comprimento ≥ 50 cm) de 516 árvores-amostra com amplitude diamétrica (DAP) entre 50 e 160 cm. Em seguida, ajustou-se o modelo de Schumacher e Hall (1993) com uma variável binária para a estimativa dos volumes de fuste comercial e de galhos (resíduos); por meio de regressão não linear e por meio do treinamento de redes neurais artificiais. Na análise financeira, os custos obtidos na extração e

beneficiamento dos resíduos foram registrados e estimados com a previsão de encargos sociais e trabalhistas; e a receita estimada, considerando o preço de madeira serrada no mercado formal e informal praticados na cidade de Santarém e na venda da madeira na forma de dormentes. Os resíduos foram processados por uma serraria portátil licenciada exclusivamente para a área de manejo da cooperativa. Foram avaliados e comparados oito cenários para verificar a melhor alternativa econômica. Para as diretrizes técnicas, cada atividade realizada nas etapas de quantificação, extração e beneficiamento dos resíduos foi descrita de forma detalhada com informações a respeito de cada atividade, equipes, materiais e equipamentos necessários para a execução da mesma. Os resultados demonstraram que as redes neurais estimaram com mais exatidão os volumes de fuste e galhos, do que a equação única para múltiplos volumes. As atividades de extração e beneficiamento dos resíduos florestais pós-colheita foi rentável na maioria dos cenários avaliados, sendo que o uso múltiplo gerou mais possibilidade de renda. Desta forma, pôde-se demonstrar, neste estudo, que este tipo de atividade gerou benefícios ecológicos, econômicos e sociais para as populações tradicionais que vivem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós e ganham renda com o manejo florestal comunitário na Amazônia.

ABSTRACT

RIBEIRO, Renato Bezerra da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2013. **Quantification and valuation of forest harvest residues in the Tapajós National Forest, Pará State.** Adviser: Agostinho Lopes de Souza. Co-advisors: Hélio Garcia Leite and Carlos Pedro Boechat Soares.

This study was conducted in an area of forest management granted to the traditional people who live in the Tapajós National Forest, which owns the Sustainable Forest Management Plan (SFMP) is a cooperative community called COOMFLONA. The objectives were to quantify and evaluate two methods for estimating volumetric stems and branches (forest residues) of individual trees; perform financial analysis for the extraction and processing of forest residues after harvesting, and propose technical guidelines for quantification, extraction and processing of residues, based on the experience of COOMFLONA in the Tapajós National Forest. Stems and branches ($d \geq 20$ cm and ≥ 50 cm length) were measured of 516 sample trees with diameter range between 50 and 160 cm. The model of Schumacher and Hall was adjusted with a dummy variable for estimating the volumes of commercial bole and branches (residues), and adjustment by means of training an artificial neural network. In the financial analysis, the costs obtained in the extraction and processing of forest residues were recorded and estimated predicting social and labor charges, and the estimated revenue, considering the price of sawn wood

in the formal and informal practiced in the city of Santarém and sale wood in the form of dormant. The residues were benefited by a portable sawmill licensed exclusively to the area of management of the cooperative. eight scenarios were evaluated and compared to determine the best economical alternative to activity. To prepare technical guidelines, each activity realized in the stages of quantification, extraction and processing of forest residues has been described in detail with information about each activity, teams, materials and equipment necessary for carrying out the same. The results showed that the artificial neural networks to estimate more accurately the volume of stem and branches, than the single equation for multiple volumes. The activity of extraction and processing of forest residues after harvest was profitable in most scenarios evaluated, and multiple use generated more chance of profitability. This type of activity generates environmental, economic and social benefits for the traditional populations living around the Tapajós National Forest, and gain income through community forest management in the Amazon.

INTRODUÇÃO GERAL

A Floresta Nacional do Tapajós (Flona Tapajós) foi criada pelo Decreto nº 73.684, de 19 de fevereiro de 1974, e incluiu a população que já residiam nas margens do Rio Tapajós. A Flona Tapajós tem área de 544.927 hectares e residem aproximadamente 7.500 pessoas, distribuídas em 29 comunidades rurais (MMA, 2008).

Com a aprovação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) pela Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que estabeleceu critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação e do Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, as Florestas Nacionais passaram a ser incluídas na categoria de Unidades de Uso Sustentável.

O SNUC, desde sua promulgação, veio com um escopo assegurando a participação da sociedade civil na gestão das Unidades de Conservação, tendo em seu artigo 4º inciso XIII, a seguinte redação, “proteger os recursos naturais necessários à subsistência das populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e cultura e promovendo-as social e economicamente”. E no artigo 5º inciso III, é estabelecido que “assegurem a participação efetiva das populações locais na criação, implantação e gestão das unidades de conservação”.

Desta forma, se tornou inegável que a população tradicional existente dentro da Floresta Nacional do Tapajós poderia ter acesso ao recurso natural

da Unidade para fins de subsistência e para obter benefícios sociais e econômicos por meio do manejo florestal. Todavia, para que isso se tornasse realidade, as comunidades teriam que se organizar e buscar meios para que fossem capazes de gerir e se tornarem sustentáveis nesta atividade.

A Cooperativa Mista da Flona Tapajós foi criada após 12 anos de muita discussão, a partir da implantação do Projeto Manejo da Floresta Nacional do Tapajós para a Produção Sustentada de Madeira Industrial, financiado pela Organização Internacional de Madeiras Tropicais (OIMT/ITTO), na Floresta Nacional do Tapajós (MMA, 2008).

No entanto, as comunidades locais questionavam a entrada de uma empresa para explorar madeira em larga escala dentro da Unidade de Conservação sem que eles, que moravam a mais de 100 anos na Flona Tapajós, pudessem usufruir dos benefícios advindos da Floresta (MMA, 2008).

Isso começou a mudar em 2002, a partir do apoio do ProManejo – Projeto de Apoio ao Manejo Florestal Sustentável na Amazônia/PPG7, o qual era executado pelo IBAMA, onde houve uma série de seminários/oficinas abordando o tema manejo comunitário, questões técnicas, benefícios sociais, gargalos e oportunidades, tendo como público os representantes das comunidades da Flona e entidades que já atuavam com o manejo comunitário (MMA, 2008).

Além de abordar os temas inerentes ao manejo comunitário, o ProManejo proporcionou inúmeras capacitações, intercâmbios técnicos e cursos sobre o assunto. Contudo, foi por meio de um estudo de viabilidade técnica e econômica, que ajudou a criar a Portaria N° 40/2003 do IBAMA, que permitiu, em caráter piloto e experimental, o desenvolvimento do Projeto Piloto de Manejo Florestal Comunitário para as comunidades da Flona Tapajós (MMA, 2008).

Este projeto foi denominado de Projeto Ambé, com a destinação de uma área de manejo específica de 32.586,56 ha para as comunidades em consonância com o Plano de Manejo da Floresta Nacional do Tapajós, sem que houvesse processo licitatório e obedecendo ao direito das comunidades pela Lei do SNUC (MMA, 2008).

E este marco culminou, em 2005, com a criação da cooperativa, com a missão de fornecer produtos e serviços de origem de manejo florestal

comunitário, aliado a agricultura familiar e por meio dos esforços das comunidades tradicionais da Flona Tapajós, trazendo benefícios econômicos, sociais e ambientais para as famílias envolvidas.

As atividades exploratórias da cooperativa iniciaram em nível experimental com uma Unidade de Produção Anual (UPA) de 100 ha e foi aumentando gradativamente para 300 ha (2006), 500 ha (2007), 700 ha (2008), até chegar a 1000 ha.ano⁻¹, a partir de 2009. Durante os três primeiros anos de atividades a COOMFLONA recebeu apoio financeiro do ProManejo, o qual foi finalizado em 2007, com a extinção do parceria. Desde então, a cooperativa passou a ser independente financeiramente.

Atualmente, a COOMFLONA está completando seu oitavo ano de atividade (UPA 8) na Floresta Nacional do Tapajós, cujo empreendimento é referência em manejo comunitário executado em grande escala na Amazônia, podendo dizer-se até em nível nacional, com o uso múltiplo dos recursos florestais.

O interesse para a utilização dos resíduos florestais pós-colheita como matéria-prima para o setor moveleiro, partiu de discussões envolvendo algumas comunidades da Flona Tapajós, que receberam investimento do ProManejo, junto com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), órgão gestor da Unidade. Estas comunidades buscavam um meio de obter matéria-prima para colocarem em funcionamento as máquinas adquiridas para fabricar móveis e pequenos artefatos de madeira.

Então, a COOMFLONA passou a ser o foco, pois já tinha um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) aprovado e vigente dentro da Unidade e poderia fornecer matéria-prima para estas comunidades. Entretanto, toda a produção de madeira em tora, isto é, 100%, é vendida para a indústria madeireira, impossibilitando a destinação por esta via.

Diante disso, em conformidade com a Instrução Normativa n° 05, de 11 de dezembro de 2006, foram iniciados os estudos de potencial para a utilização dos resíduos da exploração florestal como fonte de abastecimento para as comunidades, fortalecendo a cadeia de produtiva de móveis dentro da Floresta Nacional do Tapajós e fora da Unidade, como fornecedora de matéria-prima legal para os pólos moveleiros das cidades de Belterra, Mojuí dos Campos e Santarém.

Desse modo, elaborou-se este estudo visando obter parâmetros e resultados que possam servir de referência para o uso dos resíduos florestais após a colheita de madeira, como fonte de matéria-prima para o setor moveleiro na região oeste do Pará.

Assim sendo, o objetivo geral foi quantificar e avaliar o potencial econômico para a colheita e processamentos de resíduos da exploração florestal na produção de madeira para móveis e outros artefatos, além de descrever cada etapa no processo envolvido.

Os objetivos específicos foram:

- Propor diretrizes técnicas para extração de resíduos florestais pós-colheita, levando em consideração as atividades desenvolvidas na área de manejo florestal da COOMFLONA (Capítulo 1).
- Avaliar métodos para estimar o volume de fustes comerciais e galhos (resíduos florestais) na área de manejo florestal da COOMFLONA (Artigo 1).
- Identificar e analisar os custos e receitas envolvidos na atividade de extração e beneficiamento dos resíduos florestais (Artigo 2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto nº 73.684, de 19 de fevereiro de 1974. Cria a Floresta Nacional do Tapajós, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 20 fev. 1974. Seção 1, p. 1987.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 ago. 2002. Seção 1, p 9.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa N. 5, de 11 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=216088>>. Acesso em 09 jun. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Floresta Nacional do Tapajós – Plano de Manejo**. Volume 1, Brasília, 2004. 580 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Projeto Piloto de Manejo Florestal Madeireiro Comunitário na Flona do Tapajós**: Projeto Ambé – manejando a floresta e colhendo conhecimentos. Brasília, 2008. 85 p.

CAPÍTULO 1

Diretrizes técnicas para quantificação, extração e beneficiamento de resíduos florestais pós-colheita para o setor moveleiro – estudo de caso COOMFLONA

Resumo

O presente estudo elaborou diretrizes técnicas destinadas para a quantificação, extração e beneficiamento de resíduos florestais pós-colheita com a finalidade de uso no setor moveleiro do oeste paraense, levando em consideração as experiências da Cooperativa Mista da Flona Tapajós (COOMFLONA), Floresta Nacional de Tapajós. Os dados foram baseados nas atividades desenvolvidas no km 83 da BR-163, especificamente nas Unidades de Produção Anual nº 5 e 7 da Área de Manejo Florestal da COOMFLONA. Foi abordada, de forma detalhada, cada etapa envolvida no processo, desde a quantificação até o produto final com a madeira serrada dos resíduos. Cada etapa foi analisada e descrita visando apresentar as características das atividades, materiais e equipamentos necessários e recurso humano para o desenvolvimento das mesmas. Para cada 1 m³ de madeira em tora, teve-se 0,3990 m³ de madeira com potencial de uso no setor moveleiro. O rendimento obtido com a madeira serrada dos resíduos foi de 53%, valor acima do rendimento na indústria madeireira. A atividade pode ser executada de forma concomitante com colheita de madeira, desde que o pátio de estocagem esteja vazio e com 30 dias após a derruba.

Palavras-chave: Manejo Florestal Sustentável, madeira serrada, Flona Tapajós

Technical guidelines for measurement, extraction and processing residues forest post-harvest for furniture sector - case study COOMFLONA

Abstract

The study aimed to propose techniques guidelines for the quantification, extraction and processing of forest residues after harvest in order to use the furniture sector in western Pará, considering the experiences of a cooperative called COOMFLONA, located in the Tapajós National Forest. The data were based on activities in the km 83 of federal highway BR-163, specifically the Annual Production Units (UPA) five and seven in the Area Forest Management of COOMFLONA. Each step involved in the process was detailed from

quantification to the final product with lumber of the waste. Each step was analyzed and described in order to present the characteristics of activities, materials and equipment required and human resource development of the same. Every 1 m³ of logs, has 0.3990 m³ of wood with potential use in the furniture sector. The yield obtained from sawn wood of forest residues was 53%, higher than the yield in the timber industry. The activity can be performed concurrently with timber harvesting, since the storage yard is empty and after 30 days of felling of trees.

Key words: Sustainable Forest Stewardship, sawn wood, Tapajós National Forest

1. INTRODUÇÃO

O bioma Amazônia detém uma das maiores reservas de recursos naturais do planeta, com estoque de madeira em pé estimado em 106.388 milhões de metros cúbicos (SFB, 2010). O consumo de madeira em tora na Amazônia Legal é de 14.148.000 m³.ano⁻¹ (SFB e AMAZON, 2010). Entretanto, o recurso florestal ainda não é bem aproveitado pela maioria das empresas ou empreendimentos florestais (SOUZA, 2009).

A madeira em tora é o principal produto vindo das florestas naturais e o responsável por abastecer todos os setores da indústria madeireira. Todavia, a produção desta matéria-prima tem diminuído nos últimos anos, devido vários fatores envolvendo a economia, rigor nas fiscalizações ambientais e substituição por outros produtos (SFB e AMAZON, 2010).

Diante disso, é recomendável pensar em melhor aproveitar os recursos florestais, com ênfase na agregação de valor em produtos alternativos e que são subutilizados ou simplesmente ficam na floresta, como no caso dos resíduos florestais (MAGOSSI, 2007). No manejo florestal, os resíduos florestais são considerados os galhos grossos e finos, raízes, sapopemas e folhas, que ficam após a colheita da madeira (SALMERON, 1980; IN 05, de 11 de dezembro de 2006). No entanto, quando estes recursos são aproveitados, eles geralmente são destinados somente para a produção de energia.

A legislação brasileira permite o aproveitamento dos resíduos após a colheita, liberando no primeiro ano de atividade a volumetria de 1 m³ para 1 m³ em tora e a partir do ano seguinte a liberação é condicionada na apresentação da relação dendrometria ou por meio de uma equação alométrica (BRASIL,

2006; BRASIL 2009). Contudo, as empresas tem que especificar a destinação de seus resíduos no Plano de Operação Anual (POA).

A Cooperativa Mista da Flona Tapajós (COOMFLONA), em parceria com as Universidades Federais de Viçosa (UFV) e do Oeste do Pará (UFOPA), investiu em um estudo pioneiro na região oeste paraense, com o beneficiamento dos resíduos de galhos grossos, visando à oferta de madeira serrada para o setor moveleiro. A iniciativa fundamentou numa pesquisa em desenvolvimento que visa avaliar o potencial de resíduos da colheita florestal e agregar valor com a produção de móveis na região.

A Área de Manejo Florestal (AMF) da COOMFLONA fica localizada na Floresta Nacional do Tapajós, em uma área concedida as populações tradicionais moradoras da Unidade. A forma de manejo executada pela cooperativa é inédita e considerada do tipo mista, pois tem produção empresarial (intensidade de corte de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) com utilização de maquinário e gestão 100% comunitária.

Na região oeste do Pará, especificamente nas cidades de Belterra, Santarém e Mojuí dos Campos, o setor moveleiro é abastecido principalmente por madeira sem DOF (documento de origem florestal). A madeira é vendida por atravessadores (comércio informal), sem nota fiscal e sem origem, impedindo a legalização da maioria das empresas que trabalham neste setor, e privando a sociedade dos benefícios fiscais e tributários da atividade.

Por conseguinte, a madeira serrada dos resíduos na AMF da COOMFLONA será de grande importância para as movelarias, pois possibilitará o uso de matéria-prima legal, que atendam a todos os requisitos vigentes na legislação ambiental.

O estudo com estes resíduos teve início em 2011, com a quantificação e avaliação do potencial. E no início de 2013, foi realizada a extração e o beneficiamento utilizando serraria portátil, licenciada exclusivamente para o processamento dos resíduos. Objetivou-se obter resultados que pudessem ser replicados a outras empresas ou empreendimentos florestais da região.

Para isso, seguindo as ideias de Sabogal et al. (2000) e Sabogal et al. (2009), foi elaborado uma proposta de diretrizes técnicas relacionadas a quantificação, extração e beneficiamento de resíduos florestais pós-colheita

para o setor moveleiro, tomando como base as experiências obtidas na AMF da COOMFLONA, Floresta Nacional do Tapajós.

1.1. Objetivo Geral

Propor diretrizes técnicas para a quantificação, extração e beneficiamento de resíduos pós-colheita com finalidade de uso no setor moveleiro na região oeste do Pará, com base em um estudo desenvolvido na Área de Manejo Florestal da COOMFLONA, localizado na Floresta Nacional do Tapajós.

1.2. Objetivos Específicos

- Descrever cada etapa e as atividades realizadas na colheita e processamento dos resíduos;
- Indicar equipe mínima necessária para cada atividade;
- Listar materiais envolvidos em cada etapa; e
- Listar equipamentos necessários para execução de cada atividade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na Unidade de Produção Anual número 5, pertencente da Área de Manejo Florestal da Cooperativa Mista da Flona Tapajós (COOMFLONA), localizada na Floresta Nacional do Tapajós, município de Belterra, Estado do Pará. Duas Unidades de Trabalho (UTs) foram utilizadas para a extração e beneficiamento dos resíduos, sendo as UTs 4 e 9.

O clima da região pela classificação de Köppen é do tipo Ami, com temperatura média anual de 25,5°C e umidade relativa média em torno de 90%. A precipitação média anual é de 1820 mm, com grande incidência de chuvas no período de janeiro a maio (IBAMA, 2004). Segundo dados do Radambrasil a área de estudo se insere na unidade morfoestrutural Planalto Tapajós-Xingú, cuja cota altimétrica varia entre 120 e 170 metros.

Os solos predominantes na Unidade são os Latossolos Amarelo Distrófico, solos profundos e com baixa capacidade de troca catiônica (RADAMBRASIL, 1976). A Floresta Nacional do Tapajós situa-se na zona de Floresta Ombrófila Densa, tipo de vegetação dominante no norte do país (IBGE, 2012), caracterizado pelo domínio de árvores de grande porte sob regime de temperaturas elevadas e precipitações distribuídas ao longo do ano (IBAMA, 2004).

2.2. Caracterização dos resíduos florestais neste estudo

Os resíduos da exploração florestal, segundo Brasil (2006; 2009), são considerados materiais orgânicos que ficam na floresta após a colheita madeireira, como por exemplo, sapopemas, galhos grossos e finos, folhas, tocos, raízes, a serapilheira e a casca. As árvores após a colheita geram resíduos que podem ser aproveitados para produção de pequenos artefatos de madeira (Figura 1), fabricação de carvão, como lenha para geração de energia e móveis (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2012).



Figura 1. Resíduos florestais que possuem aproveitamento para o setor moveleiro.

Contudo, o enfoque destas diretrizes é a quantificação, colheita e processamento dos resíduos dos galhos grossos para aproveitamento no setor

moveleiro (Figura 2). Portanto, foram considerados os galhos com circunferência igual ou superior a 63 cm (diâmetro \geq 20 cm) e comprimento igual ou superior a 50 cm, que seguiram como medidas mínimas para que se tenha algum tipo de aproveitamento.



Figura 2. Resíduos da espécie garapeira que fez parte deste estudo.

Os resíduos foram quantificados e beneficiados na Área de Manejo da COOMFLONA com o intuito de abastecer as comunidades da Flona Tapajós, que possuem pequenas movelarias, e obter lucro com a venda da madeira serrada para os pólos moveleiros em Belterra, Mojuí dos campos e Santarém.

2.3. Coleta e análise dos dados

Os dados foram coletados em duas fases, sendo uma na Unidade de Produção Anual (UPA) n° 5 com a cubagem rigorosa e outra na UPA n° 7, onde aconteceram a extração e beneficiamento dos resíduos.

Os resultados obtidos foram organizados de forma dissertativa e objetiva, levando em consideração as atividades desenvolvidas, materiais e equipamentos e equipes mínimas necessárias para todas as etapas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Descrição das Atividades

As atividades foram descritas em etapas para facilitar o entendimento de cada processo envolvido. Estas etapas envolveram a quantificação, localização e preparação, arraste, operações de pátio, beneficiamento, transporte e empilhamento/armazenamento da madeira serrada.

3.2. Quantificação

É caracterizada pela cubagem rigorosa dos resíduos que terão aproveitamento após a colheita de madeira. A cubagem rigorosa visa obter a quantidade total ou parcial (dependendo do objetivo empresa ou empreendimento florestal) de resíduos brutos na Unidade de Produção Anual (UPA). Os dados obtidos servirão de base para a elaboração da relação dendrométrica e/ou equação alométrica para estimativa do volume de resíduos para o aproveitamento do ano seguinte.

Segundo a Instrução Normativa nº5, de 11 de dezembro de 2006 e a Resolução Conama nº 406, de 02 de fevereiro de 2009, é permitido o aproveitamento dos resíduos florestais, tais como galhos, sapopemas e restos de tronco de árvores caídas, provenientes da colheita florestal. Para o primeiro ano, é liberado o volume de 1 m³ de resíduo por 1 m³ de tora autorizada, ou definido por meio de cubagem rigorosa. Ressalta-se que o volume de produtos secundários não será computado na intensidade de corte (IC) prevista no PMFS (Plano de Manejo Florestal Sustentável) e no POA (Plano Operacional Anual) para a produção de madeira.

A partir do segundo ano de aproveitamento dos resíduos, se torna obrigatório emitir a relação dendrométrica desenvolvida para a área de manejo ou inventário de resíduos, definidos conforme diretriz técnica (BRASIL, 2006; BRASIL, 2009).

Ressalta-se que na Instrução Normativa nº5, de 11 de dezembro de 2006 e na Resolução Conama nº 406, de 02 de fevereiro de 2009, não há nenhuma menção a respeito do uso destes resíduos.

Desta forma, para fins destas diretrizes os resíduos pós-colheita serão cubados rigorosamente, seguindo as dimensões mínimas de aproveitamento

para o setor moveleiro. Todavia, a metodologia se aplica a dimensões menores.

A COOMFLONA executou a cubagem de resíduos de 516 árvores-amostra, contemplando 21 espécies comerciais (Tabela 1). O volume total de resíduos foi de 1.513,3147 m³, representando 39,9% do volume de madeira em tora, ou seja, para cada 1 m³ de madeira em tora foram obtidos 0,3990 m³ de resíduos aproveitáveis para o setor moveleiro.

Na floresta de terra firme, localizada na área experimental de Curuá-una, JANKAUSKIS (1983) encontrou uma relação de 35,8% do volume resíduo (diâmetro \geq 10 cm e comprimento \geq 50 cm) em relação ao volume explorado de madeira em tora.

Tabela 1. Lista de espécies e número de árvores-amostra para o estudo

| Nome Científico | Nome Vulgar | Árvores-amostra |
|--------------------------------------|--------------------|------------------------|
| <i>Hymenolobium petraeum</i> | Angelim-pedra | 3 |
| <i>Trattinnickia rhoifolia</i> | Breu-amescla | 12 |
| <i>Cedrela odorata</i> | Cedro-vermelho | 7 |
| <i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> | Fava-timborana | 13 |
| <i>Parkia multijuga</i> | Fava-tucupi | 20 |
| <i>Apuleia moralis</i> | Garapeira | 7 |
| <i>Pouteria bilocularis</i> | Goiabão | 19 |
| <i>Swartzia grandifolia</i> | Gombeira | 6 |
| <i>Tabebuia incana</i> | Ipê-roxo | 55 |
| <i>Mezilaurus itauba</i> | Itaúba | 8 |
| <i>Lecythis lurida</i> | Jarana | 66 |
| <i>Hymenaea courbaril</i> | Jatobá | 16 |
| <i>Hymenaea parvifolia</i> | Jutaí-mirim | 9 |
| <i>Ocotea baturitensis</i> | Louro-preto | 6 |
| <i>Aniba parviflora</i> | Louro-rosa | 6 |
| <i>Manilkara huberi</i> | Maçaranduba | 110 |
| <i>Astronium lecointei</i> | Muiracatiara | 29 |
| <i>Lecythis pisonis</i> | Sapucaia | 2 |
| <i>Bagassa guianensis</i> | Tatajuba | 12 |
| <i>Couratari guianensis</i> | Tauari | 101 |
| <i>Virola melinonii</i> | Virola | 9 |
| Total | | 516 |

O método de cubagem utilizado foi o de Huber, sendo a fórmula para o cálculo conhecida como fórmula da secção intermediária, pois o volume V é

obtido pelo produto da área da seção intermediária $g_{1/2}$, pelo comprimento L (SILVA e PAULA NETO, 1979). A expressão é a seguinte:

$$V = g_{1/2} \cdot L$$

Em que:

V = volume do torete, em m^3 ;

$g_{1/2}$ = área transversal no meio da seção, em m^2 ;

L = comprimento da seção (torete), em metros.

A equipe de cubagem, ao acessar nos resíduos de determinada árvore, deverá executar limpeza e destopamento dos galhos finos, abaixo da circunferência mínima (63 cm) e ficar atento também no comprimento mínimo (50 cm). A limpeza consiste em cortar os galhos que estejam impedindo o acesso ao resíduo, dando visibilidade e assegurando a integridade dos componentes. Devido a quantidade de matéria orgânica após a queda da árvore, o ambiente fica propício para abrigar insetos e animais peçonhentos.

O destopamento dos galhos mais finos é feito utilizando motosserra ou pelo terçado, dependendo do galho a ser retirado. Essa ação facilita a cubagem pela equipe, que é composta por 4 integrantes.

A equipe mínima para esta atividade é composta por:

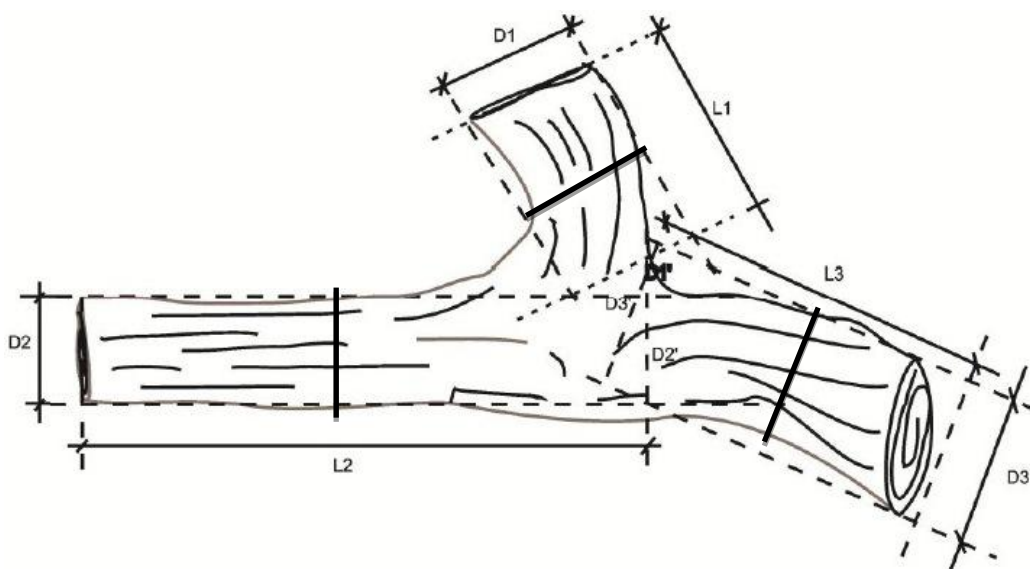
- 1 operador de motosserra;
- 1 anotador;
- 2 auxiliares.

Os auxiliares dão apoio para a cubagem e ajudam na limpeza, junto com os outros integrantes. Na Figura 3 é possível verificar a equipe trabalhando na cubagem de um resíduo de maçaranduba.



Figura 3. Equipe de cubagem em um resíduo de maçaranduba.

Na maioria dos casos, a equipe encontrará resíduos (toretas) na forma bifurcada (forquilha) e a mesma terá que fazer a cubagem baseado no seccionamento virtual dos toretas (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2012). Isso deixará a cubagem mais rápida, sem haver necessidade de destopamento e gasto com combustível. A Figura 4 mostra como é este seccionamento virtual, sem ter a precisão de uso de motosserra para tal.



Fonte adaptada: Serviço Florestal Brasileiro (2012)

Figura 4. Esquema para o seccionamento virtual no caso de toretas bifurcadas.

Em seguida, é só medir no meio de cada seção, anotando as circunferências e os comprimentos dos toretas nas fichas de campo. No escritório, para o cálculo do volume total de resíduos é necessário somar os volumes dos toretas da respectiva árvore.

Os materiais necessários para esta etapa são:

- EPI's (equipamentos de proteção individual) – engloba perneiras, botas, luvas de algodão, capacete, protetor auricular, capacete com viseira e protetor sonoro (operador de motosserra), calça especial para operador de motosserra;
- Terçado;
- Prancheta;
- Fichas de campo;
- Lápis;
- Borracha;
- Caneta;
- Fita métrica de 10 m;
- Mapa logístico do planejamento de arraste;
- Bolsa com alça, tipo pasta;
- Estojo de primeiros socorros;
- Ferramentas de motosserra;
- Vasilhame de combustível; e
- Vasilhame de água.

Os equipamentos envolvidos nesta fase são:

- Motosserra;
- Carro de apoio (dependendo da distância da UPA);
- Rádio amador (dependendo do tamanho do empreendimento).

3.3. Localização e preparação

Esta é a primeira atividade da fase de extração dos resíduos e sucede o trabalho de escritório, executado por um técnico responsável na escolha das árvores/espécies que terão aproveitamento na UPA. O objetivo destas diretrizes é o aproveitamento de resíduos para o setor moveleiro, ou seja, o foco serão as espécies que já possuem utilização e mercado neste setor.

A COOMFLONA trabalhou com 11 espécies comerciais. As espécies foram: angelim-pedra, cedrorana, quaruba, louro-rosa, maçaranduba, muiacatiara, garapeira, fava-timborana, itaúba, sapucaia e sucupira-amarela. A maçaranduba, apesar de não ser usada para fabricação de móveis, foi incluída,

devido sua representação expressiva no número de árvores colhidas na UPA, e por ser muito utilizada para o setor da construção civil.

A etapa de localização e preparação consiste em localizar, limpar o ambiente em que o resíduo está e avaliar se o mesmo poderá ser arrastado para o pátio de estocagem. A localização é feita de posse do mapa logístico de planejamento e execução do arraste, que fez parte da atividade de colheita de madeira ou por meio de GPS caso esta tecnologia tenha sido utilizada na localização de árvores. No mapa já estão marcadas as árvores que foram colhidas e terão seus resíduos destinados para o aproveitamento (Figura 5).

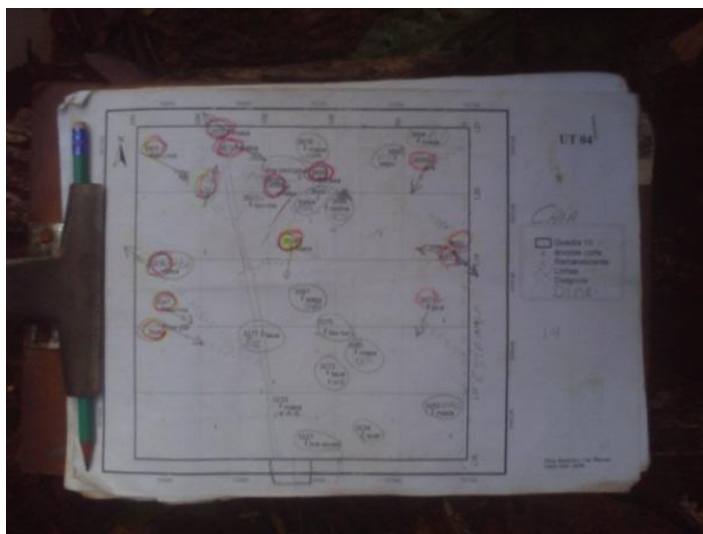


Figura 5. Mapa logístico do planejamento e execução do arraste utilizado na localização dos resíduos das árvores selecionadas.

A equipe mínima para esta atividade é composta por:

- 1 operador de motosserra;
- 1 auxiliar de campo.

Com o mapa em mãos, eles seguem as trilhas de arraste (Figura 6) e localizam a árvore que foi colhida confirmando com o número da plaqueta numerada que está fixada no toco da mesma.

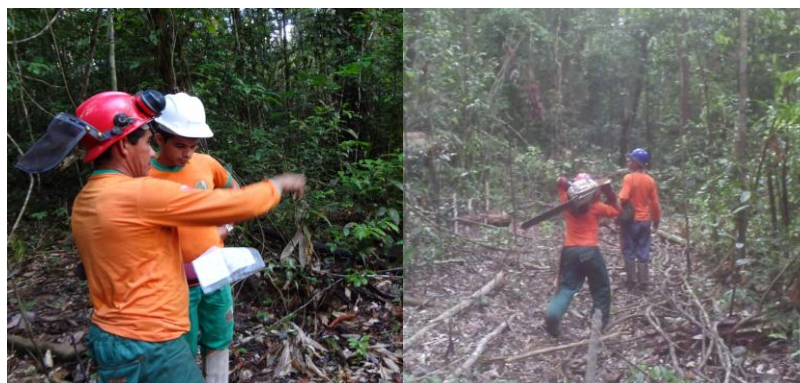


Figura 6. Localização dos resíduos na área de colheita.

Ao chegarem nos resíduos da árvore selecionada é feito a limpeza ao redor do resíduo e corte dos galhos que não serão utilizados. A limpeza é executada com o uso de terçados para que a equipe possa chegar até o resíduo com segurança, haja vista, que a galhada está sob vegetação seca e densa (Figura 7).



Figura 7. Ambiente em que os resíduos estão e a execução da limpeza no local.

Na limpeza são tomados os cuidados com animais peçonhentos, que possam estar neste tipo de ambiente, observando galhos que podem estar suspensos em árvores próximas, além de árvores que foram danificadas durante a operação de derruba e que podem tombar durante o processo.

Após isso, o resíduo é avaliado pela equipe para confirmar se o mesmo será arrastado ou não para o pátio de estocagem. A presença de rachaduras,

ocos, nós em demasia e toretes finos (abaixo de 63 cm de circunferência) são características para descartar o resíduo para aproveitamento.

O corte dos galhos mais finos, dependendo do diâmetro, é executado com o uso de motosserra (Figura 8). Nesta etapa procura-se obter a melhor opção de aproveitamento e melhor forma para o arraste do resíduo, a fim de evitar o deslocamento em demasia do skidder pelas trilhas. Em certos casos se torna inevitável, pois algumas árvores apresentam muitos resíduos aproveitáveis e que não é possível fazer em uma única viagem da máquina.



Figura 8. Corte dos galhos finos e preparação do resíduo para o arraste.

Os materiais necessários para esta etapa são:

- EPI's (perneiras, botas, luvas de algodão, capacete, protetor auricular, capacete com viseira e protetor sonoro (operador de motosserra), calça especial para operador de motosserra)
- Terçado;
- Caderno de campo;
- Lápis;
- Borracha;
- Caneta;
- Mapa logístico do planejamento e execução de arraste;
- GPS;
- Bolsa com alça, tipo pasta;
- Estojo de primeiros socorros;
- Ferramentas de motosserra;
- Vasilhame de combustível;

- Vasilhame de água;

Os equipamentos envolvidos nesta fase são:

- Motosserra;
- Carro de apoio (dependendo da distância da UPA);
- Rádio amador (dependendo do tamanho do empreendimento).

3.4. Operação de arraste

Esta atividade é iniciada quando todos os resíduos de uma Unidade de Trabalho (UT) estão localizados e preparados para o arraste.

A operação é executada por um skidder ou trator florestal. A utilização de maquinário menor não foi cogitada para não haver nenhum tipo de dificuldade durante a atividade.

A equipe mínima para esta atividade é composta por:

- 1 operador de skidder;
- 1 operador de motosserra;
- 1 “enlançador” de cabo.

A atividade inicia com a entrada da skidder nos ramais já planejados durante a colheita de madeira em tora, juntamente com um operador de motosserra e um “amarrador” de cabo. O skidder utilizado possui somente o dispositivo de cabo para o arraste e por isso foi necessário dispor de um integrante da equipe realizar para fazer o enlaçamento do cabo no resíduo a ser arrastado (Figura 9).



Figura 9. “Enlaçamento” do cabo da skidder em um resíduo de maçaranduba.

Nesta etapa, procura-se diminuir ao máximo o tráfego da máquina para se evitar um dano ainda maior ao solo, no que diz respeito à compactação do mesmo. O arraste é executado da árvore mais distante até a mais próxima do pátio de estocagem, procurando sistematizar o processo e evitar o tráfego intenso nos ramais (Figura 10).



Figura 10. Arraste dos resíduos até o pátio de estocagem.

A equipe de arraste é responsável pela marcação do número da árvore matriz nos resíduos, antes de serem arrastados. A marcação é feita com lápis

de cera, denominado de “lápiz estaca”. Essa numeração garante a rastreabilidade da matéria-prima e agilizar a atividade seguinte no pátio de estocagem.

Durante o processo de “enlaçamento” do cabo e início do arraste, devem ser tomados cuidados para se evitar acidentes, tendo em vista, que o ambiente representa perigo aos manejadores.

Os materiais necessários para esta etapa são:

- EPI's (perneiras, botas, luvas de couro, capacete, protetor auricular, capacete com viseira e protetor sonoro (operador de motosserra), luvas para operador de motosserra, calça especial para operador de motosserra);
- Terçado;
- Apito;
- Lápiz estaca (cera);
- Mapa logístico do planejamento de arraste;
- Bolsa com alça, tipo pasta;
- Estojo de primeiros socorros;
- Ferramentas de motosserra;
- Vasilhame de combustível;
- Vasilhame de água;

Os equipamentos envolvidos nesta fase são:

- Motosserra;
- Skidder;
- Aparelho de rádio amador (dependendo do tamanho do empreendimento).

3.5. Operações no pátio de estocagem

Esta etapa começa com a chegada do resíduo ao pátio de estocagem. As operações executadas consistem no romaneio (cubagem e rastreabilidade do resíduo) e empilhamento. Antes de iniciar a cubagem rigorosa é necessário avaliar o resíduo arrastado para saber quantos toretes serão cubados.

Sempre que possível o resíduo é arrastado inteiro em apenas uma viagem e ao chegar no pátio de estocagem, é feito o seccionamento em toretes

menores para que seja facilitado a cubagem rigorosa do mesmo, e sobretudo, obter peças que possam proporcionar o melhor aproveitamento da madeira na etapa de beneficiamento (Figura 11).



Figura 11. Resíduo de muiracatiara sendo dividido em toretes para facilitar a cubagem rigorosa.

O método de cubagem rigorosa utilizada para esta etapa foi o de Smalian, sendo a fórmula para o cálculo conhecida como fórmula média das secções, pois o volume V é obtido pelo produto da média das áreas seccionais (g_1 e g_2) dos extremos, pelo comprimento L (SILVA e PAULA NETO, 1979). A expressão é a seguinte:

$$V = \left(\frac{g_1 + g_2}{2} \right) \cdot L$$

Em que:

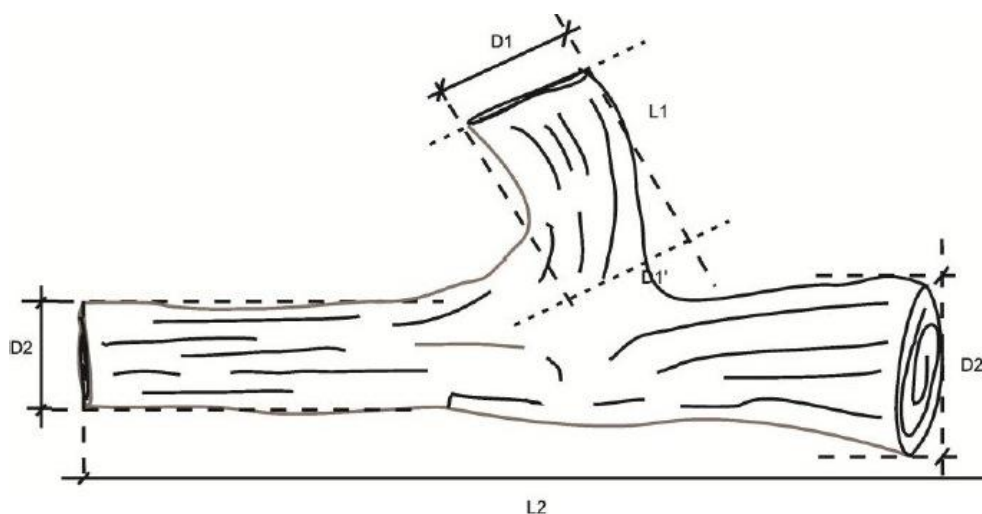
V = volume do torete, em m^3 ;

g_1 = área transversal na extremidade 1 do torete, em m^2 ;

g_2 = área transversal na extremidade 2 do torete, em m^2 ;

L = comprimento da seção (torete), em metros.

Na Figura 12, é apresentado um esquema considerando o destopamento de um galho num resíduo, e a partir disso a possibilidade cubagem de dois toretes de uma mesma árvore.



Fonte: Serviço Florestal Brasileiro (2012)

Figura 12. Esquema para cubagem rigorosa dos resíduos no pátio de estocagem.

A medida nas extremidades de cada torete é feita de forma cruzada e a média é computada como o valor do diâmetro do mesmo (Figura 13). Esse tipo de ação acontece na COOMFLONA para a cubagem de toras e é um método fácil de ser aplicado, com a possibilidade de diminuir o erro quando existe irregularidade no diâmetro, tal como na Figura 12, em que a maioria dos resíduos tem extremidades irregulares.



Figura 13. Manejador executando a cubagem rigorosa em um torete de maçaranduba.

Após a cubagem, é realizada a numeração de rastreabilidade em cada torete (Figura 14). As numerações cravadas correspondem a UPA, UT, número da plaqueta de inventário localizada no toco da árvore colhida, número do torete, número de sequência de toretes cubados, além dos dados de diâmetro obtidos na cubagem. Para isso é necessário o uso de uma marreta numerada e de lápis estaca.

Por exemplo, na Figura 14, os números 07, 04, 2915, 1-2 e 213 correspondem a UPA, UT, número da árvore colhida, número do torete e sequência de torete, respectivamente. Já os números 32 e 34 são os dois diâmetros medidos em cada face do torete.



Figura 14. Numeração utilizada para rastreabilidade dos resíduos.

As informações são anotadas em fichas de campo, específicas para esta atividade, e em seguida é feito o empilhando dos resíduos utilizando uma carregadeira (Figura 15). Para melhor utilização do espaço e pensando na etapa seguinte, os resíduos são empilhados no lado esquerdo ou direito do pátio de estocagem, conforme for mais apropriado.



Figura 15. Empilhamentos dos resíduos (toretas) em um dos lados do pátio de estocagem.

Para esta etapa é necessário uma equipe mínima composta por:

- 1 operador de carregadeira;

- 1 anotador;
- 1 operador de motosserra;
- 1 auxiliar de campo; e
- 1 marreteiro.

Os materiais necessários para esta etapa são:

- EPI's (perneiras, botas, luvas de couro, capacete, protetor auricular, capacete com viseira e protetor sonoro (operador de motosserra), luvas para operador de motosserra, calça especial para operador de motosserra);
- Terçado;
- Apito;
- Lápis estaca (cera);
- Marreta numérica
- Fichas de campo (romaneio)
- Bolsa com alça, tipo pasta;
- Estojo de primeiros socorros;
- Ferramentas de motosserra;
- Vasilhame de combustível;
- Vasilhame de água;

Os equipamentos envolvidos nesta fase são:

- Motosserra;
- Trator carregadeira
- Aparelho de rádio amador (dependendo do tamanho do empreendimento).

3.6. Beneficiamento dos resíduos

Para realizar esta etapa foi licenciada, junto ao órgão ambiental, uma serraria portátil, especificamente para o beneficiamento dos resíduos florestais pós-colheita e atuar dentro da UPA n° 7. Este equipamento é de posse de uma das comunidades da Flona Tapajós, que receberam incentivos do Governo Federal, por meio do ProManejo para a cadeia produtiva de móveis dentro da Unidade de Conservação.

Após o término do empilhamento dos resíduos, a serraria portátil é instalada no lado direito do pátio (oposto ao empilhamento), de forma que a serragem saia para o centro do pátio. Sua instalação demora cerca de duas horas e para isso é feito uma estrutura, tipo barracão utilizando peças de madeira roliça (varas) extraídas da própria floresta e uma lona (Figura 16). Este barracão abriga o equipamento, para uma atividade que demora em média 7 dias, dependendo da volumetria de resíduos no pátio.



Figura 16. Serraria portátil instalada no pátio de estocagem.

Para dar início ao beneficiamento, a carregadeira é acionada para coletar, carregar e depositar os toretes na lateral da serraria portátil (Figura 17).



Figura 17. Carregadeira apoiando ao beneficiamento dos toretes.

Conforme mostra a Figura 18, os toretes são enfileirados na lateral da serraria portátil e antes de serem serrados são anotadas as informações registradas em cada um, numa ficha específica.



Figura 18. Toretos enfileirados na lateral da serraria portátil.

Antes de começar a serrar é necessário ajustar a posição do torete na serraria portátil, para que o mesmo não fique trepidando no momento em que é efetuado o corte. Para tal, são colocadas varetas grossas servindo como base para que o torete fique em um nível mais alto e, assim, obter um melhor

aproveitamento. Cunhas também são colocados como calços, evitando que o torete role durante o beneficiamento.

Esses cuidados são tomados para que não haja acidentes no manuseio do equipamento e para não danificar a serra. Após os devidos ajustes, é realizado o corte, retirando, sempre que possível, blocos de 15 cm x 13 cm (Figura 19).



Figura 19. Beneficiamento de um torete de fava-timborana, com blocos de 15 cm x 13 cm.

A madeira serrada é empilhada em um local próximo a serraria portátil (Figura 20), onde seja possível fazer a cubagem rigorosa das peças e o carregamento para o transporte até o pátio central da organização do empreendimento.

A cubagem é feita medindo-se o comprimento, largura e espessura de cada peça beneficiada. O controle da cubagem rigorosa é feito por meio de fichas de campo e sempre por cada torete beneficiado. É dessa forma que obtém a volumetria total de madeira e o rendimento por torete/espécie.



Figura 20. Madeira serrada dos toretes empilhadas próximo à serraria portátil.

A rastreabilidade (numeração) da madeira serrada pode ser feita com uma marreta numérica de menor tamanho (para os blocos de 15 cm x 13 cm) e pulsão para as peças mais finas. No caso da COOMFLONA, ainda está se pensando numa maneira mais eficaz para este tipo de rastreabilidade.

Como todo desdobro, há geração de resíduos como aparas, costaneiras e a serragem. As aparas e costaneira podem ser usadas como lenha e carvão (Figura 21), agregado mais valor e possibilitando o uso múltiplo do torete que antes ficaria na floresta.

Estes resíduos de desdobro também podem ser utilizados como matéria-prima para secagem da madeira serrada em estufa. Na COOMFLONA a madeira serrada foi colocada para secar ao ambiente, mas se pensa em construir estufas de secagem para agregar mais valor à madeira serrada.



Figura 21. Aparas e costaneiras geradas após o desdobro dos toretes.

Para esta etapa é necessário uma equipe mínima composta por:

- 1 operador de carregadeira;
- 1 operador de serraria portátil;
- 1 operador de motosserra;
- 1 anotador; e
- 1 auxiliar do operador de serraria portátil.

Os materiais necessários para esta etapa são:

- EPI's (perneiras, botas, luvas de couro, capacete, protetor auricular, capacete com viseira e protetor sonoro (operador de motosserra), luvas para operador de motosserra, calça especial para operador de motosserra);
- Terçados;
- Óculos de segurança;
- Pulsão;
- Marreta numérica;
- Fichas de campo (romaneio da madeira serrada)
- Bolsa com alça, tipo pasta;
- Estojo de primeiros socorros;
- Ferramentas de motosserra;
- Vasilhame de combustível;
- Vasilhame de água;

Os equipamentos envolvidos nesta fase são:

- Motosserra;
- Trator carregadeira
- Serraria portátil da marca LucasMill®
- Aparelho de rádio amador (dependendo do tamanho do empreendimento).

3.7. Transporte e armazenamento

Corresponde a última atividade antes da destinação e/ou venda da madeira serrada dos resíduos. É caracterizada pelo carregamento, transporte e armazenamento da madeira em um espaço previamente destinado no pátio central da organização ou empreendimento.

Na COOMFLONA, o transporte é feito por um caminhão truncado $\frac{3}{4}$, sempre no final do expediente e com o retorno da equipe para o alojamento. A madeira serrada é descarregada e empilhada num barracão provisório no pátio principal, que será o ponto de expedição da madeira para venda.

Para esta etapa é necessário uma equipe mínima composta por:

- 1 motorista; e
- 4 ajudantes;

Os materiais necessários para esta etapa são:

- EPI's (neste caso temos as perneiras, botas de bico de aço, luvas de couro e capacete);

O equipamento envolvido nesta fase é:

- Caminhão truck $\frac{3}{4}$

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta atividade pode acontecer concomitante a colheita de madeira em toras, sendo que a etapa de extração dos resíduos da colheita só poderá ocorrer após o esvaziamento do pátio de estocagem com a madeira em tora.

O tempo mínimo necessário para o início da quantificação é 30 dias depois da atividade de derruba, pois neste período as folhas e galhos da árvore

abatida estão secos e galhos suspensos já estejam caídos, proporcionando mais segurança aos manejadores.

O aproveitamento dos resíduos florestais pós-colheita, para a utilização no setor moveleiro, é uma atividade que demanda recurso humano capacitado, com aplicação dos conhecimentos de manejo florestal.

Em todas as etapas devem ser tomadas medidas de prevenção de acidentes, pois assim como a colheita de madeira em tora, a atividade de quantificação e extração de resíduos oferecem riscos aos manejadores.

5. RECOMENDAÇÕES

É necessário promover treinamento para a formação das equipes de trabalho;

É necessária a supervisão de um técnico responsável em todas as etapas envolvidas;

Os resíduos do desdobro, quando não tiverem utilização pela empresa, deverão ser destinados às associações comunitárias, panificadoras e/ou carvoarias.

A serragem quando não tiver uma utilização pela empresa, deverá ser espalhada no pátio de estocagem;

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Cooperativa Mista da Flona Tapajós pela oportunidade e investimento na pesquisa.

E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela obtenção de bolsa ao primeiro autor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa N. 5, de 11 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFSs nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=216088>>. Acesso em 09 jun. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama N. 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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=597>>. Acesso em 09 jun. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2º Edição revista e ampliada, Rio de Janeiro, 2012. 271p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Floresta Nacional do Tapajós – Plano de Manejo**. Volume 1, Brasília, 2004. 580 p.

JANKAUSKIS, J. **Avaliação de resíduos florestais oriundos da exploração mecanizada da floresta tropical densa de terra firme**. 1983. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1983.

MAGOSSI, D.C. **A produção florestal e a industrialização de seus resíduos na região de Jaguariaíva – Paraná**. 2007. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

RADAMBRASIL. **Folha SA.21-Santarém**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1976. 510 p.

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 terra firme na Amazônia brasileira**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2000. 24 p.

SABOGAL, C.; POKORNY, B.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; ZWEEDE, J.; PUERTA, R. **Diretrizes técnicas de manejo para produção madeireira mecanizada em florestas de terra firme na Amazônia brasileira**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2009. 217 p.

SALMERON, A. Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento industrial de resíduo visando a produção de energia. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 2, p. 1-12. 1980.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Floresta do Brasil em resumo**. Brasília: SFB, 2010. 157p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO; INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados.** Belém, 2010, 20p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Guia para medição de produtos e subprodutos florestais madeireiros das concessões florestais.** Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2012. 48p.

SILVA, J.A.A.; PAULA NETO, F.P. **Princípios básicos de dendrometria.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, 1979. 191p.

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

ARTIGO 1

Métodos para estimar o volume de fustes e galhos na Floresta Nacional do Tapajós

Method to estimate the volume of trade stems and branches in the Tapajós National Forest

Resumo

Objetivou-se aplicar e avaliar métodos para estimar múltiplos volumes em uma Área de Manejo comunitário, localizada na Floresta Nacional do Tapajós. Foram cubadas rigorosamente 516 árvores-amostra de 21 espécies comerciais, todas com $50 \text{ cm} \geq \text{DAP} < 160 \text{ cm}$. Utilizou-se o modelo único para múltiplos volumes (análise de regressão) proposto por Leite et al. (1995) e redes neurais artificiais para a estimativa do volume de fuste e galhos. Após os resultados preliminares utilizando o método de regressão, optou-se por estratificar os dados em três partes, considerando a relação volume de galhos em função do volume de fuste comercial. As três equações geradas apresentaram melhora nos ajustes. No entanto, os resultados obtidos pelas RNAs foram melhores que as equações geradas.

Palavras-chave: Redes Neurais, Uso Múltiplo, Resíduos Florestais, Amazônia

Abstract

The objective of this study were implement and evaluate two methods to estimate multiple volumes in a Community Management Area, located in the Tapajós National Forest. For that 516 sample-trees were rigorously scaled of 21 commercial species, all with $\geq 50 \text{ cm dbh} < 160 \text{ cm}$. The model to multiple proposed by Leite et al. (1995) and Artificial Neural Networks (ANNs) were used to estimate the volume of bole and branches. After preliminary results using the regression method, it was decided to stratify the data into three parts, considering the relationship between volume of branches and volume of commercial bole. The three equations generated showed improvement in the adjustments. However, the results with ANNs were better than the generated equations.

Keywords: Neural Networks, Multiple Use, Forest Residues, Amazon

1. INTRODUÇÃO

A madeira em tora advinda dos fustes comerciais das árvores é a principal fonte de matéria-prima para as indústrias. E, desta forma, os resíduos,

considerados as partes não aproveitáveis após a colheita florestal, acabam sendo deixados na área de manejo, ou colhidos e diretamente utilizados como carvão e lenha (SALMERON, 1980; MAGOSSI, 2007).

De fato, os resíduos gerados pelo manejo possuem grande importância para o setor energético, mas quando se trata de floresta amazônica, onde predominam árvores de grande porte e espécies de alto valor comercial, os resíduos grossos poderiam ter utilidade mais nobre, como na produção de móveis e pequenos artefatos de madeira, agregando mais valor e aproveitando melhor o recurso florestal.

Diante disso, as empresas e/ou empreendimentos florestais teriam que avaliar o potencial destes resíduos, buscando maneiras de quantificar e estimar a produção volumétrica anual desta matéria-prima. Para Borsoi et al. (2012), o volume de galhos (resíduos) também assume importância na obtenção de estimativas precisas da produtividade da floresta, principalmente quando se avaliam diferentes usos.

O processo para obter a estimativa do volume de galhos não é uma tarefa muito fácil, uma vez que os mesmos não possuem uma relação bem definida com a forma representada por sólidos geométricos conhecidos (CAMPOS e LEITE, 2006). Sobretudo, é necessário haver consistência entre os volumes estimados do fuste mais galhos e o volume total, o que pode não ocorrer quando se utilizam de equações independentes (CAMPOS e LEITE, 2006).

Campos et al. (2001), a partir de estudos de Leite et al. (1995), desenvolveram um modelo volumétrico único para vários produtos, baseado na expansão do modelo de Schumacher e Hall (1993). Neste modelo é possível

obter o volume de galhos (resíduos), sem que haja a perda da consistência estatística ou compatibilidade entre a estimativa (CAMPOS e LEITE, 2006).

Outro método alternativo, que vem sendo muito promissor em relação às técnicas de regressão, e difundido atualmente no manejo dos recursos florestais, é o uso de redes neurais artificiais (BINOTI, 2012). Uma rede neural consiste num modelo computacional biologicamente inspirado, constituído de elementos de processamento simples, capaz gerar respostas para um determinado conjunto de dados, desde que ela seja treinada (BINOTI, 2012).

Na Floresta Nacional do Tapajós, os resíduos florestais serão utilizados para a fabricação de móveis e pequenos artefatos de madeira. Essa iniciativa ocorrerá na Área de Manejo Florestal da Cooperativa Mista da Flona do Tapajós (COOMFLONA) e beneficiará os moradores da Unidade, assim como a região oeste do Pará.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi aplicar e avaliar métodos para a estimativa de múltiplos volumes (fuste + galhos) para a Floresta Nacional do Tapajós, sendo uma baseada pela expansão do modelo de Schumacher e Hall (LEITE et al., 1995) e outra baseada em Inteligência Artificial por meio de redes neurais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Os dados da pesquisa foram oriundos da Área de Manejo Florestal da Cooperativa Mista da Flona Tapajós (COOMFLONA), especificamente na Unidade de Produção Anual número cinco (UPA 5). Esta área fica localizada na Floresta Nacional do Tapajós, km 83 da BR 163, município de Belterra-PA.

O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo Ami, com temperatura média anual de 25,5°C e umidade relativa média em torno de 90%. A precipitação média anual é de 1820 mm, com grande incidência de chuvas no período de janeiro a maio (IBAMA, 2004). Segundo dados do Radambrasil (1976), a área de estudo se encontra na unidade morfoestrutural Planalto Tapajós-Xingú, cuja cota altimétrica varia entre 120 e 170 metros.

Os solos predominantes na Unidade são os Latossolos Amarelo Distrófico, solos profundos e com baixa capacidade de troca catiônica (RADAMBRASIL, 1976). A Floresta Nacional do Tapajós situa-se na zona de Floresta Ombrófila Densa, tipo de vegetação dominante no norte do país (IBGE, 2012), caracterizado pelo domínio de árvores de grande porte sob regime de temperaturas elevadas e precipitações distribuídas ao longo do ano (IBAMA, 2004).

2.2 Coleta de dados

Foram cubados os fustes e galhos de 516 árvores-amostra, distribuídas em 21 espécies (Tabela 1), representando 75% da lista de espécies comercializadas pela COOMFLONA. Para a cubagem dos fustes utilizou-se o método de Smalian e para os galhos foi utilizado o método de Huber.

Tabela 1. Lista de espécies e número de árvores-amostras por classe de diâmetro

Table 1. List of species and number of sample trees for diameter classes

| Espécie | Centro de Classe de DAP (cm) | | | | | | | | | | Total | |
|----------------|------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 | | 155 |
| Angelim-pedra | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 3 |
| Breu-amescla | | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | | 1 | | 12 |
| Cedro-vermelho | | 1 | 2 | 1 | | 2 | | | | 1 | | 7 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|------------|
| Fava-timborana | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 13 |
| Fava-tucupi | | 6 | 4 | 4 | 2 | 3 | 1 | | | | | 20 |
| Garapeira | | | | | 2 | 2 | 1 | 1 | | 1 | | 7 |
| Goiabão | 5 | 10 | 4 | | | | | | | | | 19 |
| Gombeira | | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | 6 |
| Ipê-roxo | | 1 | 6 | 11 | 10 | 10 | 11 | 3 | 1 | 2 | | 55 |
| Itaúba | | | 2 | 3 | 1 | 2 | | | | | | 8 |
| Jarana | 2 | 16 | 21 | 14 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | | 1 | 66 |
| Jatobá | | | | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | | | 16 |
| Jutaí-mirim | | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | | | | | | 9 |
| Louro-preto | | 4 | 1 | 1 | | | | | | | | 6 |
| Louro-rosa | | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | 6 |
| Maçaranduba | 3 | 19 | 30 | 27 | 19 | 8 | 2 | 1 | 1 | | | 110 |
| Muiracatiara | | 2 | 6 | 9 | 6 | 2 | 2 | 2 | | | | 29 |
| Sapucaia | | | | 1 | | | | | | 1 | | 2 |
| Tatajuba | | | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | 12 |
| Tauari | 2 | 13 | 26 | 26 | 19 | 11 | 2 | 1 | 1 | | | 101 |
| Virola | 1 | 7 | 1 | | | | | | | | | 9 |
| Total | 14 | 88 | 117 | 111 | 72 | 53 | 30 | 16 | 8 | 6 | 1 | 516 |

Todas as árvores-amostras tinham DAP maior que o Diâmetro Mínimo de Corte (DMC) de 50 cm, até o diâmetro de 160 cm, com a maioria das árvores presentes nas classes de 65 a 85.

O volume real dos galhos (resíduos) foi obtido com a fórmula de HUBER, tendo como circunferência e comprimento mínimos de 63 cm e 0,5 m, respectivamente. Foi considerado como fuste comercial, a porção do tronco entre a altura de corte até o ponto de aproveitamento máximo, não incluindo as ramificações na base da copa.

2.3 Análise dos dados

Foi investigado o emprego de uma variação do modelo volumétrico múltiplo proposto por Leite et al. (1995). Este modelo originalmente foi utilizado para estimar volumes com casca e sem casca por árvore individual e para este estudo o mesmo foi adaptado para estimar o volume de fuste comercial e

volume total (fuste comercial + galhos com diâmetro ≥ 20 cm). O modelo é apresentado da seguinte forma:

$$V = \beta_0 dap^{\beta_1} h^{\beta_2} e^{\left(-\beta_3 \frac{Tx_1}{dap}\right)} + \varepsilon$$

Em que:

V = volume com casca, em m^3 ;

dap = diâmetro medido na altura de 1,30 m, em cm;

h = altura comercial, em metros;

$Tx_1 = 0$ para volume de fuste comercial e $Tx_1 = 1$ para volume total, ambos em m^3 ;

β_1 a β_3 = parâmetros do modelo; e

ε = erro aleatório, com $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$.

Após o ajuste do modelo único, pelo método dos mínimos quadrados ordinários, foi realizada a análise gráfica dos resíduos e os cálculos de exatidão da equação. Os softwares utilizados foram o Statistica 7 e o Microsoft Excel 2010.

Para aplicação das redes neurais foi feito o treinamento das RNAs visando obter uma rede para estimar os volumes do fuste comerciais e de galhos. Utilizaram-se como variáveis de entrada a UT (Unidade de Trabalho), a espécie, o dap e a altura comercial, bem como a presença de uma variável *Dummy* para diferenciação dos volumes do fuste e de galhos.

Seguindo recomendações de BINOTI (2012), utilizou-se RNA do tipo *MultiLayer Perceptron* (MLP), com 3 neurônios na camada oculta, e função de ativação sigmoidal. Como algoritmo de treinamento, utilizou-se o *resilient backpropagation*, sendo cada RNA treinada com 1000 ciclos.

Para o treinamento da rede neural foi utilizado o sistema NeuroForest na versão Start (<http://neuroforest.ucoz.com/>).

2.4 Avaliação dos métodos

As estimativas do modelo único e da RNA para os volumes de fuste e total (\hat{Y}) foram avaliados, em relação aos valores observados (Y), por meio do coeficiente de correlação ($R_{\hat{Y}Y}$), $S_{y.x}$ % (análise de regressão) e análise gráfica e dos histogramas dos resíduos percentuais.

Para determinar a exatidão das estimativas foram calculadas as estatísticas bias, bias%, variância do erro, raiz quadrada do erro médio (RQEM) e raiz quadrada do erro médio relativo (RQEM%), conforme as expressões abaixo:

$$bias = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)}{n}, bias\% = 100 \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)/n}{\bar{Y}}, RQME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}},$$

$$RQME\% = 100 \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 / (n)}}{\bar{Y}} \text{ e Variância } (\hat{y}_i - y_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (bias - (\hat{y}_i - y_i))^2}{n-1}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente ajustou-se o modelo único múltiplo para os volumes de fuste comercial e total, resultando na equação geral de volume a seguir:

$$\hat{V} = 0,00014 \cdot dap^{1,99698} \cdot h^{0,62851} \cdot \left(\exp\left(29,81472 \cdot \frac{Tx_1}{dap}\right) \right)$$

O coeficiente de correlação entre os valores observados e estimados pela equação ($R_{\hat{Y}Y}$) foi de 0,86 e o erro padrão da estimativa ($S_{y.x}$ %) igual a 30,06. Como possibilidade de melhorar as estimativas de precisão foi realizada

a estratificação dos dados, levando em consideração a proporção do volume de resíduo (galhos ≥ 20 cm) com o volume de fuste.

A estratificação foi feita dividindo os dados em três partes sendo: árvores com volume de resíduo abaixo de 50%, entre 50% e abaixo de 100% e igual ou superior a 100%. Todas as porcentagens representando a quantidade de volume de galhos grossos (resíduos) em função do volume de madeira em tora (fuste comercial).

Mediante esta forma de estratificação foram obtidas as três equações abaixo:

$$\text{Equação 1 - } \left(\frac{V_{\text{residuo}}}{V_{\text{fuste}}} \right) < 50\%$$

$$\hat{V} = 0,00017 \cdot dap^{1,88900} \cdot h^{0,73505} \cdot \left(\exp^{(22,67004 \cdot \frac{Tx_1}{dap})} \right)$$

$$\text{Equação 2 - } 50\% > \left(\frac{V_{\text{residuo}}}{V_{\text{fuste}}} \right) < 100\%$$

$$\hat{V} = 0,00003 \cdot dap^{2,11009} \cdot h^{0,94874} \cdot \left(\exp^{(46,19701 \cdot \frac{Tx_1}{dap})} \right)$$

$$\text{Equação 3 - } \left(\frac{V_{\text{residuo}}}{V_{\text{fuste}}} \right) \geq 100\%$$

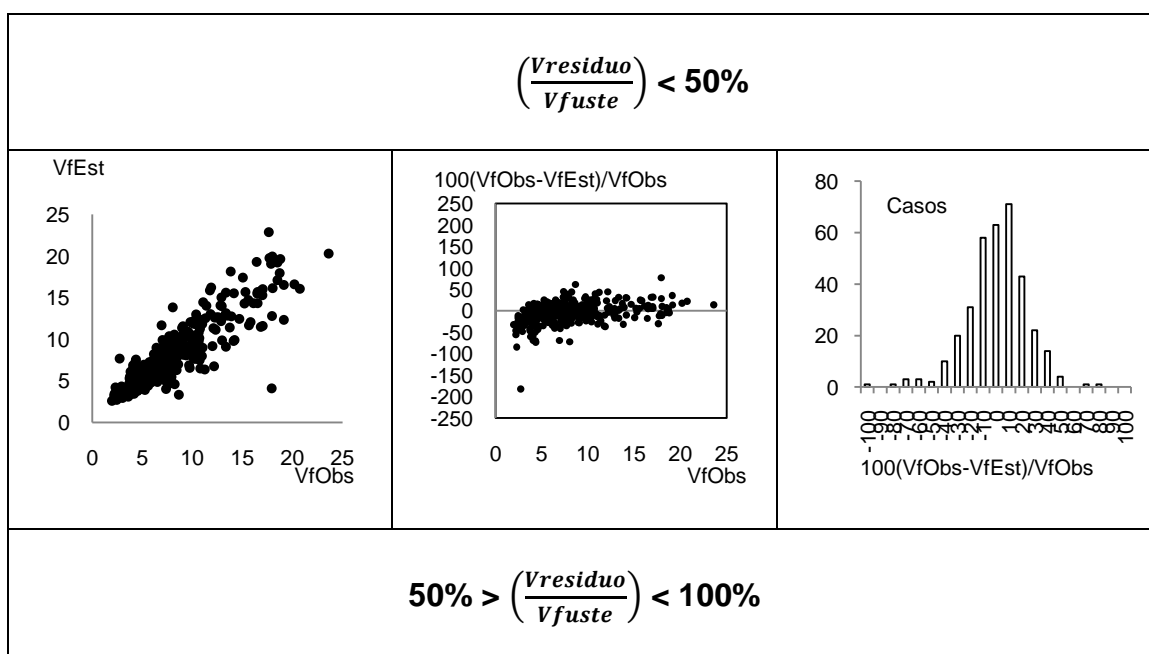
$$\hat{V} = 7,21200 \times 10^{-8} \cdot dap^{2,95467} \cdot h^{1,68226} \cdot \left(\exp^{(80,48055 \cdot \frac{Tx_1}{dap})} \right)$$

Os coeficientes de correlação entre os valores observados e estimados pelas equações ($R_{\hat{y}y}$) foram de 0,88 (Equação 1), 0,87 (Equação 2) e 0,97 (Equação 3). O erro padrão para as estimativas foram 25,66 (Equação 1), 32,55 (Equação 2) e 25,41 (Equação 3). Estes resultados, de maneira geral,

foram melhores do que a utilização de uma equação única. No entanto, a utilização de várias equações para um determinado objetivo pode atrapalhar no planejamento de uma empresa ou empreendimento florestal.

Campos et al. (2001), estimaram os volumes de fuste comercial com casca e de galhos com diâmetros acima de 10 cm para povoamento misto em Minas Gerais, e obtiveram coeficiente de correlação de $R_{\hat{y},y} = 0,98$ e CV= 38,08%, na qual avaliaram os resultados como satisfatórios, levando em conta que os dados eram provenientes de uma floresta nativa.

Os gráficos de distribuição e histogramas dos resíduos foram gerados considerando o volume de fuste e volume de galhos. Sendo que o volume de galhos foi obtido pela diferença entre o volume de fuste e o volume total. Abaixo são apresentados os gráficos e histogramas de resíduos percentuais para o volume de fuste:



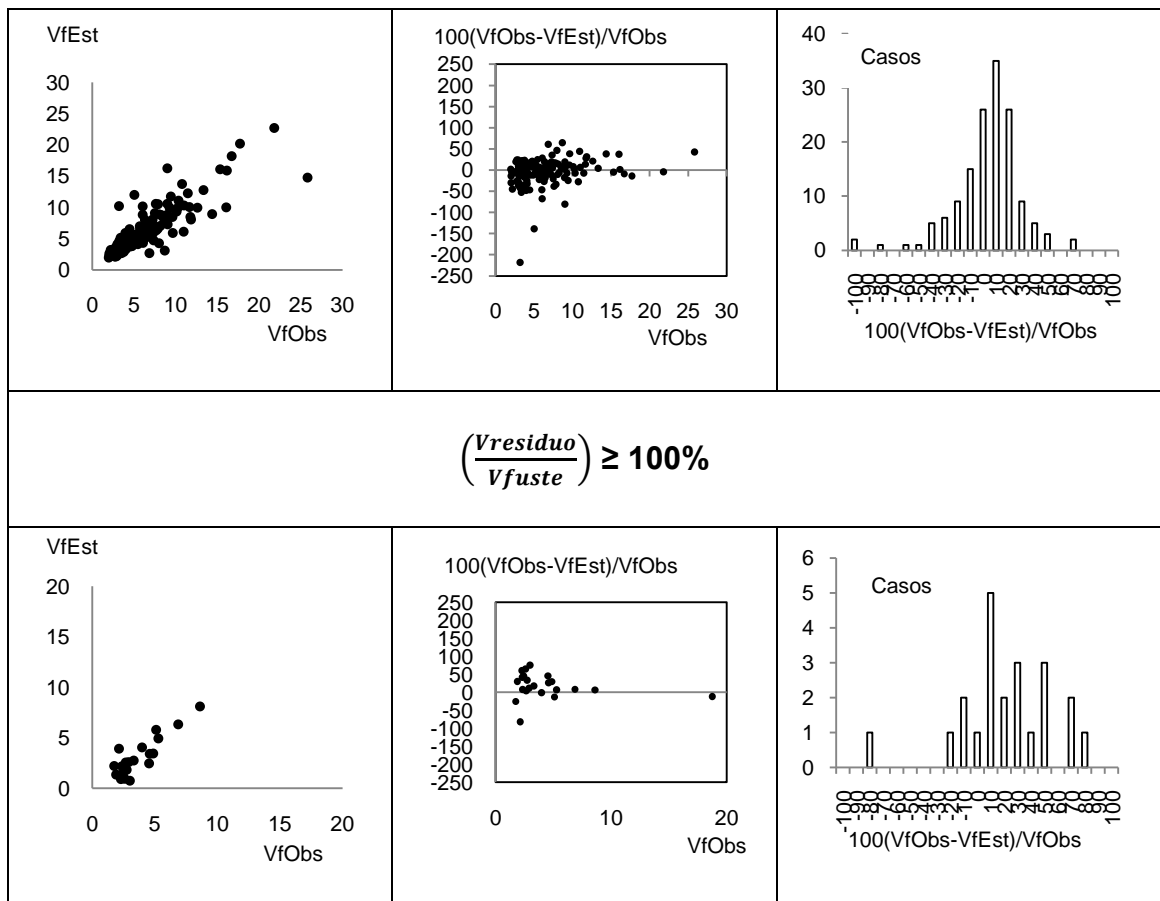


Figura 1. Distribuição dos erros percentuais em relação ao volume observado, relação entre volumes estimados e observados e distribuição de frequência dos erros percentuais para volume de fuste utilizando análise de regressão.

Figure 1. Distribution of percentage error for the observed volume, relation between estimated and observed volumes and frequency distribution of the percentage errors to volume of bole by regression analysis.

Os gráficos mostram a uma tendência de superestimativa sobre o volume de fuste nas três equações geradas, com a maioria dos dados com erros percentuais de 10%. Esta tendência é observada principalmente nos menores volumes.

As distribuições dos erros percentuais para o volume de galhos (resíduos) estão apresentadas na Figura 2 abaixo:

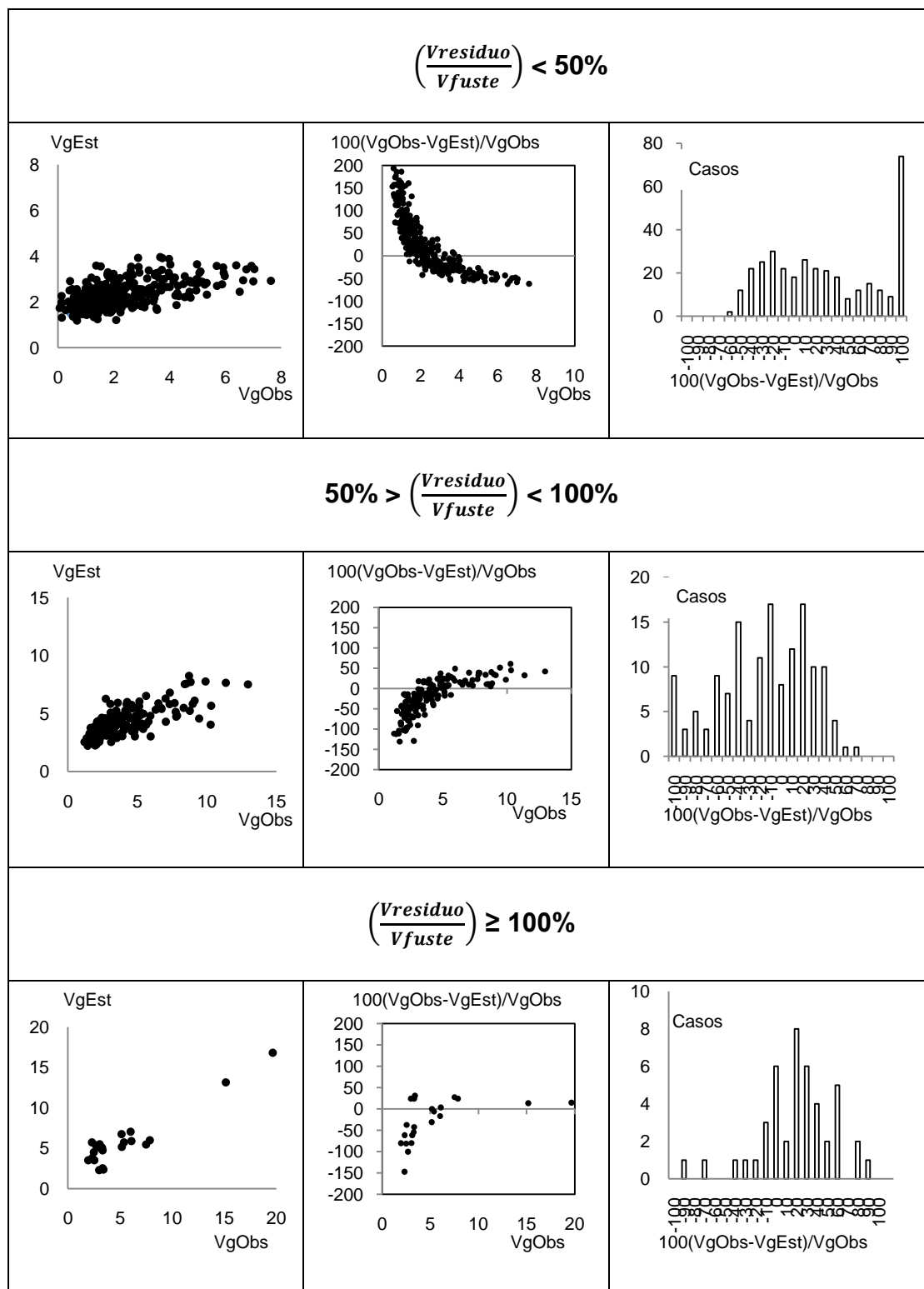


Figura 2. Distribuição dos erros percentuais em relação ao volume observado, relação entre volumes estimados e observados e distribuição de frequência dos erros percentuais para volume de galhos utilizando análise de regressão.

Figure 2. Distribution of percentage error for the observed volume, relation between estimated and observed volumes and frequency distribution of the percentage errors to volume of branches by regression analysis.

As distribuições dos erros percentuais do volume de galhos foram irregulares e com forte tendência a superestimativa. A variação foi bem maior para os erros obtidos nos menores volumes.

Para as estimativas feitas pelas redes, as mesmas apresentaram coeficiente de correlação ($R_{\hat{y},y}$) de 0,99 para os fustes e 0,92 para os galhos. Além disso, os volumes estimados estiveram mais próximos dos volumes observados em comparação aos resultados obtidos pelas análises feitas via regressão. Schoeninger (2006), também obtiveram melhores resultados por meio das redes neurais em relação aos métodos de regressão para o estudo de biomassa e carbono em uma Floresta Ombrófila Densa no Estado de Santa Catarina.

Nas Figuras 3 e 4 estão os resultados com as distribuições dos erros percentuais em relação aos volumes observados e estimados.

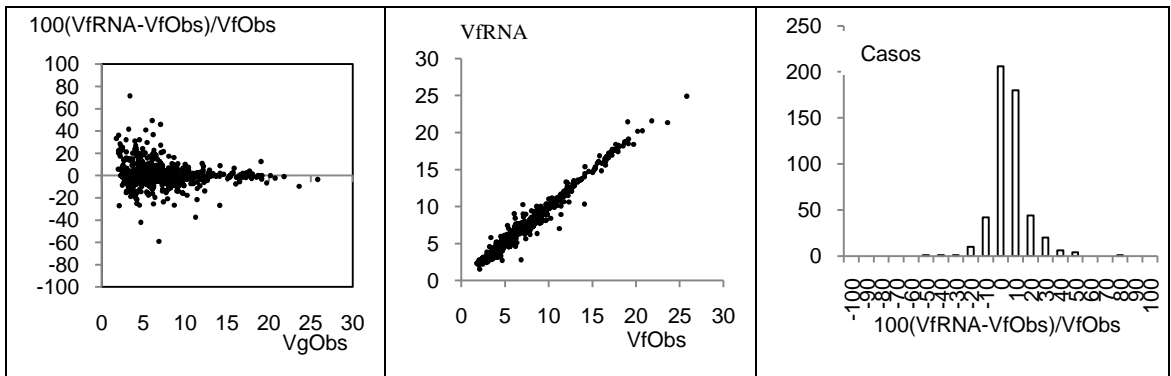


Figura 3. Distribuição dos erros percentuais em relação ao volume observado, relação entre volumes estimados e observados e distribuição de frequência dos erros percentuais para volume de fuste pela RNA.

Figure 3. Distribution of percentage error for the observed volume, relation between estimated and observed volumes and frequency distribution of the percentage errors to volume of bole by ANN.

Ferraz (2012), estudando a estimativa de biomassa aérea em um fragmento florestal de mata nativa no município de Viçosa, Minas Gerais, obteve erros percentuais menores utilizando RNAs em relação ao emprego da análise de regressão.

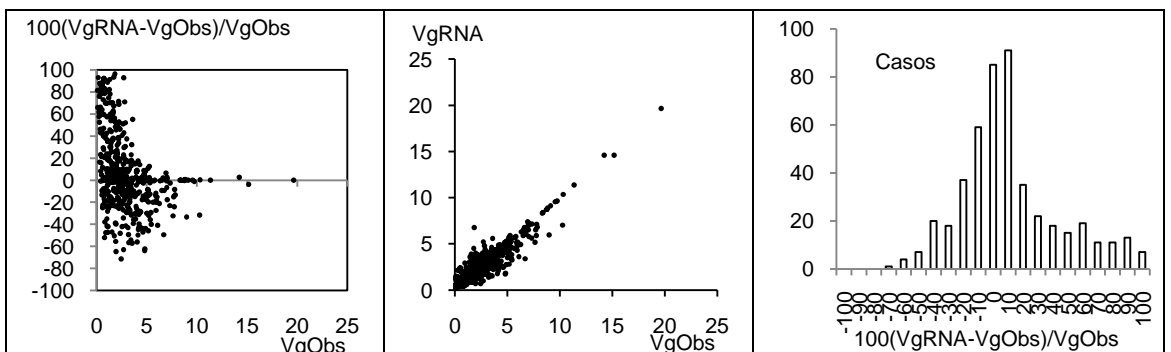


Figura 4. Distribuição dos erros percentuais em relação ao volume observado, relação entre volumes estimados e observados e distribuição de frequência dos erros percentuais para volume de galhos pela RNA.

Figure 4. Distribution of percentage error for the observed volume, relation between estimated and observed volumes and frequency distribution of the percentage errors to volume of branches by ANN.

Na distribuição dos resíduos pelo volume observado dos galhos, observa-se grande dispersão nos dados de ambos os métodos aplicados. Para Borsoi et al. (2012) isto pode ser explicado pelo número de espécies distintas, ou por outros fatores (bióticos e abióticos).

Para Campos et al. (2001) também houve grande dispersão dos dados, de uma floresta primária em Minas Gerais, devido a variabilidade dos volume de galhos das árvores, o que foi amenizado com a divisão dos dados em diâmetros menores e maiores que 20 centímetros.

Em uma Floresta Ombrófila Mista, Borsoi et al. (2012) agruparam as espécies em diferentes grupos de valor econômico e os ajustes para volume de galhos se mostraram eficientes, apesar de ainda ter grande dispersão nos dados estimados pelas equações desenvolvidas no estudo.

Os resultados apresentados pela rede foram melhores, apesar da dispersão dos resíduos percentuais em relação aos volumes observados. Os volumes estimados em função dos observados ficaram mais próximos à média e o histograma indicou menor tendência de superestimativa em relação aos resultados obtidos com as equações geradas via regressão.

Tabela 2. Resultado dos parâmetros de qualidade de ajuste para as estimativas obtidas pelas equações e RNAs para os volumes de fuste e galhos

Table 2. Results of the parameters of quality of adjustment for the estimations obtained by the equations and ANNs for the bole and branches volumes

| # | <i>Bias</i> | <i>Bias%</i> | <i>RQME</i> | <i>RQME%</i> | <i>Variância (erro)</i> |
|--------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------------------|
| Equação 1 (fuste) | -0,023 | -0,290 | 1,912 | 24,155 | 3,665 |
| Equação 1 (galhos) | 0,057 | 2,484 | 1,241 | 53,888 | 1,542 |
| Equação 2 (fuste) | -0,093 | -1,472 | 2,058 | 32,646 | 4,256 |
| Equação 2 (galhos) | 0,114 | 2,624 | 1,670 | 38,489 | 2,795 |
| Equação 3 (fuste) | -0,494 | -12,92 | 1,183 | 30,932 | 1,209 |
| Equação 3 (galhos) | 0,504 | 8,812 | 1,775 | 31,002 | 3,032 |
| RNA (fuste) | -0,007 | -0,090 | 0,712 | 9,540 | 0,509 |
| RNA (galhos) | 0,004 | 0,140 | 0,860 | 32,130 | 0,742 |

De maneira geral observou-se diferença nas estimativas entre as equações e as RNAs, tendo as redes apresentado os melhores resultados. Lembrando que foi treinada uma rede para a estimativa do volume de fuste e outra para o volume de galhos, fato que favorece a utilização das RNAs bem como a aplicação do método, na possibilidade de reduzir o tempo gasto com ajuste e avaliação do modelo volumétrico.

4. CONCLUSÕES

- São escassos os estudos envolvendo estimativas simultâneas de fuste comerciais e galhos com diâmetros grossos na região Amazônica.

- A estratificação dos dados é eficiente para a melhora dos ajustes quando se utiliza o método de regressão, mas a quantidade de equações obtidas pode causar demora na geração dos resultados desejados.

- A aplicação de Redes Neurais Artificiais mostrou-se mais exata nas estimativas de volume comercial de fuste e galhos do que a equação do modelo único para múltiplos volumes.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Cooperativa Mista da Flona Tapajós pela oportunidade e investimento na pesquisa.

E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela obtenção de bolsa ao primeiro autor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BINOTI, M.L.M.S. **Emprego de redes neurais artificiais em mensuração e manejo florestal**. 2012. 138 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.

BORSOI, G.A.; MÜLLER, B.V.; BRENA, D.A. Equações de volume para galhos de espécies em diferentes grupos de valor econômico em uma Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.8, n.3, p. 869-878. 2012.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G.; SILVA, G.F.; SOARES, C.P.B.; CARNEIRO, J.A. Estimação de volumes do tronco e da copa de árvores de povoamentos mistos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 223-230, 2001.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 470p.

FERRAZ, A.S. **Estimação dos estoques de biomassa e carbono na parte aérea de um fragmento de floresta estacional semidecidual por meio de imagens de satélite IKONOS II**. 2012. 103p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2º Edição revista e ampliada, Rio de Janeiro, 2012. 271p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Floresta Nacional do Tapajós – Plano de Manejo**. Volume 1, Brasília, 2004. 580 p.

LEITE, H.G.; GUIMARÃES, D.P.; CAMPOS, J.C.C. Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n. 1, p. 65-79, 1995.

MAGOSSI, D.C. **A produção florestal e a industrialização de seus resíduos na região de Jaguariaíva – Paraná**. 2007. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

RADAMBRASIL. **Folha SA.21-Santarém**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1976. 510 p.

REZENDE, A.V.; VALE, A.T.; SANQUETTA, C.R.; FIGUEIREDO-FILHO, A.; FELFILI, J.M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 65-76, 2006.

SALMERON, A. Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento industrial de resíduo visando a produção de energia. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 2, p. 1-12. 1980.

SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração Florestal 2: Volumetria**. Lavras: ESAL/FAEPE, 126p. 1993.

SCHOENINGER, E.R. **Uso de redes neurais artificiais para mapeamento de biomassa e carbono orgânico no componente arbóreo de uma Floresta Ombrófila Densa**. 2006. 146p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

ARTIGO 2

Análise financeira da extração e beneficiamento de resíduos florestais pós-colheita na Floresta Nacional do Tapajós

Financial analysis of the extraction and processing of forest residues
after harvest in the Tapajós National Forest

Resumo

O objetivo do estudo foi identificar e analisar os custos e as receitas estimadas envolvidas na extração e beneficiamento de resíduos florestais pós-colheita na Floresta Nacional do Tapajós. O levantamento foi executado na Área de Manejo Florestal da COOMFLONA, especificamente na Unidade de Produção Anual número 7 (UPA 7), localizada na Floresta Nacional do Tapajós, km 83 da BR-163, Belterra. Foram extraídos e beneficiados os resíduos de 11 espécies comerciais com utilização no setor moveleiro e da construção civil. As etapas envolvidas no estudo foram: localização e preparação, operação de arraste, operações de pátio, beneficiamento e transporte/armazenamento da madeira serrada. Os dados dos custos reais e estimados com a previsão de encargos sociais e trabalhistas para a mão-de-obra e as receitas estimadas, considerando os preços de madeira serrada, das espécies trabalhadas, no mercado formal e no mercado informal praticados na cidade de Santarém, assim como o preço de venda na forma de dormentes, foram avaliados em 8 cenários distintos de rentabilidade. Foi retirado 260,7036 m³ de resíduos em duas Unidade de Trabalhos (UTs) e deste volume, 157,6402 m³ foi beneficiado gerando 84,1005 m³ de madeira serrada (53% de rendimento). Cinco cenários tiveram lucros estimados positivos, sendo que as melhores opções indicaram para uso múltiplo de dormentes e da madeira serrada. O cenário 7 foi o que apresentou a melhor forma de remuneração ao produto, pois os custos envolveram todos dos direitos trabalhistas aos manejadores e a receita estimada agregou o máximo de valor a madeira beneficiada dos resíduos florestais.

Palavras-chave: Madeira serrada, Agregação de valor, Manejo Florestal Comunitário

Abstract

The aim of this study was to analyze the costs and the estimated revenue involved in the extracting and benefiting forest residues after harvest in the Tapajós National Forest. The survey was performed in the area of Forest Management of COOMFLONA, specifically in the Annual Production Unit Number 7 (UPA 7), located in the Tapajós National Forest, 83 km from the BR-163, Belterra. The wastes from 11 commercial species were extracted and processed to use in the furniture industry and construction. The steps involved in the study were: location and preparation, the drag operation, yard operations, processing and transportation/storage of sawn wood. The data of actual and

estimated costs predicting social and labor charges for labor and the estimated revenue, considering the prices of sawn wood in the formal and informal market practiced in the city of Santarém, as well as the sale price in the form of dormant were evaluated in 8 different scenarios of profitability. 260.7036 m³ of waste was extracted in two Unit Jobs (UTs) and since volume 157.6402 m³ has benefited generating 84.1005 m³ of sawn wood (53% yield). Most scenarios have had positive estimated profits, and indicated the best options for multiple uses like dormant and sawn wood. Scenario 7 showed the best form of compensation to the product because the costs involved all of the labor rights for workers and estimated revenue added the most value to processed wood from forest residues.

Key-words: Sawn wood, Adding value, Community Forest Management

1. INTRODUÇÃO

As discussões envolvendo o aproveitamento de resíduos florestais da colheita madeireira já vêm sendo feita há tempos por vários autores. Porém, a principal indicação para estes resíduos tem sido a geração de energia, por meio do carvão vegetal e lenha (JANKAUSKIS, 1983; GRAÇA e CAMPOS, 1986; NUMAZAWA, 1986; SOUZA, 2009).

Simonhane (2013) comenta que a produção de energia (lenha e carvão) com resíduos de diâmetros acima de 20 cm é a forma menos nobre de aproveitar o recurso, mas que por vezes as empresas veem como a melhor forma de aproveitamento.

Os resíduos florestais das árvores derrubadas no manejo florestal são divididos, de forma simples, em galhos grossos e finos, folhas e raízes (SALMERON, 1980). Sendo que os galhos são a parte mais indicadas para aproveitamento, devido à quantidade desta matéria-prima e por apresentar média facilidade de quantificação do que as outras.

Tratando-se de uma floresta natural de terra firme, os resíduos florestais oriundos das árvores colhidas é uma alternativa atrativa de aproveitamento, haja vista, a possibilidade de auferir mais valor econômico as espécies.

Todavia, torna-se necessário a melhor utilização deste recurso florestal levando em consideração o uso múltiplo dos resíduos (SOUZA, 2009).

As árvores de grande porte geram resíduos grossos com diâmetros que possibilitam o beneficiamento e a utilização da madeira serrada para o setor moveleiro e de fabricação de pequenos artefatos, além do setor de pré-cortados. No entanto, não há experiências divulgadas voltadas para estes tipos de aproveitamento com os resíduos de espécies nativas da Amazônia, e nem mesmo a viabilidade econômica para tal.

A análise financeira é usada por empreendimentos para gerar critérios de decisões, avaliando a rentabilidade de uma atividade florestal permitindo prever antecipadamente a possibilidade de ganho ou perdas. E quando esta é feita após a realização da atividade, é possível determinar quais foram as atividades que causaram lucros ou prejuízos e qual foi o rendimento financeiro (POKORNY et al., 2011)

Na Área de Manejo Florestal (AMF) da Cooperativa Mista da Flona Tapajós (COOMFLONA), os resíduos estão sendo beneficiados e serão destinados para o setor moveleiro na região oeste do Pará e poderão também atender ao mercado de pré-cortados, com peças em bitolas de pequenas dimensões. Esta iniciativa pioneira na região visa *a priori* abastecer os pólos moveleiros na cidade de Belterra, Mojuí dos Campos e Santarém, além de proporcionar a fabricação de móveis e pré-cortados por comunitários na Floresta Nacional do Tapajós.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar a viabilidade para o aproveitamento de resíduos da colheita florestal na Floresta Nacional do Tapajós.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi aplicado na Área de Manejo Florestal da Cooperativa Mista da Flona Tapajós (COOMFLONA), especificamente na Unidade de Produção Anual número sete (UPA 7). Esta área fica localizada na Floresta Nacional do Tapajós, km 83 da BR 163, município de Belterra.

O clima da região pela classificação de Köppen é do tipo Ami, com temperatura média anual de 25,5°C e umidade relativa média em torno de 90%. A precipitação média anual é de 1820 mm, com grande incidência de chuvas no período de janeiro a maio (IBAMA, 2004). Segundo dados do Radambrasil (1976) a área de estudo se encontra na unidade morfoestrutural Planalto Tapajós-Xingú, cuja cota altimétrica varia entre 120 e 170 metros.

Os solos predominantes na Unidade são os Latossolos Amarelo Distrófico, solos profundos e com baixa capacidade de troca catiônica (RADAMBRASIL, 1976). A Floresta Nacional do Tapajós situa-se na zona de Floresta Ombrófila Densa, tipo de vegetação dominante no norte do país (IBGE, 2012), caracterizado pelo domínio de árvores de grande porte sob regime de temperaturas elevadas e precipitações distribuídas ao longo do ano (IBAMA, 2004).

2.2 Coleta e Análise dos Dados

Os resíduos florestais das árvores colhidas, com diâmetros aproveitáveis para madeira serrada ($d \geq 20$ cm e comprimento ≥ 50 cm) foram extraídos e beneficiados na UPA 7. As espécies comerciais que fizeram parte deste estudo estão apresentadas na Tabela 1, com suas respectivas densidades.

Tabela 1. Espécies comerciais estudadas e suas respectivas densidades

Table 1. Commercial species studied and their densities

| Nome vulgar | Densidade básica (kg/m³)* |
|--------------------|---|
| Angelim-pedra | 590 |
| Cedrorana | 440 |
| Cedro-vermelho | 440 |
| Fava-timborana | 760 |
| Garapeira | 670 |
| Itaúba | 800 |
| Louro-rosa | 642 |
| Maçaranduba | 833 |
| Muiracatiara | 810 |
| Quaruba | 490 |
| Sapucaia | 880 |
| Sucupira-amarela | 780 |

*Instituto de Pesquisas Tecnológica - IPT

As etapas envolvidas no levantamento foram: localização e preparação, operação de arraste, operações de pátio, beneficiamento e transporte/armazenamento da madeira serrada. Os resíduos foram beneficiados nos pátios de estocagem por uma serraria portátil da marca Lucas Mill® para a geração de madeira serrada.

Os dados de todos os custos envolvidos foram registrados em fichas de campo específicas, sendo que estes corresponderam aos materiais, equipamentos, mão-de-obra e combustível utilizados em todo o levantamento. Em contrapartida, a receita foi estimada baseando-se nos preços da madeira serrada das espécies estudadas, no mercado formal e informal na cidade de Santarém (Tabela 2).

Tabela 2. Preços de madeira serrada no mercado formal (PMF) e informal (PMI) de Santarém para as espécies estudadas

Table 2. Prices of sawn wood in the formal (PMF) and informal (PMI) market in Santarém for the species studied

| Nome vulgar | PMF (R\$.m³)⁻¹ | PMI (R\$.m³)⁻¹ |
|--------------------|---|---|
| Angelim-pedra | 650,00 | 600,00 |
| Cedrorana | 700,00 | 650,00 |
| Fava-timborana | 700,00 | 550,00 |
| Garapeira | 900,00 | 800,00 |
| Itaúba | 1.100,00 | 800,00 |
| Louro-rosa | 650,00 | 600,00 |
| Maçaranduba | 900,00 | 900,00 |
| Muiracatiara | 1.100,00 | 800,00 |
| Quaruba | 700,00 | 550,00 |
| Sapucaia | 900,00 | 650,00 |
| Sucupira-amarela | 900,00 | 800,00 |

Além disso, foi estimada a utilização da madeira serrada dos resíduos para uso como dormentes. O dormente é o elemento da superestrutura ferroviária que tem por função receber e transmitir ao lastro os esforços e vibrações produzidos pelas cargas dos trens, servindo de suporte e fixação dos trilhos (SILVA e EVANGELISTA, 2011).

As dimensões (bitola) dos dormentes variam conforme a via ferroviária e a sua utilização, sendo que a dimensão estimada neste estudo foi de peças de 17 cm x 24 cm x 280 cm, também chamada de bitola larga e mais usual nas ferrovias atuais, as quais representam em torno de 80% da malha ferroviária no Brasil (SILVA e EVANGELISTA, 2011).

A madeira para ser destinada para dormente tem que apresentar durabilidade, rigidez, elasticidade e resistência a esforços. Portanto, as espécies que possuem estas características e fizeram parte desta estimativa, foram: angelim pedra, garapeira, itaúba, maçaranduba, sapucaia e sucupira-

amarela. Para a estimativa destas espécies levou-se em consideração os dois tipos de uso, sendo madeira serrada para o setor de móveis e dormentes.

Por se tratar de madeira de espécies nativas, o preço de dormente utilizado para estimar a receita foi de R\$ 270,00 a peça, que é 50% maior que o valor vendido com a madeira de eucalipto tratada na bitola larga (R\$ 180,00). Esta opção visa maior agregação de valor e promoção do uso múltiplo desta matéria-prima que antes ficava na floresta sem nenhum uso comercial.

De posse destas informações foram avaliados oito cenários para verificar a rentabilidade econômica deste tipo de atividade (Tabela 3), levando em consideração os custos reais pagos pela cooperativa (mão-de-obra sem encargos sociais) e reavaliando com a inclusão dos benefícios sociais, obtendo assim a remuneração justa pela matéria-prima, conforme orientam a OIT – Organização Internacional do Trabalho e o SBF – Serviço Florestal Brasileiro (2009).

Tabela 3. Cenários avaliados no estudo

Table 3. Scenarios evaluated in the study

| Cenários | Custos | Estimativa de receita |
|-----------------|---|------------------------------|
| 1 | Sem encargos sociais e trabalhistas | Mercado formal |
| 2 | Sem encargos sociais e trabalhistas | Mercado informal |
| 3 | Com previsão de encargos sociais e trabalhistas | Mercado formal |
| 4 | Com previsão de encargos sociais e trabalhistas | Mercado informal |
| 5 | Sem encargos sociais e trabalhistas | Mercado formal + dormentes |
| 6 | Sem encargos sociais e trabalhistas | Mercado informal + dormentes |
| 7 | Com previsão de encargos sociais e trabalhistas | Mercado formal + dormentes |
| 8 | Com previsão de encargos sociais e trabalhistas | Mercado informal + dormentes |

O pagamento aos manejadores durante toda atividade foi feita na forma de diária, sem a inclusão de benefícios sociais e trabalhistas. Desta forma, nos cenários 3, 4, 7 e 8, os custos com mão-de-obra incluíram o pagamento de salário mensal acrescidos dos encargos sociais e trabalhistas conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Encargos sociais e trabalhistas utilizados para a estimativa do pagamento de mão-de-obra

Table 4. Social and labor charges used to estimate the payment of labor

| Encargos Sociais e Trabalhistas | % |
|--|--------------|
| INSS | 20,00 |
| Seguro contra Acidente de Trabalho | 3,00 |
| Salário Educação | 2,50 |
| INCRA/SEST/SEBRAE/SENAT | 3,30 |
| FGTS | 8,00 |
| FGTS/Provisão de Multa para Rescisão | 4,00 |
| Previdenciário s/ 13° e Férias | 7,93 |
| 13° Salário | 8,33 |
| Férias | 11,11 |
| Total de Encargos | 68,17 |

A porcentagem dos encargos foi baseada em um salário de mensalista de uma empresa não optante pelo simples, haja vista, que a receita bruta da cooperativa com a venda da madeira em tora é, em média, superior a R\$ 2,4 milhões/ano. Além dos encargos sociais e trabalhistas foi acrescido 30% de adicional de remuneração de periculosidade, devido aos riscos envolvidos na atividade. Todas as margens percentuais tiveram como base o salário mínimo vigente de R\$ 678,00.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dados Gerais

A atividade teve início em janeiro de 2013 e uma parada em meados do mês de maio, devido as fortes chuvas na região de estudo. Ao todo foram trabalhados 94 dias, e com mais 60% do beneficiamento dos resíduos concluído.

Foram extraídos 260,7036 m³ de resíduo (galhos), correspondente as 11 espécies comerciais (Tabela 5). A extração ocorreu em duas Unidades de Trabalho (UTs), num total de 11 pátios de estocagem trabalhados, o que representou 13,7% do número total de pátios na UPA 7.

Tabela 5. Lista de espécies comerciais com os seus respectivos volumes de resíduos extraídos na Área de Manejo Florestal da COOMFLONA

Table 5. List of commercial species with their respective volumes of residues extracted in the Forest Management Area of COOMFLONA

| Espécie | V_{resíduo} (m³) | % |
|------------------|--|--------------|
| Angelim-pedra | 19,8895 | 7,6 |
| Cedrorana | 24,1354 | 9,3 |
| Fava-timborana | 7,2333 | 2,8 |
| Garapeira | 12,1133 | 4,6 |
| Itaúba | 5,1121 | 2,0 |
| Louro-rosa | 22,0300 | 8,5 |
| Maçaranduba | 83,6850 | 32,1 |
| Muiracatiara | 70,8139 | 27,2 |
| Quaruba | 11,2639 | 4,3 |
| Sapucaia | 2,0591 | 0,8 |
| Sucupira-amarela | 2,3680 | 0,9 |
| Total | 260,7036 | 100,0 |

O volume bruto beneficiado, até a pausa da atividade, foi de 157,6402 m³, sendo que o restante (103,0634 m³) será beneficiado no começo do verão na região, que é no mês de julho.

Foi gerado 84,1005 m³ de madeira serrada, tendo um rendimento médio de 53,3%, sendo que algumas espécies que apresentaram rendimento superior (Tabela 6).

Tabela 6. Rendimento de madeira serrada pelo beneficiamento dos resíduos na Área de Manejo Florestal da COOMFLONA

Table 6. Yield of sawn wood by processing of residues in the Forest Management Area of COOMFLONA

| Espécie | V_{resíduo} (m³) | V_{serrado} (m³) | Rendimento (%) |
|------------------|--|--|-----------------------|
| Angelim-pedra | 16,5436 | 10,2952 | 62,2 |
| Cedrorana | 15,3696 | 7,2973 | 47,5 |
| Fava-timborana | 4,9085 | 3,2588 | 66,4 |
| Garapeira | 3,3704 | 1,9873 | 59,0 |
| Itaúba | 4,5114 | 2,4486 | 54,3 |
| Louro-rosa | 14,6387 | 7,4850 | 51,1 |
| Maçaranduba | 41,3064 | 21,0056 | 50,9 |
| Muiracatiara | 43,7267 | 24,2687 | 55,5 |
| Quaruba | 9,0686 | 4,0710 | 44,9 |
| Sapucaia | 1,8284 | 0,5060 | 27,7 |
| Sucupira-amarela | 2,3680 | 1,4769 | 62,4 |
| Total | 157,6402 | 84,1005 | 53,3 |

As espécies angelim-pedra, fava-timborana e sucupira-amarela apresentaram rendimento acima de 60%, enquanto que quaruba e sapucaia foram as que apresentaram menores rendimentos, 44,9% e 27,7% respectivamente.

Tonini e Ferreira (2004), trabalhando com madeira em tora de angelim-pedra obtiveram rendimento acima de 60% (66,2%). Para a espécie itaúba,

Biasi (2005) obteve rendimento médio de madeira serrada de 54% e Garcia et al. (2012) teve 49,6%, no entanto ambos foram para o beneficiamento de madeira em tora.

Para a espécie muiracatiara, Marchesan (2012) obteve rendimento de 66%, também trabalhando com madeira em tora. Para este estudo, o rendimento foi de 55,5%, mas houve muitos toretes que não tiveram aproveitamento devido a grande incidência de alburno e também de brocas.

A espécie sapucaia foi a que apresentou menor rendimento (27,7%), influenciando diretamente o rendimento médio. Souza (2006) avaliou o rendimento de madeira serrada da sapucaia por meio de uma serraria portátil e obteve 50,8% de aproveitamento, e afirmou que o diâmetro e a sanidade das toras foram os principais fatores que influenciaram no resultado.

Garcia (2011) estudou o aproveitamento dos resíduos de copa da espécie maçaranduba no município de Portel, Estado do Pará, e obteve um rendimento de 17%. No entanto, estes resíduos foram beneficiados em uma serraria convencional, sendo um dos motivos, mencionado pela autora, pelo baixo rendimento. E recomendou investimento na adequação da indústria de transformação e equipamentos para ter eficácia no aproveitamento dos resíduos e assim oferecer qualidade aos produtos gerados.

É importante ressaltar a escassez de trabalhos envolvendo o beneficiamento de resíduos pós-colheita, mas os resultados obtidos neste estudo mostram a possibilidade de obter bons rendimentos, e em certos casos superiores as serrarias convencionais. Nas indústrias madeireiras, muitas técnicas estão sendo desenvolvidas e aplicadas, mas, mesmo assim, o rendimento da madeira serrada fica em torno de 50% (GARCIA et al., 2012).

3.2 Receitas e custos

Considerando os preços praticados pelos mercados formal e informal, com a volumetria de madeira serrada por espécie, foram obtidas as seguintes estimativas de receita, apresentadas na Tabela 7 abaixo.

Tabela 7. Receitas estimadas considerando os preços de madeira serrada no mercado formal (REPMF) e informal (REPMI) de Santarém

Table 7. Estimated revenues considering the prices of sawn wood in the formal (REPMF) and informal (REPMI) market of Santarém

| Espécie | REPMF* (R\$) | REPMI** (R\$) |
|------------------|---------------------|----------------------|
| Angelim-pedra | 6.691,88 | 6.177,12 |
| Cedrorana | 5.108,11 | 4.743,25 |
| Fava-timborana | 2.281,16 | 1.792,34 |
| Garapeira | 1.788,57 | 1.589,84 |
| Itaúba | 2.693,46 | 1.958,88 |
| Louro-rosa | 4.865,25 | 4.491,00 |
| Maçaranduba | 18.905,04 | 18.905,04 |
| Muiracatiara | 26.695,57 | 19.414,96 |
| Quaruba | 2.849,70 | 2.239,05 |
| Sapucaia | 455,40 | 328,90 |
| Sucupira-amarela | 1.329,21 | 1.181,52 |
| Total | 73.663,35 | 62.821,90 |

*REPMF – receita estimada pelo preço de mercado formal

**REPMI – receita estimada pelo preço de mercado informal

A diferença entre as receitas foi de R\$ 10.841,45 e somente a espécie maçaranduba obteve a mesma estimativa. As espécies maçaranduba e muiracatiara representaram mais de 60% das receitas estimadas.

Os custos obtidos pela cooperativa e os com previsão de encargos sociais e trabalhistas estão apresentados na Tabela 8. Os itens de custo avaliados foram: materiais, equipamento, combustível e mão-de-obra.

Tabela 8. Custos obtidos na atividade de extração e beneficiamento de resíduos florestais pós-colheita na Área de Manejo Floresta da COOMFLONA

Table 8. Costs obtained in the activity of extraction and processing of forest residues post-harvest in the Forest Management Area of COOMFLONA

| Descrição itens | CSE* (R\$) | CCE** (R\$) |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Materiais | | |
| EPIs | 1.890,00 | 1.890,00 |
| Fardamentos | 360,00 | 360,00 |
| Alimentação | 6.468,00 | 6.468,00 |
| Ferramentas de trabalho | 3.773,86 | 3.773,86 |
| Medicamento/Kits primeiros socorros | 217,00 | 217,00 |
| Sub-total | 12.708,86 | 12.708,86 |
| Equipamentos | | |
| Aluguel de skidder | 9.360,00 | 9.360,00 |
| Aluguel de carregadeira | 10.400,00 | 10.400,00 |
| Depreciação motosserras | 435,20 | 435,20 |
| Depreciação Serraria portátil | 1.557,41 | 1.557,41 |
| Depreciação caminhão truck 3/4 | 1.611,11 | 1.611,11 |
| Depreciação Kombi | 1.305,55 | 1.305,55 |
| Sub-total | 24.669,27 | 24.669,27 |
| Combustível | | |
| Gasolina | 3.493,70 | 3.493,70 |
| Diesel | 1.564,56 | 1.564,56 |
| Óleo 2T | 507,00 | 507,00 |
| Lubrificante | 644,00 | 644,00 |
| Sub-total | 6.209,26 | 6.209,26 |
| Mão-de-obra | | |
| Operadores de motosserra | 3.510,00 | 9.852,48 |
| Ajudantes | 11.432,50 | 13.379,22 |
| Marreteiro | 810,00 | 1.007,64 |
| Operador serraria portátil | 4.430,00 | 5.933,88 |
| Sub-total | 20.182,50 | 30.173,22 |
| Total | 63.769,89 | 73.760,61 |

*Custo sem encargos sociais e trabalhistas na mão-de-obra

**Custo com previsão de encargos sociais e trabalhistas na mão-de-obra

De maneira geral os custos com equipamentos e mão-de-obra foram mais representativos ao valor do custo total. Sendo que nos custos sem os encargos sociais, os equipamentos eram o maior custo, com R\$ 24.669,27 (39%). No entanto, quando foram previstos os encargos sociais, o item mão-de-obra foi superior com um de R\$ 30.173,22 (41%).

A diferença entre os dois custos foi de R\$ 9.990,72, representando um aumento de 15,67% em relação aos custos reais pagos pela COOMFLONA. Esta porcentagem a mais nos custos teria importância, pois garantiria todos os direitos trabalhistas e da participação no sistema previdenciário da equipe envolvida na atividade e desta forma agregaria o pagamento justo pela matéria-prima. Sobretudo, a organização estaria enquadrada no princípio nº1 do FSC – Forest Stewardship Council, pensando na possível certificação florestal.

Considerando os valores de custo pagos pela cooperativa e o volume beneficiado, o custo produzido foi de R\$ 758,26 m⁻³, ou seja, este é o valor mínimo para madeira serrada, independente da espécie. A média de preços praticados no mercado formal e informal foram R\$ 836,36 e R\$ 700,00, respectivamente. Por conseguinte, a madeira serrada dos resíduos da COOMFLONA custa em média mais R\$ 58,26 comparativamente ao preço médio no mercado informal e custa menos R\$ 78,10 do que o preço médio no mercado formal.

Com a previsão dos encargos sociais no custo da mão-de-obra, o preço mínimo por metro cubico de madeira serrada dos resíduos seria de R\$ 877,05. Valor que estaria R\$ 40,69 acima do preço médio do mercado formal e R\$ 118,79 acima do valor estipulado com os custos pagos pela cooperativa.

É importante ressaltar que o período chuvoso influenciou nos custos de mão-de-obra, pois mesmo não havendo atividade de campo, ou estes terem

sido de forma parcial durante o dia, devido às chuvas, os manejadores receberam suas diárias normalmente.

As receitas também foram estimadas com a previsão de venda da madeira na forma de dormente, juntamente com a madeira serrada. Os valores obtidos para o uso múltiplo dos resíduos estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Receitas estimadas com a venda de madeira na forma de dormente e madeira serrada provenientes do beneficiamento dos resíduos florestais pós-colheita na Área de Manejo Florestal da COOMFLONA

Table 9. Estimated revenues from the sale of timber in the form of dormant and sawn wood by processing of forest residues post-harvest in the Forest Management Area of COOMFLONA

| Espécie | N dormentes | V madeira serrada (m ³) | Dormentes (R\$) | RMF (R\$) | RMI (R\$) | RMF+D (R\$) | RMI +D (R\$) |
|------------------|-----------------------|---|---------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|
| Angelim-pedra | 42 | 2,7554 | 11.340,00 | 1.791,01 | 1.653,24 | 13.131,01 | 12.993,24 |
| Cedrorana | 0 | 7,2973 | 0,00 | 5.108,11 | 4.743,24 | 5.108,11 | 4.743,24 |
| Fava-timborana | 0 | 3,2588 | 0,00 | 2.281,16 | 2.281,16 | 2.281,16 | 1.792,34 |
| Garapeira | 4 | 1,1876 | 1.080,00 | 1.068,84 | 950,08 | 2.148,84 | 2.030,08 |
| Itaúba | 6 | 0,9635 | 1.620,00 | 1.059,85 | 770,80 | 2.679,85 | 2.390,80 |
| Louro-rosa | 0 | 7,4850 | 0,00 | 4.865,25 | 4.491,00 | 4.865,25 | 4.491,00 |
| Maçaranduba | 72 | 6,1544 | 19.440,00 | 5.538,96 | 5.538,96 | 24.978,96 | 24.978,96 |
| Muiracatiara | 0 | 24,2687 | 0,00 | 26.695,57 | 19.414,96 | 26.695,57 | 19.414,96 |
| Quaruba | 0 | 4,0710 | 0,00 | 2.849,70 | 2.239,05 | 2.849,70 | 2.239,05 |
| Sapucaia | 1 | 0,3918 | 270,00 | 352,62 | 254,67 | 622,62 | 524,67 |
| Sucupira-amarela | 3 | 0,4487 | 810,00 | 403,83 | 358,96 | 1.213,83 | 1.168,96 |
| Total | 128 | 58,2822 | 34.560,00 | 52.014,90 | 42.696,12 | 86.574,90 | 76.767,30 |

Onde: RMF – receita de madeira serrada pelo mercado formal; RMI – receita de madeira serrada pelo mercado informal; RMF+D – receita de madeira serrada pelo mercado formal e de dormentes; e RMI+D – receita de madeira serrada pelo mercado informal e de dormentes.

Os resultados apresentados mostram agregação de valor significativo com a inclusão da venda da madeira na forma de dormentes. Os valores

tiveram uma valorização de 17,53% e 22,20% em relação às receitas estimadas somente com a venda da madeira serrada.

O volume aproveitado estimando o uso de dormente foi de 14,6227 m³ e 72,9049 m³ quando somado com o volume de madeira serrada. A redução no volume total de madeira beneficiada foi em decorrência à estimativa de perda de 30% na geração dos dormentes a partir dos resíduos com comprimento \geq 2,80 cm.

Em relação às espécies destinadas para dormentes, somente a itaúba apresentou leve desvalorização com o uso múltiplo. A receita líquida estimada com a venda de madeira serrada no mercado formal e dormentes foi de R\$ 2.679,85, enquanto que para a venda somente de madeira serrada para o mesmo mercado a receita líquida estimada ficou em R\$ 2.693,96.

3.3 Avaliação dos cenários

Os resultados de custos e receitas dos cenários estudados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Custos e receitas nos cenários avaliados

Table 10. Costs and revenues in the scenarios evaluated

| Cenários | Custo total (R\$) | Receita bruta estimada (R\$) | Receita líquida estimada (R\$) |
|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 63.769,89 | 73.663,35 | 9.893,46 |
| 2 | 63.769,89 | 62.821,90 | -947,99 |
| 3 | 73.760,61 | 73.663,35 | -97,26 |
| 4 | 73.760,61 | 62.821,90 | -10.938,71 |
| 5 | 63.769,89 | 86.574,90 | 22.805,01 |
| 6 | 63.769,89 | 76.767,30 | 12.997,41 |
| 7 | 73.760,61 | 86.574,90 | 12.814,29 |
| 8 | 73.760,61 | 76.767,30 | 3.006,69 |

O cenário 5 que corresponde aos custos pagos pela cooperativa e as receitas estimadas com a venda da madeira serrada pelo preço do mercado formal e destinação de parte da produção para dormentes, foi o que gerou melhor rentabilidade com R\$ 22.805,01 de lucro estimado. Entretanto, o cenário 4 que corresponde aos custos com previsão de encargos sociais e trabalhistas que foi avaliado com a venda da madeira serrada no mercado informal, obteve o pior desempenho com prejuízo de R\$ 10,938,71.

Os cenários 2, 3 e 4 apresentaram rentabilidade negativa, sendo todos com a estimativa somente da venda da madeira serrada. Nos cenários 2 e 4, mesmo com o valor de custo pago pela COOMFLONA e estimada com os encargos sociais e trabalhistas, os lucros foram negativos quando comparado com a receita da madeira serrada pelo mercado informal.

No cenário 3, o lucro estimado ficou em R\$ -97,26 com os custos acrescidos dos encargos sociais e a madeira serrada vendida para o mercado formal, portanto mais próximo do ponto de equilíbrio em que os custos e receitas totais são iguais a zero.

De maneira geral, as receitas estimadas foram positivas, caso seja colocada parte da produção para o mercado de dormentes. Estes resultados indicam que o uso múltiplo pode agregar mais valor ao produto advindo dos resíduos florestais pós-colheita. Todavia, o cenário 7 foi o que apresentou a melhor forma de remuneração ao produto, pois os custos envolveram todos os direitos trabalhistas aos manejadores e a receita estimada agregou o máximo de valor a madeira beneficiada dos resíduos florestais.

Deve se ressaltar que o objetivo principal foi a madeira beneficiada e que os subprodutos gerados com o desdobro da madeira não tiveram destinação específica, por exemplo, agregação de valor para a produção de

carvão e lenha, secagem da madeira em estufas, ou até mesmo na cogeração de energia elétrica.

4. CONCLUSÕES

- A atividade de extração e beneficiamentos dos resíduos florestais pós-colheita foi rentável na maioria dos cenários avaliados;

- O uso múltiplo pode gerar mais possibilidade de renda na colheita e processamento de resíduos florestais pós-colheita;

- O preço minimamente justo garante equidade socioeconômica e produto florestal de origem legal sustentável e com rastreabilidade da cadeia de produção.

- A colheita e processamento de resíduos florestais pós-colheita propicia benefícios socioeconômicos a comunidade tradicionais organizados em arranjos produtivos no entorno de Flonas.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Cooperativa Mista da Flona Tapajós pela oportunidade e investimento na pesquisa.

E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela obtenção de bolsa ao primeiro autor.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIASI, C.P. **Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais**. 2005. 72p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.

GARCIA, I.M.W. **Quantificação e rendimento de resíduos aproveitáveis para madeira serrada da copa das árvores provenientes de exploração**

florestal. 2011. 63p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 2011.

GARCIA, F.M.; MANFIO, D.R.; SANSÍGOLO, C.A.; MAGALHÃES, P.A.D. Rendimento no desdobro de toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e Tauari (*Couatari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 468-474. 2012.

GRAÇA, L.R.; CAMPOS, C.H.O. Análise do aproveitamento econômico do resíduo florestal. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 13, p. 35-45, dez. 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2º Edição revista e ampliada, Rio de Janeiro, 2012. 271p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Floresta Nacional do Tapajós – Plano de Manejo**. Volume 1, Brasília, 2004. 580 p.

JANKAUSKIS, J. **Avaliação de resíduos florestais oriundos da exploração mecanizada da floresta tropical densa de terra firme**. 1983. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1983.

MARCHESAN, R. **Rendimento e qualidade de madeira serrada de três espécies tropicais**. 2012. 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

NUMAZAWA, S. **Aproveitamento de resíduos da exploração florestal em Curuá-una/PA, para produção de carvão vegetal**. 1986. 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1986.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO; SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Cartilha sobre o trabalho florestal**. 1º ed. Brasília, 2009. 48p.

POKORNY, B.; FERREIRA, C.A.P.; STEINBRENNER, M. **Custos de operações florestais: Noções e Conceitos**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 80p. (Documentos 373)

RADAMBRASIL. **Folha SA.21-Santarém**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1976. 510 p.

SALMERON, A. Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento industrial de resíduo visando a produção de energia. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 2, p. 1-12. 1980.

SIMONHANE, F.I. **Gestão e aproveitamento de desperdícios na exploração florestal – Estudo de caso Empresa Colosso Lda**. 2013. 91p. Projeto Final (Licenciatura em Engenharia Florestal) – Universidade Eduardo Mondlane, Maputo. 2013.

SILVA, J.C.; EVANGELISTA, W.V. **O estado da arte da indústria de dormentes de madeira preservada no Brasil – Um convite à reflexão**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011. 141p. (Material Didático)

SOUZA, C.I.F. **Rendimento do desdobro de toras, utilização dos resíduos e otimização do tempo de trabalho com uma serraria portátil (Lucas Mill) numa comunidade rural da Amazônia**. 2006. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus. 2006.

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

TONINI, H.; FERREIRA, L.M.M. **Rendimento em madeira serrada de cupiuba (*Goupia glabra*), caferana (*Erisma uncinatum*) e angelim-pedra (*Dinizia excelsa*)**. Embrapa Roraima, Boa Vista, 2004. 6p. (Comunicado Técnico).s