



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ANA PAULA BALDEZ LIMA

**CARACTERIZAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS DE COLHEITA DE RESÍDUOS DE
EXPLORAÇÃO FLORESTAL PARA FINS DE CARBONIZAÇÃO EM ÁREAS
MANEJADAS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA.**

**BELÉM
2011**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ANA PAULA BALDEZ LIMA

**CARACTERIZAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS DE COLHEITA DE RESÍDUOS DE
EXPLORAÇÃO FLORESTAL PARA FINS DE CARBONIZAÇÃO EM ÁREAS
MANEJADAS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA.**

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

Orientador: Prof. Paulo Luiz Contente de Barros, *D. Sc.*

BELÉM
2011

Lima, Ana Paula Baldez

Caracterização de três sistemas de colheita de resíduos de exploração florestal para fins de carbonização em áreas manejadas da Amazônia brasileira. / Ana Paula Baldez Lima – Belém, 2011.

80 p.: Il.

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

1. Sistemas de Colheita 2. Resíduos Florestais 3. Biomassa Florestal 4. Planejamento de Sistemas – I. Título.

CDD – 634.98

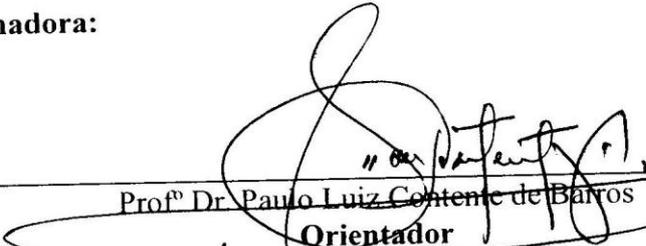
ANA PAULA BALDEZ LIMA

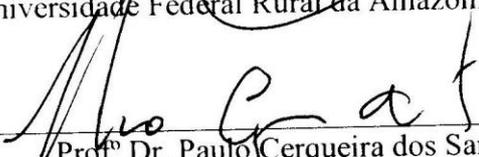
**CARACTERIZAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS DE COLHEITA DE RESÍDUOS DE
EXPLORAÇÃO FLORESTAL PARA FINS DE CARBONIZAÇÃO EM ÁREAS
MANEJADAS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA.**

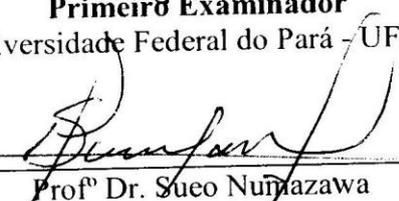
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração Manejo Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

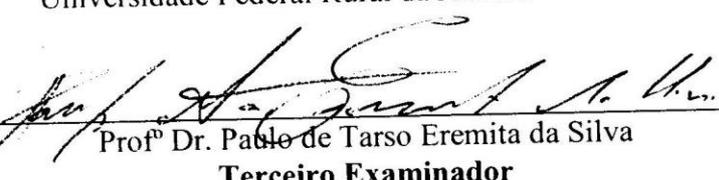
APROVADO EM: 27 de Maio de 2011.

Banca Examinadora:


Profº Dr. Paulo Luiz Contente de Barros
Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA


Profº Dr. Paulo Cerqueira dos Santos
Primeiro Examinador
Universidade Federal do Pará - UFPA


Profº Dr. Sueo Numazawa
Segundo Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA


Profº Dr. Paulo de Tarso Eremita da Silva
Terceiro Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Aos meus pais Paulo Roberto da S. Lima e Maria Dedma Baldez Lima, meus irmãos Paulo Roberto B. Lima e Adriana B. Lima, minha tia Maria de Nazaré Tavares Baldez Filha, e meus sobrinhos Breno da Costa B. Lima, Sarah Malcher B. Lima e João Gabriel M. da Costa B. Lima, razões da minha vida,

Dedico.

Aos meus avós Maria de Nazaré T. Baldez, João da Mata Lima, Julieta P. da Silva Lima (*in memoriam*) grandes exemplos de dignidade e de vida,

Meu reconhecimento.

Agradecimentos

A Deus pela dádiva da vida;

À minha família, pelo amor incondicional e por estar ao meu lado na construção e realização de mais este sonho;

À Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, pelo apoio institucional e por mais esta oportunidade de crescimento profissional;

À Coordenadoria do curso de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, pelo apoio a mim dispensado no decorrer do mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

À CIKEL Brasil Verde Madeiras Ltda., por disponibilizar a área de estudo e suas instalações na Fazenda Rio Capim-PA e dar o apoio logístico necessário para a coleta de dados;

Ao Professor Paulo Luiz Contente de Barros, *D. Sc.*, pelas sábias orientações, pela amizade e confiança, fatores determinantes para a execução deste trabalho;

Ao Professor Eduardo Saraiva da Rocha, *M. Sc.*, pela amizade, orientações, sugestões e conselhos que sempre me ajudaram a crescer pessoal e profissionalmente;

A todos os professores com os quais tive a honra e privilégio de conviver e receber ensinamentos que levarei pra vida toda;

À minha amiga Rafaella Fernandes Damasceno Silva, pela paciência, amizade, apoio na coleta de dados e em outros momentos de dificuldades no desenrolar do curso;

Aos amigos do mestrado, Cristiane Formigosa, Deivisson Souza, Fernanda Mendes e Larissa Almeida com os quais compartilhei momentos de estudo e diversão inesquecíveis;

Aos meus amigos de Macapá Aldemir Galvão, Amanda Diógenes, Anderson Pantoja, Bruno do Rosário, Emmanuele de Almeida, Higor Pedreira, João Saraiva, Lilian Guimarães, Mariana Avelar, Rafael do Rosário e Wesley Resplande, pela torcida e energia positiva emanada para realização deste sonho;

Aos amigos de trabalho, Érick Baltazar e Euryandro Costa pelo apoio e pelas valiosas contribuições;

Às grandes amigas, Aline Lopes, Denise Silva, Lorena Campos, Lorena Cei e Tainá Gasparim, pelo imenso e puro amor que nos une, não importa a distância.

*"Sonhe com o que você quiser. Vá para onde você queira ir. Seja o que você quiser, porque você possui apenas uma vida e nela só temos uma chance de fazer aquilo que queremos. Tenha felicidade bastante para fazê-la doce. Dificuldades para fazê-la forte. Tristeza para fazê-la humana. E esperança suficiente para fazê-la feliz".
Clarice Lispector."*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Enfardadora de resíduos.....	27
Figura 2. Mapa do Brasil (a); Estado do Pará com destaque ao município de Paragominas (b); Município de Paragominas com destaque aos limites da Área de Estudo (c); Mapa de Localização da Área de Estudo (d).	29
Figura 3. Visão panorâmica da Praça de Carbonização com fornos de tecnologia DPC – Drying Pyrolysis Cooling (a); Detalhe do descarregamento do reator após a carbonização (b).	37
Figura 4. Atividade de traçamento de resíduo de exploração florestal com diâmetro de aproximadamente 20 cm e comprimento de aproximadamente 1,20 m.....	38
Figura 5. Peças de resíduos com diâmetro superior a 20 cm e comprimentos menores que 1 m (a e b).	
Figura 6. Empilhamento manual do resíduo de exploração florestal (a). Pilhas formadas às margens da trilha de arraste (b).	39
Figura 7. Atividade de carregamento manual de resíduo de exploração florestal.....	40
Figura 8. Atividade de transporte primário do resíduo até o pátio florestal.....	40
Figura 9. Visão geral da Praça de carbonização com fornos de alvenaria do tipo rabo quente (a). Enchimento dos fornos com o resíduo de exploração florestal (b).	
Figura 10. Praça de carbonização de fornos metálicos removíveis.....	42
Figura 11. Atividade de descarregamento dos resíduos grossos no Pátio Florestal.....	44
Figura 13. Duas equipes na atividade de traçamento dos resíduos na área de corte.	45
Figura 12. Triciclo adaptado com garra traçadora (a). Atividade de traçamento dos resíduos no pátio(b).	
Figura 14. Empilhamento manual das peças de resíduo às margens das trilhas de arraste.....	46
Figura 15. Reboque no chão florestal durante a atividade de carregamento.....	47
Figura 16. Reboque sendo preparado para o transporte primário.	47
Figura 17. Atividade de descarregamento mecanizado do resíduo no pátio florestal. ...	48
Figura 18. Caçamba sendo preenchida para o transporte principal dos resíduos.	48
Figura 19. Corte parcial realizado nas ramificações de galhos.	49
Figura 20. Carregamento de feixe de resíduos grossos.	50
Figura 21. Arraste de feixe de resíduos.	51
Figura 22. Atividade de descarregamento de resíduos grossos.....	51
Figura 23. Distribuição do resíduo com carregadeira (a). Traçamento do resíduo extraído no pátio florestal (b).	52
Figura 24. Traçamento de empilhamento do resíduo que não fora extraído com Skidder.	53
Figura 25. Atividade de carregamento manual do reboque.....	
Figura 26. Atividade de descarregamento manual do reboque.	54
Figura 27. Caçamba sendo preenchida para o transporte principal dos resíduos.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Avaliação da atividade de Preparo da Lenha na Área de Corte – Traçamento nos três sistemas estudados.	59
Tabela 2. Avaliação da atividade de Preparo da Lenha na Área de Corte – Empilhamento nos três sistemas estudados.	62
Tabela 3. Avaliação da atividade de Extração – Carregamento nos três sistemas estudados.	66
Tabela 4. Avaliação da atividade de Extração – Transporte Primário nos três sistemas estudados.	70
Tabela 5. Avaliação da atividade de Extração – Descarregamento nos três sistemas estudados.	72
Tabela 6. Avaliação da atividade de Traçamento no Pátio nos três sistemas estudados.	74

LISTA DE SIGLAS

AIE – Bioenergia- Acordo Internacional de Energia – Bioenergia

AMF- Área de Manejo Florestal

DPC - *Drying Pyrolysis Cooling*

MMA- Ministério do Meio Ambiente

MME- Ministério de Minas e Energia

PMFS- Planos de Manejo Florestal Sustentável

PROINFA – Programa de Incentivos a Fontes de Alternativas de Energia Elétrica

RLF- Resíduos Lenhosos Finos

RLG- Resíduos Lenhosos Grossos

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	14
1 CONTEXTUALIZAÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 HIPÓTESES	18
4 REVISÃO DE LITERATURA	19
4.1 RESÍDUOS FLORESTAIS	19
4.2 FUNÇÕES ECOLÓGICAS DOS RESÍDUOS FLORESTAIS	21
4.3 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS FLORESTAIS	23
4.4 SISTEMAS DE COLHEITA DE RESÍDUOS FLORESTAIS	25
5 MATERIAL E MÉTODOS	29
5.1 ÁREA DE ESTUDO	29
5.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS	30
5.3 COLETA DE DADOS	32
5.4 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DAS ATIVIDADES.....	32
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6.1 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE COLHEITA DE RESÍDUOS FLORESTAIS.....	35
6.1.1 Sistema A	37
6.1.2. Sistema B	42
6.1.2.1 Subsistema B ₁ - Colheita do Resíduo Grosso.....	43
6.1.2.2 Subsistema B ₂ – Colheita do Resíduo Fino.....	45
6.1.3 Sistema C	48
6.1.3.1 Subsistema C ₁ – Colheita do Resíduo Grosso.....	49
6.1.3.2 Subsistema C ₂ – Colheita do Resíduo Fino.....	52
6.2 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DAS ATIVIDADES DESEMPENHADAS NOS SISTEMAS ESTUDADOS	55
7 CONCLUSÕES	77
8 RECOMENDAÇÕES	78
REFERÊNCIAS	80
APENDICE	87

RESUMO: Foram descritos três sistemas de colheita de resíduos de exploração florestal provenientes de áreas sob plano de manejo florestal sustentável no município de Paragominas-Pa. Avaliaram-se, sob o ponto de vista ergonômico e ambiental, as atividades que constituem estes sistemas. Para coleta dos dados primários aplicaram-se entrevistas semiestruturadas aos encarregados das empresas responsáveis pela colheita dos resíduos e foram feitas observações participativas, as quais foram registradas por escrito e por fotografias. A colheita dos resíduos nos sistemas estudados, do preparo das peças na área de corte à disposição final nas praças de carbonização, passa pelas seguintes atividades: Traçamento; Empilhamento; Carregamento; Transporte Primário; Descarregamento; e Transporte Principal. Algumas destas etapas apresentaram variações quanto ao local onde foram realizadas e quanto ao grau de mecanização e planejamento, em virtude da disponibilidade de mão de obra e equipamentos. Os sistemas de colheita de resíduos de exploração florestal estudados podem ser caracterizados como sistemas mistos, compreendendo atividades manuais, mecanizadas e semimecanizadas. As atividades de traçamento e empilhamento dos resíduos foram classificadas como pesadas no Sistema A e como moderadamente pesadas nos Sistemas B e C. O carregamento foi classificado como uma atividade pesada aos trabalhadores no Sistema A, adequada ao tratorista, porém moderadamente pesada aos trabalhadores florestais nos Sistemas B e C. O transporte primário foi classificado como uma atividade adequada ergonomicamente em todos os sistemas estudados. Devido ao emprego do trator florestal skidder no Sistema C, para realizar as atividades de extração, verificou-se que a atividade causou impactos fortes à vegetação, enquanto que nos demais sistemas os danos à vegetação foram moderados. O descarregamento dos resíduos foi classificado como uma atividade moderadamente pesada nos Sistemas A e C, ao contrário do Sistema B, onde a atividade foi totalmente mecanizada e por esta razão classificada como leve. A atividade de traçamento no pátio foi classificada como adequada para o tratorista no Sistema B e moderadamente pesada aos trabalhadores no Sistema C. O transporte principal dos resíduos foi classificado como uma atividade adequada em todos os sistemas estudados.

Palavras-chave: Sistemas de Colheita; Resíduos Florestais; Biomassa Florestal; Planejamento de Sistemas.

ABSTRACT: Three forest residues harvesting systems were describe from areas under sustainable forest management plan in the municipality of Paragominas-Pa. All the activities that constitute these systems were assessed from the ergonomic and environmental points of view. For primary data collection were applied semi-structured interviews to the company technical responsible and were made participative observations, which were writing and photographs recorded. The forest residues harvesting systems studied, from the preparation of the pieces in the cutting area to the final disposition at wood carbonization, presented the following activities: Sawing, Stacking, Loading, Primary Transport; Unloading and Transportation. Some of these steps showed variations as to where they are incurred and the degree of mechanization and planning, according to the manpower and equipment availability. The forest residues harvesting systems studied can be characterized as mixed systems, including manual activities, mechanized and partially mechanized. Sawing and stacking activities were classified as heavy work in the System A and as moderately heavy work in Systems B and C. The loading was classified as a heavy activity for workers in the System A, appropriate to the tractor, but moderately heavy for forest workers in Systems B and C. The primary transport activity was classified as ergonomically appropriate for all studied systems. Due to the use of skidder to perform the extraction activities in System C, it was found that the activity has caused severe impacts to vegetation, while the other systems caused moderate damage to vegetation. The unloading was classified as a moderately heavy activity for Systems A and C, whereas System B, where the activity was fully mechanized and therefore classified as light. The activity of sawing at landing was classified as appropriate for the tractor for System B and moderately heavy to forest workers for System C. The transportation was classified as an appropriate activity in all studied systems.

Keywords: Harvesting; Forest Residues; Forest Biomass; System Planning.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Os resíduos florestais ganharam importância enquanto um recurso natural ofertado pelas florestas após a crise do petróleo da década de 70, quando o mundo se deparou com a necessidade de desenvolver tecnologias de geração de energia alternativas à de origem fóssil. Vários países desenvolvidos de tradição florestal, como Suécia, Dinamarca, Finlândia, Noruega, Canadá e Estados Unidos da América, desenvolveram programas de Pesquisa e Desenvolvimento para este fim que perduram até a atualidade. Hoje, porém, a força motriz dessas pesquisas é baseada na segurança energética, impulsionada pelos debates internacionais a respeito dos efeitos ambientais do uso do petróleo e energia nuclear.

No Brasil, o PROINFA – Programa de Incentivos a Fontes de Alternativas de Energia Elétrica – do Ministério de Minas e Energia - contempla o uso da biomassa como tecnologia alternativa de geração de energia. Segundo dados do Balanço Energético Nacional do ano de 2003, a participação da biomassa na matriz energética brasileira foi de 27%, dos quais (11,9%) foram provenientes da utilização de lenha e carvão vegetal (BRASIL, 2011).

Este percentual de participação de lenha e carvão vegetal engloba a madeira proveniente de reflorestamentos e os resíduos gerados ao longo do processamento industrial da madeira. Desconsiderando, entretanto o enorme volume de resíduos de madeira com grande potencial de aproveitamento para geração de energia proveniente da exploração das florestas da Amazônia Brasileira, submetidas a Planos de Manejo Florestal Sustentável.

Em todo caso, o uso dos resíduos de colheita florestal já é uma realidade no Estado do Pará, onde são empregados principalmente, na forma de carvão vegetal, como agente termo redutor de minérios de ferro das siderúrgicas localizadas no Polo Siderúrgico de Carajás.

Porém, a retirada desses resíduos de dentro da floresta constitui o maior entrave para o seu aproveitamento dado os altos custos das operações envolvidas. Portanto, hoje na Amazônia, nos deparamos com uma situação semelhante àquela enfrentada há 30 anos pelos países desenvolvidos; a necessidade de planejar sistemas de colheita de

resíduos de exploração florestal e desenvolver tecnologias que viabilizem o uso desse recurso florestal, agregando-o como produto do manejo de uso múltiplo das florestas.

Além disto, viabilizar esta atividade significa alocar no mercado mais uma fonte legal de matéria-prima para produção de carvão vegetal, o que deve funcionar como alternativa às práticas ilícitas de exploração de florestas nativas e suas formas sucessoras para obtenção de lenha que integram um processo que culmina com a conversão da floresta em áreas de uso alternativo do solo.

Diante deste cenário surgiram os seguintes questionamentos: Como se realiza a colheita de resíduos em florestas submetidas a manejo florestal sustentável na Amazônia? Quais entraves podem ser visualizados nas atividades que compõem tais sistemas? Quais são os principais efeitos destes entraves à floresta e ao trabalhador florestal? Quais práticas de manejo podem ser adotadas a fim de sanar ou minimizar os efeitos danosos destes possíveis entraves identificados?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Descrever sistemas de colheita de resíduos de exploração florestal desenvolvidos em florestas primárias da Amazônia Brasileira sob regime de manejo e avaliar as atividades que os compõem em função dos processos de carbonização.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever três sistemas de colheita de resíduos de exploração florestal;
- Avaliar qualitativamente as atividades que compõem os três sistemas de colheita dos resíduos de exploração florestal;
- Identificar possíveis entraves nos sistemas estudados sob o ponto de vista ergonômico;
- Identificar possíveis entraves nos sistemas estudados sob o ponto de vista ambiental;
- Propor modificações organizacionais (racionalizar) nas atividades visando melhorias no processo.

3 HIPÓTESES

- Os sistemas de colheita de resíduos florestais utilizados na área de estudo são iguais entre si;
- As atividades desempenhadas manualmente apresentam entraves de caráter ergonômico;
- As atividades mecanizadas apresentam entraves de caráter ambiental.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 RESÍDUOS FLORESTAIS

Toda atividade florestal deve ser planejada para a obtenção de um determinado produto, o qual se pode chamar de produto principal, como toras de madeira, cascas, sementes, óleos e resinas. No caso das toras de madeira, o processo de obtenção implica, necessariamente, na formação de outros materiais que não serão aproveitados como produto principal, o que se deve a suas dimensões ou características diferentes das requeridas para tanto. Assim são classificados alguns galhos, cascas e sapopemas, por exemplo, quando se deseja obter o fuste comercial para madeira serrada ou laminada.

Para Foelkel (2007), exceto em situações onde a floresta é plantada com fins de proteção ou de conservação do solo ou de encostas, ou quando o objetivo é a produção de folhas para extração de óleos essenciais, a madeira de uma floresta é imediatamente associada somente à madeira do fuste ou tronco, aquela que será colhida e cortada em toras para os mais diferentes usos industriais ou domésticos: lenha, carvão vegetal, celulose e papel, postes, moirões, painéis, móveis, etc.

Porém, dependendo das espécies que constituem o ecossistema florestal e do manejo adotado, grande parte do material lenhoso acaba não sendo utilizado como produto principal permanecendo na floresta sem uma designação comercial e, por esta razão, é chamado resíduo florestal.

Chamados também de resíduos de exploração florestal, quando são formados a partir desse tipo de atividade, os resíduos florestais, na verdade têm como origem principal a queda natural de árvores ou partes delas. Diversos agentes, sozinhos ou em conjunto, atuam para estes fatos, como: vento, fogo, pragas e doenças, inclinação do terreno, senescência e, o próprio processo dinâmico de crescimento da floresta (STEVENS, 1997; WU JIABING et al., 2005).

Salmeron (1980) definiu resíduos florestais como todo o material resultante da exploração comercial da madeira e que permanece sem utilização industrial definida. Esses resíduos podem ser compostos de galhos, copas, árvores cujo diâmetro é inferior ao diâmetro comercial mínimo, árvores doentes, árvores mortas, tocos e raízes (SALMERON, 1980; KUIPER; OLDENBURGER, 2006). Segundo Couto e Brito

(1980) as partes que constituirão os resíduos florestais dependem das práticas de exploração florestal e da utilização florestal, assim quando se utiliza apenas do fuste sem casca, o resíduo pode ser a casca, a copa, touça e raízes.

Foelkel (2007) definiu Resíduos Florestais como todo material orgânico que permanece na floresta após sua colheita e, quando este material refere-se somente à sobras de madeira, o autor chamou de Resíduos Lenhosos.

É comum encontrar na literatura o emprego do termo Resíduos Lenhosos, principalmente quando se trata de uma investigação sobre as funções ecológicas destes em ecossistemas de florestas naturais. Nesses trabalhos as definições levam em consideração o estágio de decomposição da madeira como na definição dada por Enrong; Xihua e Jianjun (2006) “material morto em vários estágios de decomposição incluindo toras apodrecidas, raízes e galhos grossos”.

Outra definição importante a ser considerada é a estabelecido no inciso XIV do Art. 2º da IN nº 05 de 11 de Dezembro de 2006 – MMA que dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável - PMFS nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal:

XIV- Resíduos da exploração florestal: galhos, sapopemas e restos de troncos e árvores caídas, provenientes da exploração florestal, que podem ser utilizados como produtos secundários do manejo florestal para a produção de madeira e energia. (BRASIL, 2006)

Segundo Cruz Filho (2005) os resíduos florestais podem ser classificados em dois diferentes grupos de acordo com o diâmetro das peças, em que as peças menores são consideradas Resíduos Lenhosos Finos (RLF) e peças maiores são chamadas Resíduos Lenhosos Grossos (RLG). Entretanto, a definição dos diâmetros, mínimo e máximo, de inclusão em cada uma dessas classes varia bastante entre os estudos. Neste sentido é importante classificar como RLG aqueles com diâmetro ≥ 10 cm (ENRONG; XIHUA; JIANJUN, 2006), pois abaixo disso estão as peças com maiores concentrações de nutrientes, porém, em geral considera-se que estes são compostos de peças de madeira com diâmetro igual ou superior a 7,5 cm (STEVENS, 1997).

Em florestas constituídas principalmente de espécies coníferas, em média, 10 a 15% da biomassa total acima do solo é deixada como resíduo florestal após atividades regulares de colheita (KUIPER; OLDENBURGER, 2006). Por outro lado, nas florestas

naturais da Amazônia Brasileira, exploradas sob regime de impacto reduzido, um volume até 2,4 vezes maior que o volume extraído em toras, com diâmetro superior ou igual a 10 cm, permanece na floresta como resíduo florestal (BARROS et al., 2009).

4.2 FUNÇÕES ECOLÓGICAS DOS RESÍDUOS FLORESTAIS

Os resíduos lenhosos grossos são um importante componente funcional e estrutural em ecossistemas florestais, onde exercem funções na produtividade florestal, o que inclui o acúmulo de matéria orgânica no solo, promoção de habitat a organismos decompositores, manutenção da umidade do solo em períodos secos, além de representar uma fonte essencial de nutrientes e de estoque de carbono; manutenção da diversidade biológica, servindo de substrato à regeneração da floresta e assim podendo manter a diversidade de pequenos mamíferos, artrópodes, plantas não vasculares e fungos; e na geomorfologia, prevenindo processos erosivos, aumentando a estabilidade de taludes e controlando o escoamento superficial causado pelas chuvas (ENRONG; XIHUA; JIANJUN, 2006).

Segundo Stevens (1997) a importância de cada um desses papéis para cada ecossistema varia de acordo com os tipos de perturbações naturais que sofrem, com a zona biogeoclimática e com o regime de umidade.

Em ecossistemas de florestas plantadas Foelkel (2007) aponta como funções notáveis dos resíduos florestais a proteção e conservação do solo, em sua biologia, riqueza mineral, umidade e contenção dos processos erosivos e, em função disto defende que a remoção de todo o seu conteúdo para uso industrial é prejudicial para a manutenção da qualidade do sítio.

O autor enfatiza a inviabilidade econômica e ambiental do uso da árvore integral (“whole tree utilization” ou “whole tree chipping”) e considera ambientalmente inadequado o uso das folhas e dos galhos finos (<2 cm de diâmetro) dado o alto teor de nutrientes que eles contêm e que podem devolver ao solo para restaurar sua fertilidade, por outro lado, afirma que galhos grossos e ponteiros dos fustes são fontes de madeira que, podem e devem ser utilizadas pela sociedade. Porém, Poggiani et al. (1983) ressalta que o uso dos resíduos florestais em reflorestamentos no Brasil deve ser visto com cautela, uma vez que esta atividade tende a ser implementada em solos pobres.

No caso das florestas tropicais da Amazônia muito se tem pesquisado a respeito da sua participação no Ciclo do Carbono, o seu real papel enquanto sumidouro ou fonte global de CO₂ atmosférico, porém, visto que muitos estudos têm negligenciado a participação dos resíduos lenhosos grossos nas metodologias aplicadas na determinação do balanço de carbono nestas florestas, estes trabalhos acabam por se tornar imprecisos para uma determinação acurada do ciclo do carbono (RICE et al., 2004).

Considerando que um distúrbio na floresta da ordem da abertura de uma pequena clareira no dossel em função da queda de uma árvore pode causar alterações significativas no ciclo do C (PHILLIPS et al., 1998; RICE et al., 2004), verifica-se então que a ação antrópica, como a colheita florestal, pode representar uma fonte bastante representativa de emissão de carbono para a atmosfera, uma vez que a atividade gera uma quantidade generosa de resíduos lenhosos na floresta, especialmente quando não há um planejamento previamente estabelecido.

Assim, alguns estudos têm sido conduzidos nas florestas tropicais da Amazônia no sentido de mensurar e comparar a magnitude da participação destes resíduos lenhosos na emissão de carbono para a atmosfera considerando áreas intactas, colhidas sob regime de impacto reduzido e exploradas de forma convencional.

Em uma floresta não explorada no Estado do Amazonas, Chambers et al. (2000) encontraram que a produção média de resíduos lenhosos grossos (diâmetro > 10 cm) é igual a 3.6 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, o que representa uma taxa de emissão de carbono para a atmosfera de cerca de 1.8 Mg.C.ha⁻¹.ano⁻¹. Keller et al. (2004) verificaram que a exploração florestal aumentou significativamente a produção de resíduos lenhosos grossos em duas florestas nos municípios de Santarém/PA e Paragominas/PA, gerando uma expectativa de emissão de carbono da ordem de 1,5 a 4,5 Mg.C. ha⁻¹.ano⁻¹.

De acordo com os resultados encontrados por Keller et al. (2004) o estoque de resíduos lenhosos grossos em florestas exploradas convencionalmente pode ser até quase duas vezes maior que em florestas intactas, podendo ser essa diferença de até 2.7 vezes maior. Este excesso de resíduos lenhosos gerados pela exploração, seja de impacto reduzido ou pela exploração convencional, tende a emitir uma quantidade consideravelmente maior de CO₂ para a atmosfera em relação a florestas tropicais sem interferência humana.

Portanto a colheita desse material para seu aproveitamento industrial pode representar um benefício ambiental em escala local e global. Em escala local porque o excesso de peças grandes pode retardar a emergência de espécies oportunistas de

clareiras e, em escala global porque o carbono extra que seria liberado para a atmosfera pelo processo de decomposição da madeira poderá ser aprisionado em ligas de ferro gusa quando sua destinação for a siderurgia.

4.3 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS FLORESTAIS

Após a Crise do Petróleo dos anos 70, muitos esforços foram despendidos na busca de alternativas economicamente viáveis de colheita e aproveitamento de biomassa florestal, especialmente os resíduos florestais, como biocombustível (TWADDLE; STOKES; WATSON, 1989; RUMMER; SEIXAS, 2007). Hoje, apesar de os preços do petróleo permanecerem mais competitivos no mercado, pressões internacionais de cunho ambiental têm contribuído de sobremaneira para a continuidade das pesquisas com vistas à substituição gradativa do uso de combustível fóssil para geração de energia dentro das indústrias.

Embora a queima dos resíduos florestais seja uma prática silvicultural tradicional (RIBAS et al., 2008), desde a década de 70 já se vem discutindo formas de aproveitamento econômico deste material, principalmente enquanto fonte de suprimento energético das indústrias florestais, as quais se encontram na melhor posição para aumentar o consumo deste tipo de biomassa (TWADDLE; STOKES; WATSON, 1989).

O aproveitamento dos resíduos florestais pode gerar benefícios à floresta e ao meio ambiente nos seguintes aspectos: favorecimento do crescimento da floresta; redução dos riscos de incêndios florestais; redução dos impactos ao meio ambiente devido a não queima desse material nas leiras e pela redução do uso de combustível de origem fóssil na produção de energia (LEINONEN, 2004); além de redução nos custos de preparo de área para a próxima rotação quando se utiliza um sistema de colheita menos oneroso.

Couto et al. (2004) enfatizam que o impacto ecológico favorável do aproveitamento dos resíduos da colheita florestal pode ser observado também em uma esfera mais local, uma vez que a sua utilização para fins energéticos permite a exploração e a valorização mais racionais e otimizadas dos recursos florestais, além de agregar benefícios sociais, uma vez que a madeira como suprimento energético contribui positivamente sobre o desenvolvimento rural, permitindo aos agricultores

diversificar suas atividades através do reflorestamento de áreas inadequadas para a agricultura tradicional.

A utilização de resíduos florestais em reflorestamentos, apesar de representar uma diminuição significativa de material comburente e, portanto dos riscos de incêndios florestais, por outro lado, pode aumentar significativamente a exportação de nutrientes e, conseqüentemente a relação custo benefício do sistema, uma vez que aumentará a necessidade de fertilização do solo nas operações de preparo de solo. Portanto, a decisão de utilização destes deve ser previamente planejada, de forma que um dos itens essenciais deve ser a definição do diâmetro mínimo a ser aproveitado.

Além do uso para geração de energia, os resíduos florestais podem gerar outros produtos econômicos, dependendo do sistema de produção e das condições socioeconômicas locais, como lenha fina e estacas para olericultura (BAGGIO; CARPANEZZI, 1995). De acordo com Foelkel (2007) algumas empresas reflorestadoras optam por realizar parcerias com cooperativas legalizadas de catadores da comunidade local, as quais realizam a colheita da lenha fina que permanece nas florestas após a colheita e vendem para a própria empresa florestal, que poderá usar essa lenha como biomassa em suas caldeiras de força.

Outra forma de aproveitamento dos resíduos florestais durante as operações de colheita florestal, sem incorrer nos risco de exportação de nutrientes, é utilizá-los como uma camada orgânica sobre o solo a fim de amenizar o impacto do tráfego de máquinas na estrutura dos solos. Seixas; Oliveira Jr. e Souza (1998) verificaram que o tráfego de trator agrícola com grua mais carreta acopladas sobre as camadas de resíduos reduziu em média 56 % o nível de compactação, medido através da densidade do solo, até 17 cm de profundidade do solo.

Silva; Dias Jr e Leite (2007), ao avaliarem o efeito da camada de resíduos da colheita sobre a compactação do solo após a extração com Forwarder, encontraram que, apenas 15% das amostras de solo apresentaram compactação na condição de solo + galhada, enquanto que na condição de solo limpo o resultado foi de 70% de amostras compactadas.

A princípio, utilizar os resíduos desta maneira, não caracteriza um uso econômico, porém, deve ser analisado que uma vez que diminui a compactação solo e a exportação de nutrientes pode-se também diminuir o custo com preparo de área para a rotação subsequente. Assim, cabe ao empreendedor avaliar a viabilidade da colheita

destes resíduos, passando entre outros fatores pelo preço da lenha e da hora/máquina na região.

Nas florestas nativas da Amazônia Brasileira submetidas a Planos de Manejo Florestal não é comum o aproveitamento industrial dos resíduos gerados durante as atividades de construção da infraestrutura e exploratórias. No Estado do Pará, só muito recentemente e numa escala ainda pequena, quase desprezível, esses resíduos têm sido utilizados como fonte de suprimento de matéria-prima do Pólo Siderúrgico de Carajás (BARROS, 2008).

Francez (2006) estudou os efeitos da colheita dos resíduos florestais em uma floresta manejada no município de Paragominas- Pa e concluiu que não houve alterações significantes quanto a composição florística, diversidade de espécies, similaridade florística e estrutura da floresta, bem como quanto aos danos à vegetação, quando comparada à área onde foram colhidos apenas os fustes comerciais, sugerindo que, em termos ecológicos, a retirada dos resíduos florestais após a colheita dos fustes não vai implicar em danos significativos à vegetação, a despeito da redução da sua riqueza no estoque adulto em termos econômicos.

O aproveitamento desse resíduo, para a produção de carvão e lenha, através de uma colheita planejada pode representar uma alternativa à conversão ilegal de florestas nativas em áreas de uso alternativo do solo (GALVÃO, 2010). No entanto, o potencial de uso desse material ainda não é suficientemente explorado e os sistemas de colheita atualmente em uso no Estado encontram-se ainda em fase exploratória.

4.4 SISTEMAS DE COLHEITA DE RESÍDUOS FLORESTAIS

Até a década de 80, fatores como a baixa eficiência do sistema de colheita convencional (corte raso de talhões maduros + preparo mecanizado da área + replantio) e a carência de maquinário adaptado ao aproveitamento dos resíduos florestais acabavam por encarecer e muitas vezes impossibilitar o uso dos mesmos (STOKES; WATSON; SAVALLE 1984; WATSON; STOKES; SAVALLE (1986).

Com a necessidade de viabilizar o uso de fontes de energia alternativas, como a biomassa florestal, à de origem fóssil muitas pesquisas sobre sistemas de colheita de resíduos florestais foram desenvolvidas a partir de um acordo estabelecido em 1978

(TWADDLE; STOKES; WATSON, 1989), hoje chamado AIE – Bioenergia (Acordo Internacional de Energia – Bioenergia).

À época da implementação deste acordo muitas pesquisas foram conduzidas dentro de dois programas, sendo um deles intitulado “Colheita de Árvores Pequenas e Resíduos Florestais”, cujo objetivo era o de desenvolver sistemas para colheita de árvores de pequeno porte e resíduos florestais em sistema de colheita florestal convencional incluindo o transporte, avaliação de sistema e implicações econômicas e ambientais (TWADDLE; STOKES; WATSON, 1989).

A colheita de resíduos nos países escandinavos, geralmente, ocorre de forma integrada aos sistemas de colheita das árvores (TWADDLE; STOKES; WATSON, 1989). Alguns dos sistemas utilizados desde a década de 80 permanecem em uso, porém novas tecnologias de aproveitamento de biomassa para energia foram desenvolvidas, como o enfardamento de resíduos.

Neste caso o transporte de biomassa deixa de ser na forma de chips para ser em forma de resíduos de toras, árvores inteiras ou pedaços de tocos e raízes. A baixa densidade da biomassa a ser transportada, então, passa a ser o ponto fraco deste sistema, tornando-se necessário aumentar a densidade da carga de resíduos (EUBIA, 2007).

A baixa densidade dos resíduos no campo encarece o custo por tonelada das operações de manejo, por isso, por muitos anos se teve a compreensão de que a solução para reduzir os custos com a colheita dos resíduos seria encontrar uma forma de adensar os resíduos que ficam dispersos na área (RUMMER; DAN LEN; O’BRIEN, 2004).

Para solucionar este problema, um novo sistema foi desenvolvido na Europa, onde se utiliza uma nova tecnologia que comprime e amarra os resíduos florestais em fardos de 60 - 70 cm de diâmetro e aproximadamente 3 m de comprimento (Figura 1) (AEBIOM, 2007; EUBIA, 2007). Segundo Rummer; Dan Len; O’Brien (2004) os fardos de resíduos podem ser carregados, transportados, empilhados e processados com equipamentos convencionais de colheita florestal.

Os fardos são transportados para a estrada usando um forwarder convencional e para a fábrica, o transporte é feito através de um caminhão convencional de transporte de madeira. Um forwarder consegue transportar cerca de 12 fardos a cada viagem, já um caminhão autocarregável transporta 65 fardos ou 30 toneladas de resíduos (AEBIOM, 2007).



Figura 1 - Enfardadora de resíduos.
Fonte: Rummer; Dan Len; O'Brien (2004).

De acordo com Rummer; Seixas (2007), atualmente a maior parte dos sistemas de colheita de madeira adotados nos Estados Unidos envolvem a retirada dos resíduos (sistemas de árvores inteiras), além disso, o país também adotou o uso de sistemas de enfardamento da lenha, tal qual nos países escandinavos. A decisão pelo método e tecnologia a serem empregados depende das condições do ecossistema florestal, da infraestrutura, tradições florestais da região ou país e do nível desejado de integração do sistema de colheita florestal com o sistema de colheita dos resíduos, podendo ocorrer concomitantemente à colheita das toras ou em um sistema separado (KUIPER; OLDENBURGER, 2006; ASHTON et al. 2007).

A eficiência de cada um destes sistemas varia consideravelmente de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região. Porém, uma vez implantado um sistema, ainda que em fase de teste, o planejamento das atividades é elemento essencial para alcançar os objetivos e metas delineados para o trabalho.

Segundo Machado e Lopes (2006) planejar consiste na elaboração, tecnicamente embasada, de planos e programas com objetivos bem definidos e requer do planejador perspicácia para perceber mudanças e detalhes no presente que podem interferir nos resultados futuros além de criatividade para elaborar alternativas de ação mais eficientes para alcançar os objetivos, quando se fizer necessário.

O planejamento permite organizar, racionalizar e otimizar as operações de um sistema de colheita, torná-lo ambientalmente mais adequado, possibilitando aumentar a

produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade no trabalho (MACHADO; LOPES, 2006) e conseqüentemente do produto final. Na colheita florestal, o planejamento pode ser subdividido em três diferentes níveis: estratégico, gerencial ou tático e operacional (MACHADO; LOPES, 2006).

Assim como na colheita da madeira, a colheita dos resíduos florestais requer planejamento das atividades que integram o sistema e averiguação contínua dos fatores econômicos, técnicos, ambientais e ergonômicos, os quais, segundo Machado e Lopes (2006) em conjunto ou isoladamente interferem de forma dinâmica nas condições operacionais do sistema.

Visto que o aproveitamento econômico de resíduos de colheita florestal no Estado do Pará é uma atividade muito recente, verifica-se que o planejamento das atividades nos sistemas de colheita em uso ainda ocorre de maneira muito superficial e pouco fundamentada em critérios científicos. Realizar avaliações criteriosas desses sistemas, no entanto, faz-se extremamente necessário, tanto para que as empresas possam racionalizar a atividade, quanto para atender a crescente demanda do mercado, em especial do setor siderúrgico, por carvão vegetal de origem legal.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 ÁREA DE ESTUDO

A área onde se realizou o estudo está localizada no município de Paragominas - Pa, distante 250 Km da sede do município e cerca de 60 Km da sede do município de Goianésia no Estado do Pará, sendo este o município mais próximo da Área de Manejo Florestal (AMF) (Figura 2). A propriedade tem como limitante o rio Capim e os limites dos Municípios de Paragominas e Goianésia (CKBVM, 2010).

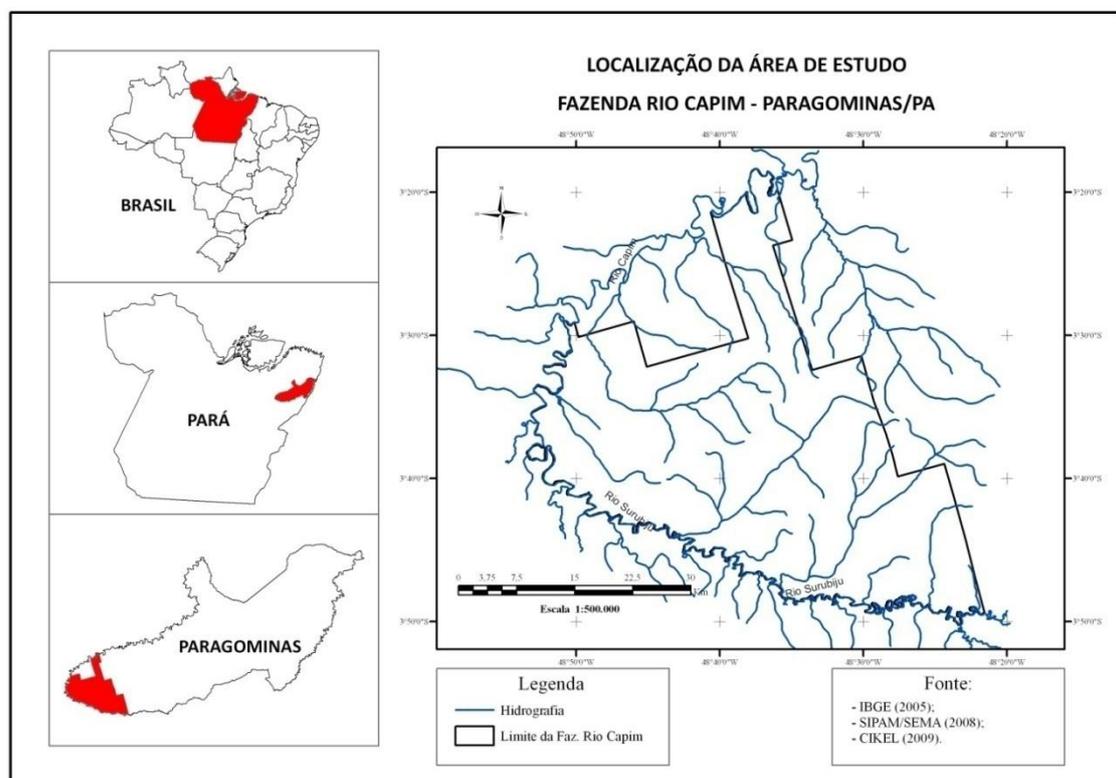


Figura 2 - Mapa do Brasil (a); Estado do Pará com destaque ao município de Paragominas (b); Município de Paragominas com destaque aos limites da Área de Estudo (c); Mapa de Localização da Área de Estudo (d).

A propriedade localiza-se entre a BR 010-Belém /Brasília e a PA 150. A Área de Manejo Florestal mencionada perfaz um total de 118.536,398 ha (CKBVM, 2010).

5.2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS

O município de Paragominas pertence à Mesorregião Sudeste Paraense e à Microrregião de Paragominas. Seus limites encontram-se ao norte com os municípios de Nova Ipixuna do Pará e Nova Esperança do Piriá; a leste com o Estado do Maranhão; ao sul com o município de Dom Eliseu, Ulianópolis e Goianésia do Pará e; à oeste, faz fronteira com o município de Ipixuna do Pará (PARÁ, 2008). Sua área é de 19.331 km² com uma população de 97.350 habitantes, (IBGE, 2009).

- *Clima*

O município de Paragominas possui um clima do tipo “Aw”, segundo a classificação de köopen, caracterizado como mesotérmico e úmido, com temperatura média anual elevada, cerca de 25° C. Os índices de precipitação pluviométrica giram em torno de 250 mm mensais. As chuvas, no entanto, não distribuem-se de maneira uniforme ao longo do ano, sendo o período de maior concentração o compreendido entre os meses de janeiro a junho (cerca de 80%). A umidade relativa do ar gira em torno de 85% (PARÁ, 2008).

- *Vegetação e Tipologia Florestal*

Originalmente, a vegetação do município era representada por Floresta Densa da sub região dos Altos Platôs do Pará- Maranhão, por Floresta Densa de Planície Aluvial e dos Ferraços. Porém, o avanço da fronteira agropecuária na região tem causado constantes desmatamentos que culminam na redução drástica de grandes áreas dantes cobertas por vegetação original, onde hoje prevalecem florestas secundárias em diversos estágios de sucessão (PARÁ, 2008).

Inicialmente, o município de Paragominas era inteiramente coberto por floresta tropical. Em 2008, 45% de sua área estavam desmatados ou altamente degradados, o equivalente a 874 mil hectares (Inpe/Prodes). O restante (55%) do território está coberto por florestas em diversos estágios de uso e conservação. Em termos de tipologia, essas florestas são agrupadas em três subtipos: (i) floresta densa submontana, que atualmente ocupa 18,4% do município; (ii) floresta densa de terra baixa (34% do território); e (iii) floresta densa aluvial, distribuída principalmente às margens do rio Capim e do rio Surubiju, cobrindo 2,9% do município (PINTO et al., 2009).

- Solo

A grande maioria (95%) do solo de Paragominas é do tipo amarelo distrófico. Trata-se de solos do tipo Latossolo Amarelo com alto grau de intemperismo, profundos, ácidos e ricos em alumínio. Os diversos tipos de solos que ocorrem são as seguintes associações; Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, Latossolo Amarelo, textura argilosa e Concrenários Laeríticos; Latossolo Amarelo, textura argilosa, Latossolo Amarelo, textura média e Areias Quartzosas. Além destes, há presença de solos Aluviais e Solos Indiscriminados nas áreas de planície de inundação (PARÁ, 2008).

- Relevo

Trinta e cinco por cento do território de Paragominas possui altitudes que variam entre 100 e 150 metros, predominantes na porção drenada pela bacia do rio Capim. Outros 35% são áreas com variações topográficas entre 50 e 100 metros de altura, incluindo a sede municipal, que está a 90 metros acima do nível do mar. Estas áreas estão localizadas principalmente na porção leste do município, drenadas pela bacia do rio Gurupi, mas também são encontradas seguindo o contorno de quase todos os rios. Há ainda 20% do município com relevo entre 150 e 200 metros de altura, distribuídas no sentido leste-oeste, em porções mais distantes da malha hidrográfica (PINTO et al., 2009).

Áreas com altitude igual ou superior a 200 metros representam apenas 6% do território e estão localizadas principalmente em uma faixa na porção centro-sul e sudeste de Paragominas. Por fim, ocupando 4% do município se encontram as áreas mais baixas (menor que 50 metros), em geral, situadas às margens do rio Capim e de alguns de seus afluentes (PINTO et al., 2009).

- Hidrografia

A malha hidrográfica de Paragominas é densa e se espalha por toda a extensão territorial do município, sendo formada por duas bacias principais: a do Capim, cujos tributários se ramificam sobre 54% da área do município, e a do rio Gurupi, que ocupa os outros 46% restantes. A bacia do rio Capim é formada por seis sub-bacias, onde se destacam os rios Surubiju, Camapi, Cauaxi, Jacamim, Paraquequara e o Candiru-açu. Por sua vez, a bacia do rio Gurupi também abriga seis sub-bacias: Uraim, Maritaca, Piriá, Croatá e Poraci-Paraná (PINTO et al., 2009).

Os rios são limites naturais em quase todo o perímetro municipal. O rio Gurupi limita Paragominas com o Maranhão, enquanto o rio Capim se situa na fronteira norte e oeste de Paragominas com Ipixuna. Por sua vez, o rio Surubiju estabelece a divisa de Paragominas com os municípios de Goianésia e Dom Eliseu ao sul, enquanto o rio Poraci-Paraná estabelece a fronteira do norte de Paragominas com Nova Esperança do Piriá (PINTO et al., 2009).

5.3 COLETA DE DADOS

Os dados primários foram coletados a partir de observações participativas onde foram realizadas ações como identificação e caracterização das atividades que compunham os sistemas, bem como a identificação de eventos que poderiam representar entraves aos sistemas. As observações foram registradas por escrito e por fotografias.

Como ferramentas metodológicas aplicaram-se entrevistas semiestruturadas (Anexo A) aos encarregados das empresas responsáveis pela colheita dos resíduos a fim de compreender melhor o planejamento das atividades de cada sistema. Obtiveram-se informações como: organização das atividades; métodos aplicados às atividades; composição das equipes; máquinas e equipamentos utilizados; fatores relativos à ergonomia e; impactos das atividades à vegetação.

5.4 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DAS ATIVIDADES

Por se tratar de um estudo em fase exploratória adotou-se o método de avaliação subjetiva dos sistemas, através do qual as informações obtidas não são mensuradas ou quantificadas, mas sim qualificadas.

Para fins de avaliação das atividades desempenhadas nos sistemas estudados foram estabelecidas duas (02) categorias (Ergonômica e Ambiental) nas quais foram avaliados dois (02) critérios para ergonomia: Carga física de trabalho e Adequação postural e um (01) critério para ambiental: Impactos causados à vegetação.

A avaliação de carga física do trabalho foi aplicada nas atividades manuais e

semimecanizadas e permitiu três (03) classificações: Atividade pesada, Atividade moderadamente pesada e Atividade leve. Enquanto que a avaliação de adequação postural foi aplicada somente a atividades mecanizadas e permitiu duas (02) classificações: Atividade Adequada e Atividade Inadequada, conforme exposto na Tabela 1.

Na categoria Ambiental, avaliaram-se visualmente os impactos à vegetação causados pelas atividades mecanizadas permitindo três (03) classificações: Impactos Leves; Impactos Moderados; Impactos Fortes, conforme exposto na tabela 2.

Tabela 1 - Classificação da carga de trabalho físico e adequação postural.

Categoria Ergonômica			
Classificação	Atividades Manuais e Semimecanizadas	Classificação	Atividades Mecanizadas
	<i>Carga de trabalho físico</i>		<i>Adequação postural</i>
Atividade pesada	Ocorre quando o trabalhador necessita manusear cargas pesadas (sem auxílio de fatores amortizadores)	Inadequada	Ocorre quando o trabalhador realiza suas atividades em posições desconfortáveis ou incômodas e prolongadas sujeitando-o a câimbras e fadiga muscular
Atividade moderadamente pesada	Ocorre quando o trabalhador necessita manusear cargas pesadas, porém há fatores que as amortizam	-	-
Atividade leve	Ocorre quando a atividade, ainda que exija o manuseio de cargas pesadas, não caracteriza sobrecarga física do trabalhador	Adequada	Ocorre quando o trabalhador realiza suas atividades laborais em posições que não causam desconforto muscular

Tabela 2- Classificação dos impactos causados à vegetação.

Categoria Ambiental	
Classificação	Atividades Mecanizadas
	Impactos à Vegetação
Impacto Leve	Impactos leves: ocorrem quando se observam somente danos superficiais causados aos fustes de árvores ocasionados pela movimentação de máquinas e/ou pelo arraste dos resíduos.
Impacto Moderado	Ocorre quando se observam danos superficiais causados aos fustes das árvores e supressão de plântulas, dados pela movimentação de máquinas na floresta e/ou pelo arraste dos resíduos.
Impacto Forte	Ocorre quando se observam danos superficiais causados aos fustes de árvores e/ou pelo arraste dos resíduos, supressão de plântulas e arvoretas, dados pela movimentação de máquinas na floresta e/ou pelo arraste dos resíduos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS DE COLHEITA DE RESÍDUOS FLORESTAIS

A colheita dos resíduos nos sistemas estudados, do preparo das peças na área de corte à disposição final nas praças de carbonização, passa pelas seguintes atividades: Traçamento; Empilhamento; Carregamento; Transporte Primário; Descarregamento; e Transporte Principal. Algumas destas etapas apresentaram variações quanto ao local onde foram realizadas e quanto ao grau de mecanização e planejamento, em virtude da disponibilidade de mão de obra e equipamentos (Tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização e Sistematização das atividades e equipamentos utilizados em cada sistema estudado.

SISTEMA	PREPARO DAS PEÇAS DE RESÍDUO NA ÁREA DE CORTE			EXTRAÇÃO		TRAÇAMENTO NO PÁTIO	TRANSPORTE PRINCIPAL
	Traçamento	Empilhamento	Carregamento	Transporte Primário	Descarregamento		
SA	Motosserra	Manual	Manual	Trator + Reboque	Manual	(Não ocorre)	Carregadeira + Caçamba
SB	SSB ₁	(Não ocorre)	Trator + Reboque Autocarregável	Trator + Reboque Autocarregável	Trator + Reboque Autocarregável	Triciclo + Garra Traçadora	Carregadeira + Caçamba
	SSB ₂	Manual	Manual	Trator + Reboque Roll on Roll off	Trator + Reboque Roll on Roll off	(Não ocorre)	
SC	SSC ₁	(Não ocorre)	Skidder	Skidder	Skidder	Motosserra + Carregadeira	Carregadeira + Caminhão
	SSC ₂	Manual	Manual	Trator + Reboque	Manual	(Não ocorre)	Carregadeira + Caçamba

Legenda: SA – Sistema A: $10 \leq \emptyset \leq 20$ cm e $\ell \approx 1,20$ m; $\emptyset > 20$ cm; $\ell < 1,00$ m; SB – Sistema B; SSB₁ – Subsistema B₁: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35$ cm; $\ell \leq 1$ m; SSB₂ - Subsistema B₂: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35$ cm; $\ell \leq 1$ m; SC – Sistema C; SSC₁ – Subsistema C₁: galhos e copas; SSC₂ – Subsistema C₂: $\emptyset \geq 5$ cm; $\ell \leq 1$ m.

6.1.1 Sistema A

Os dados coletados neste sistema referem-se ao ano de 2008, quando foram colhidos os resíduos de exploração florestal realizada no ano de 2006.

Neste sistema o resíduo coletado era transportado diretamente a uma praça de carbonização composta de fornos (Figura 3) quando a área de extração se localizava próxima a esta área, ou era destinado a um pátio de estocagem da carvoaria de 40m x 40m para estocar de forma intermediária a lenha extraída da floresta.



Figura 3 - Visão panorâmica da Praça de Carbonização com fornos metálicos (a); Detalhe do descarregamento do reator após a carbonização (b).

Esta praça é composta de duas baterias com 20 reatores cada uma, totalizando 40 reatores. Cada reator suporta duas caçambas com capacidade para 40 m³ de lenha.

I. Preparo das peças de resíduo na área de corte

a) Traçamento

Esta atividade foi realizada por um (01) operador de motosserra, que atuava conjuntamente com o empilhador, de maneira que o operador de motosserra efetuava o traçamento dos resíduos e, logo em seguida, o trabalhador florestal empilhava as peças. De acordo com o diâmetro (\emptyset) dos resíduos estes eram traçados em diferentes comprimentos (£). Assim, quando possuíam entre 10 cm e 20 cm de \emptyset as peças eram traçadas em £ de aproximadamente 1,20 m (Figura 4) e, quando os resíduos possuíam \emptyset

> 20 cm, neste sistema, eram seccionados em peças com $\ell < 1,20$ m (Figura 5) a fim de facilitar o manuseio das peças pelos trabalhadores em atividades manuais posteriores, como o empilhamento e carregamento.



Figura 4 - Atividade de traçamento de resíduo de exploração florestal com diâmetro de aproximadamente 20 cm e comprimento de aproximadamente 1,20 m.



Figura 5 - Peças de resíduos com diâmetro superior a 20 cm e comprimentos menores que 1 m (a e b).

b) Empilhamento

Concomitante à atividade de traçamento dos resíduos, um (01) trabalhador florestal, retirava manualmente as peças da área onde foram traçadas e as empilhava às margens das trilhas de arraste (Figura 6), as mesmas que foram utilizadas na atividade de arraste do material principal, sendo formadas pilhas nas duas laterais das trilhas de arraste, a fim de facilitar a atividade posterior de carregamento.



Figura 6 - Empilhamento manual do resíduo de exploração florestal (a). Pilhas formadas às margens da trilha de arraste (b).

II. Extração

Neste sistema a atividade de extração era subdividida em: Carregamento, Transporte Primário (Baldeio) e Descarregamento.

a) Carregamento

Um trator agrícola com um reboque acoplado, com capacidade para cerca de 18 m³, adentrava a floresta pela trilha de arraste do material principal e estacionava entre as últimas pilhas para que o reboque fosse manualmente preenchido com o resíduo, de forma que dois trabalhadores apanhavam as peças no chão e os outros dois as arrumavam em cima do reboque. À medida que se esgotava uma pilha, o trator e a equipe se deslocavam até aproxima pilha, e assim sucessivamente até que a capacidade de carga do reboque fosse alcançada. A equipe era composta de 05 (cinco) trabalhadores, sendo 01 (um) tratorista e 04 (quatro) ajudantes (Figura 7).



Figura 7 - Atividade de carregamento manual de resíduo de exploração florestal.

b) Transporte Primário (Baldeio)

Após o preenchimento do reboque, o resíduo era transportado até o pátio florestal (Figura 8), o mesmo que fora utilizado para alocar as toras durante a exploração florestal.



Figura 8 - Atividade de transporte primário do resíduo até o pátio florestal.

c) Descarregamento

No pátio florestal, a mesma equipe de carregamento realizava também o descarregamento não mecanizado do resíduo extraído (Figura 9). Para tanto, após o tratorista estacionar, os 04 (quatro) trabalhadores subiam no reboque e empurravam as peças de resíduos utilizando as mãos e os pés.



Figura 9 - Atividade de descarregamento do resíduo no pátio florestal (a). Resíduos no pátio florestal após a atividade de descarregamento (b).

III. Transporte Principal

O resíduo era transportado do pátio florestal até o pátio da carvoaria por caçambas com capacidade média de 40 m³. O carregamento das caçambas era realizado por carregadeiras (Figura 10). A equipe desta etapa era composta de 01 (um) operador de carregadeira e 01 (um) motorista da caçamba.



Figura10 - Carregamento da caçamba para o transporte principal (a). Descarregamento do resíduo no pátio da carvoaria após o transporte (b).

6.1.2. Sistema B

Os dados coletados no Sistema B referem-se a áreas exploradas em 2004/ 2005, cujos resíduos foram colhidos no ano de 2007/ 2008.

Os resíduos de exploração florestal colhidos neste sistema eram destinados a duas diferentes praças de carbonização; uma composta de fornos de alvenaria do tipo “Rabo Quente” e a outra composta de fornos metálicos desmontáveis.

Os fornos de alvenaria do tipo “Rabo Quente” possuem capacidade volumétrica nominal para 16 m³ (Figura 11).



Figura 11 - Visão geral da Praça de carbonização com fornos de alvenaria do tipo rabo quente (a). Enchimento dos fornos com o resíduo de exploração florestal (b).

A outra praça de carbonização é formada por 40 bases para fornos metálicos removíveis com capacidade para 4 a 5 st de lenha cada um (Figura 12).



Figura 12 - Praça de carbonização de fornos metálicos removíveis.

No Sistema B verificou-se a existência de 2 subsistemas. No primeiro deles, chamado Subsistema B₁, foram extraídos somente os resíduos grossos, considerados como aqueles cujo diâmetro era maior que 35cm ($\emptyset > 35$ cm). No subsistema subsequente: B₂, extraiu-se todo resíduo remanescente com $10\text{cm} \leq \emptyset \leq 35\text{cm}$.

6.1.2.1 - Subsistema B₁ - Colheita do Resíduo Grosso

I. Preparo das peças de resíduo na área de corte

a) Traçamento

Neste subsistema os resíduos grossos eram traçados em peças com comprimentos entre 4m e 6m a fim de viabilizar a sua extração pelo trator autocarregável. Devido às dimensões das peças, estas eram traçadas e deixadas no mesmo local, não havendo, portanto a fase de empilhamento. Esta atividade era realizada por um (01) operador de motosserra.

II. Extração

Neste subsistema a atividade de extração era subdividida em: carregamento, transporte primário (baldeio) e descarregamento.

a) Carregamento

Posterior ao traçamento, um trator agrícola associado a um reboque autocarregável, conhecido também por, Mini Forwarder ou Pré Forwarder, com alcance máximo de 6,5m entrava na floresta pelas trilhas de arraste abertas durante a exploração florestal e realizava o carregamento do reboque com os resíduos grossos ($\emptyset > 35$ cm). Esta atividade era realizada por um (01) tratorista.

b) Transporte Primário (Baldeio)

Após o preenchimento do reboque, o tratorista transportava o resíduo até o pátio florestal, o mesmo que fora utilizado para alocar as toras durante a exploração florestal.

c) Descarregamento

O tratorista realizava o descarregamento dos resíduos florestais com a grua, que retirava as peças do reboque e alocando-as no pátio florestal (Figura 13).



Figura 13 - Atividade de descarregamento dos resíduos grossos no Pátio Florestal.

III. Operações de Pátio

a) Traçamento

Após serem extraídos da área de corte na floresta, os resíduos grossos eram traçados por um triciclo adaptado com uma garra traçadora capaz de segurar peças de até 70 cm de diâmetro (Figura 14). Esta atividade era realizada por um (01) tratorista.



Figura 14 - Triciclo adaptado com garra traçadora (a). Atividade de traçamento dos resíduos no pátio(b).

6.1.2.2 - Subsistema B₂ – Colheita do Resíduo Fino

I. Preparo das peças de resíduo na área de corte

a) Traçamento

Após a extração do resíduo grosso, um (01) operador de motosserra realizava o traçamento dos resíduos finos ($10 < \varnothing \leq 35$ cm) em peças de cerca de 1 m de comprimento (£) (Figura 15).



Figura 15 - Duas equipes na atividade de traçamento dos resíduos na área de corte.

b) Empilhamento

Concomitante à ação do operador de motosserra, um (01) trabalhador florestal (Figura 16), formava as pilhas que eram dispostas às margens das trilhas de arraste que foram abertas para extração das toras durante a colheita florestal.



Figura 16 - Empilhamento manual das peças de resíduo às margens das trilhas de arraste.

II. Extração

Neste subsistema a atividade de Extração era subdividida em: Carregamento; Transporte Primário (Baldeio) e; Descarregamento.

a) Carregamento

O trator associado a um reboque com sistema roll on roll off adentrava a floresta pela trilha de arraste, abertas durante a atividade de arraste das toras na colheita florestal. Após parar entre as duas últimas pilhas o tratorista alocava o reboque no chão florestal para que fosse realizado o carregamento manual das peças de resíduos (Figura 17). À medida que se esgotava uma pilha, o tratorista alocava o reboque novamente em cima do trator e o conduzia às pilhas seguintes até que a capacidade do reboque fosse totalmente preenchida. A equipe que realizava esta atividade era composta de um (01) tratorista e quatro (04) ajudantes.



Figura 17 - Reboque no chão florestal durante a atividade de carregamento.

b) Transporte Primário (Baldeio)

Após o preenchimento completo do reboque este era conduzido ao pátio florestal (Figura 18), o mesmo que fora utilizado para armazenar as toras durante a colheita florestal.



Figura 18 - Reboque sendo preparado para o transporte primário.

c) Descarregamento

Ao chegar ao pátio florestal o tratorista acionava o sistema roll on/ roll off e realizava o descarregamento mecanizado dos resíduos (Figura 19).



Figura 1109 - Atividade de descarregamento mecanizado do resíduo no pátio florestal.

c) Transporte Principal

O resíduo era transportado do pátio florestal até o pátio da carvoaria por uma caçamba com capacidade para 40 m³ de resíduo (Figura 20). O carregamento da caçamba era realizado por uma carregadeira.



Figura 2011 - Caçamba sendo preenchida para o transporte principal dos resíduos.

6.1.3. Sistema C

Este sistema refere-se a um teste realizado em uma área de 31,25 ha explorada cerca de 3 meses antes da realização do teste. O destino dos resíduos de exploração florestal colhidos neste sistema foi uma praça de carbonização composta de fornos de alvenaria do tipo “Rabo Quente”.

Este sistema foi constituído de dois subsistemas. No Subsistema C_I foram extraídas copas, galhos bifurcados e restos de toras não aproveitados durante a exploração do material principal, e outros classificados como Resíduos Grossos. Posteriormente, no Subsistema C_{II}, foram extraídos os resíduos remanescentes na área, sendo aproveitado todo material com $\varnothing \geq 5\text{cm}$.

6.1.3.1 -Subsistema C_I – Colheita do Resíduo Grosso

I. Preparo da Lenha na Área de Corte

a) Traçamento 70%

Uma equipe, composta de um (01) operador de motosserra e um (01) ajudante, realizava cortes parciais (cerca de 70% do diâmetro) nas ramificações dos galhos e copas (Figura 21) a fim de promover o “fechamento” destes na fase posterior: extração com trator florestal skidder, e assim diminuir os danos causados às árvores remanescentes. Nesta fase, o ajudante atuava localizando as copas que foram previamente selecionadas no mapa de corte e arraste, o mesmo utilizado durante a colheita florestal. Em função das dimensões das peças de resíduo, neste subsistema não se realizava a atividade de empilhamento.



Figura 21 - Corte parcial realizado nas ramificações de galhos.

II. Extração

No Subsistema C₁ a extração é subdividida em: Carregamento; Transporte Primário (Arraste) e; Descarregamento.

a) Carregamento

O resíduo que fora “preparado” na fase anterior era arrastado, pelas mesmas trilhas de arraste utilizadas para extração do material principal (toras), até o pátio florestal por um trator florestal skidder (Figura 22).

A operação de carregamento com o Skidder foi considerada como o momento em que o operador acionava a abertura da garra até o momento em que o Skidder partia em direção ao pátio florestal. Quando o resíduo era arrastado em forma de feixes, considerava-se como carregamento todo o tempo demandado para a formação do feixe até o momento em que o Skidder partia em direção ao pátio florestal. Um (01) operador de Skidder era responsável por realizar esta operação .



Figura 2122 - Carregamento de feixe de resíduos grossos.

b) Transporte Primário (Arraste)

Considerou-se transporte primário o momento em que o skidder partia da área de corte arrastando a peça ou feixe de peças de resíduo até o momento em que chegava ao pátio florestal (23). Esta atividade era realizada pelo mesmo operador de skidder da atividade de carregamento.



Figura 23 - Arraste de feixe de resíduos.

c) Descarregamento

A operação de descarregamento contemplou o momento em que o skidder chegava ao pátio até o momento em que o skidder soltava o resíduo ou feixe de resíduos no pátio florestal (Figura 24).



Figura 24 - Atividade de descarregamento de resíduos grossos.

III. Operações de pátio

a) Traçamento

Uma equipe composta de um (01) operador carregadeira e um (01) operador de motosserra iniciava o trabalho quando o resíduo era distribuído no pátio pela carregadeira para que o operador de motosserra efetuasse o traçamento das peças em comprimentos que possibilitassem o seu transporte principal (Figura 25).



Figura 25 - Distribuição do resíduo com carregadeira (a). Traçamento do resíduo extraído no pátio florestal (b).

III. Transporte Principal

As peças de resíduo geradas neste subsistema foram transportadas para o pátio da carvoaria por caminhões. A equipe responsável por esta etapa era composta de um (01) motorista de caminhão e um (01) operador de carregadeira.

6.1.3.2 - Subsistema C_{II} – Colheita do Resíduo Fino

I. Preparo da Lenha na Área de Corte

a) Traçamento

Após a colheita dos resíduos grossos com skidder, um (01) operador de motosserra realizava, na área de corte, o traçamento (Figura 26) dos resíduos remanescentes com diâmetro mínimo igual a 5cm.

b) Empilhamento

Concomitantemente ao traçamento, a equipe de empilhamento, constituída de dois (02) trabalhadores florestais realizava o empilhamento dos resíduos finos às margens das trilhas de arraste que foram utilizadas para extração das toras (Figura 26), a fim de facilitar a atividade posterior de carregamento.



Figura 26 - Traçamento de empilhamento do resíduo que não fora extraído com Skidder.

II. Extração

No Subsistema C_{II} a Extração era subdividida em: Carregamento; Transporte Primário (Baldeio) e; Descarregamento.

a) Carregamento

Uma equipe composta de um (01) tratorista e quatro (04) ajudantes realizava o carregamento do material empilhado às margens das trilhas. Um reboque acoplado a um trator agrícola estacionava entre as pilhas e então era manualmente preenchido com o resíduo. Esta operação se repetia até que a capacidade de carga do reboque fosse completada (Figura 27).



Figura 27 - Atividade de carregamento manual do reboque.

b) Transporte Primário (Baldeio)

Após o preenchimento do reboque o tratorista conduzia o resíduo até o pátio florestal, o mesmo que fora utilizado para armazenar as toras durante a colheita florestal.

c) Descarregamento

Ao chegar ao pátio florestal o tratorista estacionava e os mesmos trabalhadores responsáveis pelo carregamento, realizavam o descarregamento manual dos resíduos (Figura 28).



Figura 28 - Atividade de descarregamento manual do reboque.

III. Transporte Principal

O resíduo era transportado do pátio florestal até o pátio da carvoaria por caçambas com capacidade para em média 40 m³. O carregamento das caçambas era realizado por carregadeiras (Figura 29). A equipe desta etapa era composta de um (01) operador de carregadeira e um (01) motorista da caçamba.



Figura29 - Caçamba sendo preenchida para o transporte principal dos resíduos.

Após uma análise dos dados coletados em campo observou-se que os sistemas atualmente em uso para colheita de resíduos de exploração florestal são sistemas mistos, apresentando atividades manuais, mecanizadas e semimecanizadas. Porém, observou-se uma tendência ao aumento da mecanização, como meio de reduzir os custos das operações.

6.2 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DAS ATIVIDADES DESEMPENHADAS NOS SISTEMAS ESTUDADOS

I. Preparo da Lenha na Área de Corte

a) Traçamento

O traçamento dos resíduos florestais na área de corte foi uma atividade caracterizada como semimecanizada em todos os sistemas estudados (Tabela 4), pois, para sua realização, foi utilizada motosserra. Nesta atividade não se aplicou a avaliação de impactos à vegetação, visto que não houve movimentação de máquinas.

No Sistema A o traçamento foi classificado como uma atividade pesada para os operadores de motosserra, uma vez que todo o resíduo, grosso e fino, fora traçado em uma única etapa pelos mesmos trabalhadores, fato que pode ser considerado como um entrave ao sistema, pois além de provocar diversas pausas ao longo da jornada de trabalho para descanso do trabalhador ocasionou também muitas interrupções para manutenção do equipamento, havendo, por esta razão, aumento de horas não trabalhadas e, conseqüentemente, redução da produtividade dos trabalhadores.

Com relação ao Sistema B, o traçamento dos resíduos foi dividido em duas etapas, de modo que na primeira, que ocorreu no Subsistema B₁, foram traçados somente aqueles resíduos com diâmetro superior ou igual a 35 cm formando peças de comprimentos entre 4 – 6 m, o que possibilitou menos desgaste físico dos operadores de motosserra.

Na segunda etapa, que ocorreu no Subsistema B₂, considerou-se que a atividade de traçamento também causou menos desgaste físico aos operadores de motosserra devido à redução da quantidade de material a ser traçado. Portanto, ponderando a divisão do trabalho de traçamento em duas etapas distintas, o que possibilitou distribuir entre as equipes o volume de resíduos a ser traçado, e o traçamento das peças em comprimentos maiores, no Sistema B a atividade fora classificada como moderadamente pesada aos trabalhadores.

A atividade de traçamento no Sistema C também foi dividida em duas etapas. Na primeira, que ocorreu no Subsistema C_I o emprego do traçamento parcial dos galhos e copas (70% do diâmetro) tornou a atividade menos demorada e menos cansativa aos operadores de motosserra. Na segunda etapa, que ocorreu no Subsistema C_{II}, verificou-se que a atividade tornou-se menos desgastante aos trabalhadores devido ao fato de remanescer na área apenas o material mais fino. Portanto, considerando a divisão em duas etapas e as medidas que tornaram a atividade menos cansativa, classificou-se o traçamento dos resíduos no Sistema C como uma atividade moderadamente pesada.

De acordo com Seixas (1989); Lima e Leite (2006) as operações de colheita florestal realizadas de forma manual e semimecanizada proporcionam elevado desgaste físico, por serem, em geral, muito pesadas, e detêm elevado índice de acidentes. Sant'Anna (2006) destaca que a despeito do surgimento e da evolução das motosserras o corte florestal com motosserra ainda é uma atividade perigosa e de elevada exigência física, merecendo portanto estudos no sentido de melhorar as condições de segurança, conforto e bem-estar do trabalhador.

Neste sentido Seixas (1989) destaca a importância de se identificar e quantificar fatores que afetam o rendimento dos trabalhadores nas operações de corte, buscando contribuir para o aprimoramento do trabalho do operador de motosserra, diminuindo seu desgaste físico e, conseqüentemente mantendo a sua saúde, além de aumentar a eficiência da operação e sua produção diária, com reflexos em termos de ganhos salariais e lucros para a empresa.

Oliveira e Seixas (1985) ressaltam a importância do desenvolvimento de módulos de treinamento e educação aos operadores de motosserra, porém enfatizam que a eficácia no trabalho somente será alcançada se lhes forem fornecidos, sobretudo, uma alimentação adequada para o tipo de serviço e condições em que é realizado, visto que o primeiro requisito para um bom desempenho físico é que o trabalhador tenha uma alimentação adequada para suprir as suas necessidades de calorias, proteínas e outros nutrientes. A questão nutricional do operador de motosserra, possivelmente afeta positivamente sua disposição física, assimilação dos treinamentos e melhora a sua atenção ao trabalho, reduzindo as horas não trabalhadas e aumentando a produtividade (SANT'ANNA; MALINOVSKI, 1999 b).

Além dos critérios avaliados na tabela 3, notou-se que o dimensionamento das peças de resíduo não foi devidamente planejado, sendo possível observar peças com diversas dimensões, fato que, segundo relatos dos encarregados responsáveis pelo controle da produção do carvão, pode ter implicado na redução do rendimento da carbonização, influenciando negativamente no rendimento da atividade.

Sturion; Pereira e Chemin (1988) relatam que a dimensão das peças de madeira, particularmente o diâmetro, exercem bastante influência sobre a qualidade final do carvão. Assim, peças com diâmetros superiores a 20 cm podem produzir carvão muito quebradiço, pois tendem a estourar durante a carbonização, dificultando o manuseio das peças ou, quando menores que 10 cm, dificultam o arranjo dentro do forno, refletindo negativamente no tempo necessário para carregamento, com consequente aumento do custo da mão-de-obra (SILVA, 2006; PIMENTA, [s.d]).

A análise de um sistema de colheita florestal deve ser efetuada tendo como premissa básica uma visão integrada do processo produtivo (WINTER, 2008), cujas operações devem ser harmônicas permitindo um fluxo constante de matéria-prima, evitando-se pontos de estrangulamento e otimizando o uso das máquinas e equipamentos envolvidos no processo (SALMERON, 1981).

Portanto, se a colheita dos resíduos de exploração florestal compõe um sistema integrado Colheita de Resíduos/ Carbonização é essencial que as variáveis que influenciam na operacionalização, no processo de carbonização da madeira e na qualidade do carvão vegetal sejam observadas desde a colheita dos resíduos florestais.

O mau planejamento quanto às dimensões das peças ficou mais evidente no Sistema A, o qual está integrado a um sistema de carbonização de alta tecnologia

(Fornos de tecnologia DPC) que traz entre outras vantagens a possibilidade de enfiar madeira de grandes dimensões.

Tabela 4 - Avaliação da atividade de Preparo da Lenha na Área de Corte – Traçamento nos três sistemas estudados.

TRAÇAMENTO NA ÁREA DE CORTE					
SISTEMA	DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE	TIPO DE ATIVIDADE	CRITÉRIOS		AVALIAÇÃO SUCINTA DO SISTEMA
			Ergonomia	Impactos à Vegetação	
SA	01	Semimecanizada	Atividade pesada	N. A.	Atividade pesada para os trabalhadores
SB	SSB ₁	Semimecanizada	Atividade moderadamente pesada	N. A.	Atividade moderadamente pesada para os trabalhadores
	SSB ₂	Semimecanizada	Atividade moderadamente pesada	N. A.	
SC	SSC ₁	Semimecanizada	Atividade moderadamente pesada	N. A.	Atividade moderadamente pesada para os trabalhadores
	SSC ₂	Semimecanizada	Atividade moderadamente pesada	N. A.	

Legenda: SA – Sistema A: $10 \leq \emptyset \leq 20$ cm e $\ell \approx 1,20$ m; $\emptyset > 20$ cm; $\ell < 1,00$ m; SB – Sistema B; SSB₁ – Subsistema B₁: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35$ cm; $\ell \leq 1$ m; SSB₂ - Subsistema B₂: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35$ cm; $\ell \leq 1$ m; SC – Sistema C; SSC₁ – Subsistema C₁: galhos e copas; SSC₂ – Subsistema C₂: $\emptyset \geq 5$ cm; $\ell \leq 1$ m; N. A. - Não se Aplica.

b) Empilhamento

A atividade de empilhamento ocorreu em todos os sistemas estudados, sendo que nos Sistemas B e C o empilhamento só aconteceu dentro dos Subsistemas B₂ e C₂ (Tabela 5). Considerou-se que a divisão em subsistemas foi benéfica aos trabalhadores, tornando a atividade menos pesada. Não se aplicou a avaliação de danos à vegetação, visto que não houve movimentação de máquinas nesta atividade.

No Sistema A, todo o material traçado na atividade anterior foi manualmente empilhado, o que levou a classificá-la como uma atividade pesada aos trabalhadores, fato que pode representar um entrave ao sistema, visto que o excesso de esforço físico demandado causou muitas pausas para o descanso, o que pode implicar em redução na produtividade do trabalhador.

No Sistema B, a atividade foi classificada como moderadamente pesada aos trabalhadores, pois com a divisão do sistema em duas etapas, os resíduos grossos foram previamente extraídos no Subsistema B₁, remanescendo na área menos material (resíduos finos) a ser empilhado.

No que concerne ao Sistema C a atividade foi classificada como moderadamente pesada, visto que, além de haver menos resíduos a empilhar, pois os resíduos grossos foram extraídos no Subsistema C₁, a equipe de empilhamento era composta de dois (02) trabalhadores florestais, distribuindo portanto, a carga de trabalho entre os dois.

Segundo Silva et al. (2008) a capacidade do ser humano para transportar e manusear carga depende de fatores relacionados à carga, como dimensões e peso, e de questões relacionadas ao próprio trabalhador como a postura e dimensões antropométricas.

Seixas e Marquesini (2001) evidenciaram que os trabalhadores envolvidos na colheita de caixeta não foram expostos à sobrecarga física durante o transporte manual de toras (atividade equivalente ao empilhamento neste estudo), o que se deveu à alternância da atividade com outras de menor exigência física e à distribuição de pausas adotadas pelos trabalhadores. Porém, em se tratando de colheita de eucalipto, Silva (2007) classificou a atividade de empilhamento como pesada, fato este que foi associado, entre outros, com a necessidade de o trabalhador manusear e transportar toras pesadas.

A movimentação de toras no empilhamento é uma atividade pesada e representa grandes riscos de lesões músculo- esqueléticas, principalmente na coluna e nos

membros inferiores, pois exige levantamento de carga excessiva e para pegar a tora no chão, a coluna e as pernas do trabalhador ficam flexionadas e, o tronco torcido, acontecendo descarga de peso em apenas um pé (SANT'ANNA; MALINOVSKI, 1999a; SILVA et al., 2008).

Ao sustentar uma tora à altura do tronco, os riscos de lesões ao trabalhador tornam-se mais graves e esses riscos aumentam à medida que os trabalhadores manuseiam toras mais pesadas (SILVA et al., 2008). De acordo com Souza et al. (2001), por demandar o maior dispêndio energético do trabalhador em relação às demais atividades relacionadas às operações de corte florestal, o trabalhador acaba sendo usado como ferramenta de trabalho físico na atividade de empilhamento.

Silva (2007) afirma que nessas situações é comum o trabalhador sentir-se fatigado e, segundo Souza e Minette (2006), à medida em que aumenta a fadiga, reduz a produtividade de trabalhador, aumentando sua propensão a erros e acidentes de trabalho.

De modo geral, verificou-se que a atividade de empilhamento foi menos desgastante aos trabalhadores nos sistemas onde houve divisão em subsistemas. Outra observação comum aos sistemas foi que no planejamento da atividade houve preocupação em dispor as pilhas de resíduos em ambas às margens das trilhas, de maneira a favorecer a atividade seguinte, o carregamento. No entanto, notou-se que foram formadas pilhas com pouco volume e distribuídas aleatoriamente ao longo das trilhas, fato que certamente influenciou negativamente na eficiência das equipes durante o carregamento dos resíduos.

Tabela 5 - Avaliação da atividade de Preparo da Lenha na Área de Corte – Empilhamento nos três sistemas estudados.

EMPILHAMENTO					
SISTEMA	DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE	TIPO DE ATIVIDADE	CRITÉRIOS		AVALIAÇÃO SUCINTA DO SISTEMA
			Ergonomia	Impactos à Vegetação	
SA	01	Manual	Atividade pesada	N. A.	Atividade pesada aos trabalhadores
SB	SSB₁	-	-	-	Atividade moderadamente pesada aos trabalhadores
	SSB₂	01	Manual	Atividade moderadamente pesada	
SC	SSC₁	-	-	-	Atividade moderadamente pesada aos trabalhadores
	SSC₂	02	Manual	Atividade moderadamente pesada	

Legenda: **SA** – Sistema A: $10 \leq \varnothing \leq 20$ cm e $\ell \approx 1,20$ m; $\varnothing > 20$ cm; $\ell < 1,00$ m; **SB** – Sistema B; **SSB₁** – Substema B₁: $10 \text{ cm} \leq \varnothing \leq 35\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **SSB₂** - Substema B₂: $10 \text{ cm} \leq \varnothing \leq 35\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **SC** – Sistema C; **SSC₁** – Substema C₁: galhos e copas; **SSC₂** – Substema C₂: $\varnothing \geq 5\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **N. A.** - Não se Aplica.

II. Extração

a) Carregamento

A atividade de carregamento dos resíduos florestais ocorreu em todos os sistemas estudados. Sendo que no Sistema A o carregamento foi realizado manualmente e, nos Sistemas B e C, que foram desempenhados em duas etapas, a atividade foi realizada tanto de forma mecanizada (SB₁ e SC₁) como manualmente (SB₂ e SC₂) (Tabela 6).

No Sistema A, o carregamento manual implicou numa avaliação negativa quanto ao critério ergonomia, pois a atividade foi classificada como pesada aos trabalhadores, em função do grande volume de peças carregadas. Por esta razão, considerou-se que este fato pode representar um entrave ao sistema, visto que o excesso de esforço físico demandado pode implicar em redução na produtividade do trabalhador.

No caso do Sistema B a atividade foi considerada como moderadamente pesada aos trabalhadores florestais, visto que o sistema foi dividido em duas etapas, em que os resíduos grossos foram extraídos na primeira delas, correspondente ao Subsistema B₁, portanto o volume de resíduos restante na área a ser carregado manualmente pelos trabalhadores no Subsistema B₂ reduziu consideravelmente. Além disso, neste último subsistema, utilizou-se para o transporte primário um reboque que era posicionado no chão florestal sempre que parava para realizar o seu carregamento, fato que facilitava o seu preenchimento durante a atividade.

Ressalta-se que, do ponto de vista ergonômico, o emprego do Trator Autocarregável no Subsistema B₁ foi bastante apropriado para o tratorista também, visto que a realização da atividade não forçou o trabalhador a adotar posturas corporais inadequadas. Por outro lado, verificou-se que o tempo gasto para alocar o reboque no chão e novamente acoplá-lo ao trator tornou a atividade de carregamento mais demorada. Entretanto, acredita-se que este fato está relacionado ao mau planejamento da atividade de empilhamento.

Segundo Silva et al. (2008) o principal problema de formas de trabalho como a extração manual é o desgaste da coluna que, de acordo com Chaffin e Anderson (1990); Fiedler (1995) mesmo que realizadas durante curto período de tempo, induzem o trabalhador a adotar posturas incorretas ou a manusear equipamentos mal projetados para determinadas atividades.

Fiedler; Minetti e Souza (2001) verificaram que a carga manuseada pelos trabalhadores na extração manual de eucalipto estava acima do limite recomendado de pesos em todas as fases do ciclo de trabalho. Para reduzir esta carga, os autores recomendaram o uso de veículos com compartimentos de carga mais baixos, como carretas acopladas a tratores, bem como a mecanização de atividades auxiliares, visto que a redução do ritmo de trabalho em função do cansaço implicaria em redução da produtividade e conseqüentemente aumento dos custos à empresa.

Acredita-se que estudos desse cunho nos sistemas avaliados apontarão para resultados semelhantes, dada a alta densidade de muitas espécies manejadas na Amazônia.

A atividade de carregamento dos resíduos no Sistema C foi considerada como moderadamente pesada, pois ocorreu em duas etapas, de forma que no Subsistema C_I foram extraídos os resíduos grossos, reduzindo, portanto o volume a ser manualmente carregado Subsistema C_{II}.

No Subsistema C_I observou-se que houve dificuldade em manusear os resíduos com o trator florestal skidder. Uma explicação razoável para este fato é o tipo de garra utilizada durante a operação; garra de selecionamento, a qual é projetada para apanhar toras individualmente, além do que os resíduos encontravam-se dispersos na área de corte e possuíam diâmetros variados, dificultando o aprisionamento das peças mais finas e demandando a realização de muitas manobras até que o operador conseguisse formar feixes para arrastar até o pátio florestal.

Este conjunto de fatores corroborou para que o operador permanecesse por muito tempo em posição desconfortável, realizando rotações e inclinações constantes com o corpo, e além de provavelmente reduzir a produtividade da operação. O desconforto causado na operação foi confirmado pelos relatos do operador de Skidder a respeito de dores na região do pescoço após a jornada de trabalho.

Malinovski et al.(2006) afirmam que o diâmetro é uma variável fundamental para o dimensionamento dos equipamentos que serão usados no corte e extração do povoamento, visto que cada equipamento possui um intervalo de diâmetro ótimo para sua operação, sendo que tanto diâmetros muito grandes, que alcançam o limite do implemento e forçam o seu trabalho, como diâmetros muito pequenos, que subestimam a capacidade de operação, diminuem a produtividade das máquinas utilizadas nas operações de corte e na extração do povoamento.

Outro fator que também contribui para redução da produtividade e aumento do custo por tonelada das operações florestais é a baixa densidade dos resíduos no campo, pois exigem manobras indesejáveis e perda de tempo por parte das máquinas que preparam as pilhas de toras ou feixes de árvores (RUMMER; DAN LEN; O'BRIEN, 2004; MALINOVSKI et al., 2006).

Segundo Malinovski et al. (2006) o volume por hectare disponível para ser extraído de um povoamento influencia diretamente a produtividade das máquinas utilizadas para extração, pois, quanto maior for a quantidade de madeira em uma determinada área, maior será a produtividade dos meios de extração, devido à diminuição da necessidade de deslocamento para a complementação da carga.

Em se tratando de atividades recentes, como o caso da colheita de resíduos de exploração florestal na Amazônia, Lima e Leite (2006) afirmam que se faz necessário certo tempo de adaptação e estudos para que os trabalhadores se adéquem às novas condições de trabalho ou, como no caso do Subsistema CI, adaptar as máquinas ao novo trabalho, buscando alternativas para tornar a atividade menos desgastante fisicamente ao trabalhador.

A escolha adequada de máquinas e equipamentos dentro de determinado sistema é essencial quando da introdução da mecanização nas atividades florestais, pois durante a realização dessas atividades, os operadores ficam expostos a condições adversas provenientes do próprio ambiente de trabalho (temperatura, poeira, umidade etc) e da máquina (ruídos, vibrações, postura etc) (LIMA et al., 2005; LIMA; LEITE, 2006).

De acordo com Fontana e Seixas (2007) a cabine dessas máquinas representa o local principal de realização das atividades dos operadores, logo se estabelece a relevância da aplicação de critérios ergonômicos que permitam determinar a correta adaptação dos componentes do sistema homem-máquina, levando-se em conta as características dos operadores e do trabalho realizado, alcançando desse modo, maior eficiência produtiva, melhoria das condições de trabalho, assim como maior grau de conforto.

Silva (2007) verificou que as posturas adotadas pelo operador durante o posicionamento do trator no talhão, engate e desengate do cabo de aço e acerto das toras na estrada foram classificadas como inadequada, resultando em fadiga e dores.

Tabela 6 - Avaliação da atividade de Extração – Carregamento nos três sistemas estudados.

CARREGAMENTO					
SISTEMA	DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE	TIPO DE ATIVIDADE	CRITÉRIOS		AVALIAÇÃO SUCINTA DO SISTEMA
			Ergonomia	Impactos à Vegetação	
SA	05	Manual	Atividade pesada	N. A.	Atividade pesada aos trabalhadores
SB	SSB ₁	Mecanizada	Atividade Adequada	Impactos leves	Atividade adequada ao tratorista e moderadamente pesada aos trabalhadores florestais. Causou danos leves à vegetação
	SSB ₂	Manual	Atividade moderadamente pesada	N. A.	
SC	SSC ₁	Mecanizada	Atividade inadequada	Impactos fortes	Atividade inadequada ao tratorista e moderadamente pesada aos trabalhadores florestais. Causou impactos fortes à vegetação
	SSC ₂	Manual	Atividade moderadamente pesada	N. A.	

Legenda: SA – Sistema A: $10 \leq \varnothing \leq 20$ cm e $\ell \approx 1,20$ m; $\varnothing > 20$ cm; $\ell < 1,00$ m; SB – Sistema B; SSB₁ – Subsistema B₁: $10 \text{ cm} \leq \varnothing \leq 35$ cm; $\ell \leq 1$ m; SSB₂ - Subsistema B₂: $10 \text{ cm} \leq \varnothing \leq 35$ cm; $\ell \leq 1$ m; SC – Sistema C; SSC₁ – Subsistema C₁: galhos e copas; SSC₂ – Subsistema C₂: $\varnothing \geq 5$ cm; $\ell \leq 1$ m; N. A. - Não se Aplica.

Quanto aos impactos à vegetação considerou-se que o Sistema A não causou danos, visto que os resíduos encontravam-se empilhados às margens das trilhas de arraste e os trabalhadores apenas os dispuseram no reboque.

Por outro lado, observou-se no Sistema B que, em algumas situações, ocorreram danos leves ocasionados à vegetação durante a execução do Subsistema B₁, devido à movimentação das peças de resíduo de grandes dimensões.

Constatou-se no Sistema C que a movimentação dos resíduos de grandes dimensões para efetuar o carregamento, especialmente de feixes de resíduos, pelo trator florestal Skidder, assim como a própria movimentação desta máquina para realizar a atividade, causou danos fortes à vegetação.

Ressalta-se também a importância de se avaliar os danos causados ao solo florestal em consequência da grande movimentação do Skidder para realizar a operação de carregamento dos resíduos florestais, visto que segundo Scopel et al. (1992) as máquinas empregadas na colheita, em geral, são muito pesadas e, combinadas com a movimentação e o levantamento de toras, exercem grandes pressões ao solo. A compactação do solo potencializa o escoamento superficial e subsuperficial, em detrimento dos processos de infiltração, acarretando em processos erosivos (FREITAS et al., 2007).

Segundo Jacovine et al. (2005) cabe à empresa, de acordo com suas condições, optar pelo subsistema a ser adotado na atividade de colheita, no entanto, ao contrário do que vem ocorrendo no Brasil, é necessário que as empresas, ao adquirirem máquinas e antes de colocá-las em operação, realizem um estudo prévio e acompanhamento mais amplo, a fim de evitar, entre outras coisas, baixa qualidade das operações.

O investimento em equipamentos especializados para cada operação florestal depende da capacidade financeira das empresas, as quais geralmente optam por equipamentos mais versáteis, que possam ser utilizados em diversas operações (SEIXAS, 2006). No caso da colheita florestal na Amazônia, pode-se dizer que esta máquina é representada pelo trator florestal Skidder. Utilizá-lo também na atividade de colheita dos resíduos, certamente, constitui-se na alternativa mais viável economicamente às empresas que realizam o manejo de florestas nativas.

b) Transporte Primário

O transporte primário dos resíduos florestais foi uma atividade caracterizada como mecanizada em todos os sistemas estudados (Tabela 7) e, em todos eles, a atividade foi classificada como adequada aos trabalhadores.

Nos Sistemas A e B os impactos causados à vegetação foram classificados como moderados, pois a colheita dos resíduos fora realizada cerca de dois anos após a primeira intervenção na floresta (exploração florestal), portanto grande parte da regeneração natural que se estabeleceu nas trilhas de arraste no intervalo entre as duas intervenções foi parcialmente suprimida pela movimentação do trator + reboque, fato que somado a outros fatores pode influenciar na qualidade da floresta a ser manejada em ciclos de corte futuros.

Quanto ao Sistema C, os danos causados à vegetação foram classificados como fortes, pois o arraste de copas e galhos bifurcados, ainda que previamente preparados (traçamento 70%), danificou árvores e arvoretas além de aumentar os danos ao solo nas trilhas de arraste. Este fato pode caracterizar um entrave ao Sistema C, pois os danos observados podem comprometer o planejamento de redução de impactos feito anteriormente na atividade de exploração florestal.

Outro fato relevante observado no Sistema C foi que muitos galhos finos ($\emptyset < 5$ cm), folhas e algumas raízes foram arrastados junto com os resíduos grossos, o que pode implicar em exportação de nutrientes da área de corte para o pátio florestal.

De acordo Souza et al. (1998) os possíveis impactos do manejo florestal sobre os meios biótico e físico são: diminuição da cobertura florestal; danos causados às árvores remanescentes e mudas; alteração da composição florística e estrutura das florestas; exportação de fitomassa e nutrientes; efeitos sobre a fauna silvestre; efeitos sobre o solo e os recursos hídricos.

O uso de máquinas móveis e pesadas durante a extração de madeira produz efeitos visíveis no solo, como sulcos ou trilhas profundas formados pela pressão dos rodados dessas máquinas, (PINTO, 2002; FREITAS et al., 2007). O tráfego dessas máquinas por repetidas vezes sobre uma mesma área pode causar a compactação do solo e, conseqüentemente, facilitar o processo erosivo e dificultar o crescimento das raízes, além de favorecer o carreamento dos restos vegetais da colheita presentes nas trilhas, bem como do próprio solo que acabam interceptando os cursos d'água,

provocando, assim, o assoreamento dos canais de drenagem (FREITAS, et al., 2007; SILVA et al., 2008).

A diminuição da produtividade de florestas naturais manejadas não tem sido registrada na literatura, uma vez que a maioria das áreas sob manejo nem sequer chegou ao segundo ciclo de corte ou rotação. Entretanto, a minimização de impactos no solo é de fundamental importância, por ser este o componente do ecossistema responsável pela manutenção da produtividade (YARED, 1996).

Francez (2006) avaliou a composição florística e a estrutura de uma floresta no município de Paragominas- PA explorada sob regime de impacto reduzido em duas intensidades de colheita; com e sem retirada dos resíduos, em sistema semelhante ao Sistema A e Subsistema B₂ e C₂ descritos neste trabalho e verificou que os danos causados às árvores remanescentes foram maiores, porém não significativos, nas áreas onde houve a colheita do fuste mais os resíduos lenhosos em relação àquelas onde só houve a colheita do fuste comercial.

Francez; Carvalho e Jardim (2007) verificaram também que, em termos ecológicos, a colheita dos resíduos lenhosos após a colheita dos fustes não implicou em danos significativos à vegetação, indicando que a floresta deverá continuar com suas características bem semelhantes à floresta original, apesar de um pouco menos rica em estoque adulto, em termos econômicos.

Tabela 7 - Avaliação da atividade de Extração – Transporte Primário nos três sistemas estudados.

TRANSPORTE PRIMÁRIO					
SISTEMA	DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE	TIPO DE ATIVIDADE	CRITÉRIOS		AVALIAÇÃO SUCINTA DO SISTEMA
			Ergonomia	Impactos à Vegetação	
AS	01	Mecanizada	Atividade adequada	Impactos moderados	Atividade adequada aos trabalhadores e causou impactos moderados à vegetação
SB	SSB₁	Mecanizada	Atividade adequada	Impactos moderados	Atividade adequada aos trabalhadores e causou impactos moderados à vegetação
	SSB₂	Mecanizada	Atividade adequada	Impactos moderados	
SC	SSC₁	Mecanizada	Atividade adequada	Impactos fortes	Atividade adequada aos trabalhadores e causou impactos fortes à vegetação
	SSC₂	Mecanizada	Atividade adequada	Impactos leves	

Legenda: **SA** – Sistema A: $10 \leq \emptyset \leq 20$ cm e $\ell \approx 1,20$ m; $\emptyset > 20$ cm; $\ell < 1,00$ m; **SB** – Sistema B; **SSB₁** – Subsistema B₁: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35$ cm; $\ell \leq 1$ m; **SSB₂** - Subsistema B₂: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35$ cm; $\ell \leq 1$ m; **SC** – Sistema C; **SSC₁** – Subsistema C₁: galhos e copas; **SSC₂** – Subsistema C₂: $\emptyset \geq 5$ cm; $\ell \leq 1$ m; **N. A.** - Não se Aplica.

c) Descarregamento

O descarregamento dos resíduos florestais ocorreu em todos os sistemas estudados. Sendo que no Sistema A o descarregamento foi realizado manualmente, no Sistema B foi efetuado de forma mecanizada e no Sistema C, a atividade foi mista, sendo mecanizado no Subsistema C_I e manual no Subsistema C_{II} (Tabela 8). Não se aplicou a avaliação de danos à vegetação, visto que a área em que ocorreu esta atividade foi o pátio florestal aberto durante a exploração do material principal.

Nos Sistemas A e C o descarregamento manual implicou numa avaliação negativa quanto ao critério ergonomia, pois a atividade foi classificada como moderadamente pesada, além de muito insegura aos trabalhadores, visto que para sua realização os trabalhadores necessitavam subir no reboque para empurrar as peças. Este fato pode caracterizar um entrave a esses sistemas visto que expõe os trabalhadores a sobrecargas e sérios riscos de acidente.

No caso do Sistema B, a atividade foi classificada como leve aos trabalhadores e, além disso, observou-se no Subsistema B₂ houve preocupação em tornar a atividade mais segura criando-se um dispositivo de segurança na lateral do reboque com o intuito de impedir que os resíduos caíssem sobre os trabalhadores durante a atividade, o qual era destravado manualmente por um trabalhador antes do acionamento do sistema Roll on Roll off para despejar os resíduos no pátio florestal.

A mecanização das atividades florestais representa uma solução estratégica para situações em que o trabalhador é exposto a sobrecargas no trabalho, porém em regiões montanhosas, onde é difícil a mecanização da colheita e, em áreas de florestas nativas para as quais a maioria das tecnologias atuais disponíveis é inapropriada, é comum que a maioria das operações florestais seja desempenhada manualmente, fato que segundo Silva (2007) corrobora para o surgimento de condições ergonômicas desfavoráveis à manutenção e à promoção da saúde dos trabalhadores florestais.

Tabela 8 - Avaliação da atividade de Extração – Descarregamento nos três sistemas estudados.

DESCARREGAMENTO					
SISTEMA	DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE	TIPO DE ATIVIDADE	CRITÉRIOS		AVALIAÇÃO SUCINTA DO SISTEMA
			Ergonomia	Impactos à Vegetação	
SA	05	Manual	Atividade moderadamente pesada	N. A.	Atividade moderadamente pesada aos trabalhadores
SB	SSB₁	01	Mecanizada	Atividade adequada	N. A.
	SSB₂	02	Mecanizada	Atividade adequada	N. A.
SC	SSC₁	01	Mecanizada	Atividade adequada	N. A.
	SSC₂	05	Manual	Atividade moderadamente pesada	N. A.

Legenda: **SA** – Sistema A: $10 \leq \emptyset \leq 20$ cm e $\ell \approx 1,20$ m; $\emptyset > 20$ cm; $\ell < 1,00$ m; **SB** – Sistema B; **SSB₁** – Substema B₁: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **SSB₂** - Substema B₂: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **SC** – Sistema C; **SSC₁** – Substema C₁: galhos e copas; **SSC₂** – Substema C₂: $\emptyset \geq 5\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **N. A.** - Não se Aplica.

III. Traçamento no Pátio

A atividade de traçamento no pátio ocorreu somente nos Sistemas B e C (Tabela 9). Não se aplicou a avaliação de danos à vegetação, visto que a área em que ocorreu esta atividade foi o pátio florestal aberto durante a exploração do material principal.

No Sistema B a atividade foi realizada de forma mecanizada e, visto que o emprego da garra traçadora foi bastante apropriado para a operação, sem que tratorista fosse forçado a adotar posturas desconfortáveis, classificou-se a atividade como adequada.

No Sistema C o traçamento no pátio foi efetuado de forma semimecanizada, sendo classificada como atividade moderadamente pesada aos trabalhadores, tendo em vista que o traçamento foi realizado apenas para separar peças bifurcadas e, assim, facilitar o seu transporte até a carvoaria.

Minette et al. (2008) realizaram uma avaliação ergonômica das máquinas utilizadas na colheita da madeira em três empresas localizadas no Estado de Minas Gerais e verificaram que, de modo geral, os traçadores mecânicos apresentaram os melhores desempenhos ergonômicos quando comparados a outras máquinas utilizadas na colheita florestal.

Tabela 9 - Avaliação da atividade de Traçamento no Pátio nos três sistemas estudados.

TRAÇAMENTO NO PÁTIO						
SISTEMA	DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE	TIPO DE ATIVIDADE	CRITÉRIOS		AVALIAÇÃO SUCINTA DO SISTEMA	
			Ergonomia	Impactos Visuais à Vegetação		
SA	-	-	-	-	-	
SB	SSB₁	01	Mecanizada	Atividade Adequada	N. A.	Atividade adequada para o tratorista
	SSB₂	-	-	-	-	-
SC	SSC₁	02	Semimecanizada	Atividade moderadamente pesada	N. A.	Atividade moderadamente pesada para os trabalhadores
	SSC₂	-	-	-	-	-

Legenda: **SA** – Sistema A: $10 \leq \emptyset \leq 20$ cm e $\ell \approx 1,20$ m; $\emptyset > 20$ cm; $\ell < 1,00$ m; **SB** – Sistema B; **SSB₁** – Substema B₁: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **SSB₂** - Substema B₂: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **SC** – Sistema C; **SSC₁** – Substema C₁: galhos e copas; **SSC₂** – Substema C₂: $\emptyset \geq 5\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **N. A.** - Não se Aplica.

IV. Transporte Principal

A atividade de transporte principal dos resíduos florestais ocorreu em todos os sistemas, sendo que no sistema B esta atividade aconteceu apenas ao final do Subsistema B₂ (Tabela 10).

Em todos os sistemas o transporte principal dos resíduos ocorreu de forma mecanizada e representou uma atividade adequada aos trabalhadores envolvidos, além disto, avaliou-se que a atividade não causou danos à vegetação em nenhum dos sistemas estudados, visto que fora realizada em áreas previamente abertas pela exploração florestal.

Tabela 10 - Avaliação da atividade de Transporte Principal nos três sistemas estudados.

TRANSPORTE PRINCIPAL					
SISTEMA	DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE	TIPO DE ATIVIDADE	CRITÉRIOS		AVALIAÇÃO SUCINTA DO SISTEMA
			Ergonomia	Impactos Visuais à Vegetação	
SA	02	Mecanizada	Atividade adequada	N. A.	Atividade adequada para os trabalhadores
SB	SSB₁	-	-	-	Atividade adequada para os trabalhadores
	SSB₂	02	Mecanizada	Atividade adequada	
SC	SSC₁	02	Mecanizada	Atividade adequada	Atividade adequada para os trabalhadores
	SSC₂	02	Mecanizada	Atividade adequada	

Legenda: **SA** – Sistema A: $10 \leq \emptyset \leq 20$ cm e $\ell \approx 1,20$ m; $\emptyset > 20$ cm; $\ell < 1,00$ m; **SB** – Sistema B; **SSB₁** – Subsistema B₁: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **SSB₂** - Subsistema B₂: $10 \text{ cm} \leq \emptyset \leq 35\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **SC** – Sistema C; **SSC₁** – Subsistema C₁: galhos e copas; **SSC₂** – Subsistema C₂: $\emptyset \geq 5\text{cm}$; $\ell \leq 1$ m; **N. A.** - Não se Aplica.

7 CONCLUSÕES

Os sistemas de colheita de resíduos de exploração florestal estudados podem ser caracterizados como sistemas mistos, compreendendo atividades manuais, mecanizadas e semimecanizadas.

A avaliação qualitativa das atividades permitiu verificar que, em geral, as empresas não possuem um planejamento operacional apropriado dos sistemas de colheita, menos ainda enquanto um sistema integrado ao processo de carbonização, fato que reflete fortemente na qualidade das operações e na produção total dos sistemas. Além disso, dispõem de poucas informações fiéis a respeito dos rendimentos e custos destas atividades.

Nos sistemas onde houve divisão em subsistemas as atividades manuais e semimecanizadas tornaram-se menos desgastante fisicamente aos trabalhadores florestais devido ao excesso de pesos manuseados.

A mecanização das atividades de extração com o emprego do trator florestal skidder apresentou avaliações negativas tanto do ponto de vista ergonômico, pois julgou-se a atividade como inadequada ao operador de skidder, quanto ambiental, visto que foram observados danos fortes à vegetação.

8 RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se que no Sistema A, a empresa responsável pela colheita dos resíduos o divida em subsistemas, de modo que aumente o grau de mecanização na atividade de traçamento dos resíduos para que possa obter peças de comprimentos maiores que 1m com vistas a tornar mais eficiente o sistema integrado Colheita de resíduos florestais /Carbonização.
- Recomenda-se também que, quando a atividade seguinte ocorrer (o empilhamento), as peças sejam traçadas em comprimentos iguais a 1m, independente do diâmetro que possuam, de maneira que aquelas com diâmetro maior que 20cm sejam cortadas longitudinalmente em duas ou mais partes, gerando peças menos pesadas ao trabalhador e com dimensões mais uniformes, vislumbrando aumentar a eficiência no processo de carbonização.
- Ainda referente à atividade de empilhamento, recomenda-se para todos os sistemas que as pilhas sejam formadas em blocos concentrados às margens das trilhas de arraste, com a finalidade de reduzir as paradas do trator + reboque durante a realização da atividade de carregamento, e que possuam altura máxima de 1,50m e comprimento indefinido, a fim de evitar que os trabalhadores adotem posturas inadequadas durante a realização da atividade, como o levantamento das peças a um nível acima dos ombros.
- Com a finalidade de reduzir os riscos de acidentes envolvidos na atividade de descarregamento quando desempenhada manualmente, recomenda-se que se utilize uma carregadeira (a mesma utilizada na atividade de transporte principal) para realizar o descarregamento dos resíduos. Ou ainda, que mecanizem a atividade pela adoção da tecnologia do sistema Roll on Roll off.
- Diante da necessidade de aprimorar as operações pertinentes à colheita de resíduos florestais, recomenda-se que sejam desenvolvidos estudos futuros a fim de determinar limites aceitáveis de carga de trabalho físico de acordo com a capacidade dos trabalhadores nas atividades manuais e, assim subsidiar estratégias de trabalho que garantam maior conforto e segurança ao trabalhador e qualidade operacional.

- O emprego do trator florestal skidder nas atividades de extração dos resíduos deve ser melhor estudado a fim de reduzir os impactos causados à vegetação remanescente e melhor adaptar seu uso na atividade.

REFERÊNCIAS

ASHTON, S.; S. BAKER; B. JACKSON; R. SCHROEDER. Conventional biomass harvesting systems. p. 133-136, 2007. In: HUBBARD, W.; L. BILES; C. MAYFIELD; S. ASHTON (Ed). **Sustainable forestry for bioenergy and bio-based products: trainers curriculum notebook**. Athens, GA: Southern Forest Research Partnership, 2007.

EUROPEAN BIOMASS ASSOCIATION. **Procurement of forest residues**. Disponível em: <http://www.aebiom.org/>. Acesso em: 10 abr. 2010.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. Quantificação dos resíduos florestais em bracingais na região metropolitana de Curitiba, PR. Embrapa Florestas. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 30/31, p.51-66, jan./dez. 1995.

BARROS, P. L. C. Reflorestamento e reserva legal: A mata que vira carvão. **O LIBERAL**, Belém, PA, 06 fev. 2008.

_____; NUMAZAWA, S; FERREIRA, J. E. R.; BARROS, D. S. **Resíduos de exploração em florestas manejadas na Amazônia: O caso Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda**. 2009. (Relatório Técnico, distribuição restrita).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 05 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. **Diário Oficial da União**. Brasília, 13 dez. 2006. Sessão 1, p. 155-159.

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J. P.; FERREIRA, L. V.; MELACK, J. M. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. **Oecologia**. v.122, p. 380–388, 2000.

CIKEL BRASIL VERDE MADEIRAS – CBVM. **Plano Operacional Anual – POA** 2010.

COUTO, H. T. Z.; BRITO, J. O. Inventário de resíduos florestais. **IPEF**, Série Técnica. Piracicaba, v.1, n.2, p. A.1 – A.13, jul.1980.

_____; _____. TOMAZELLO FILHO, M.; CORRADINI, L.; FAZZIO E. C. M. Quantificação de resíduos florestais para produção de energia em povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, n.26, p.19-23, abr.1984.

COUTO, L. C.; L, COUTO; WATZLAWICK, L. F.; CÂMARA, D. Vias de valorização energética da biomassa. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, p.71-92, 2004.

CRUZ FILHO, D. **Avaliação da quantidade de resíduos lenhosos em área de floresta explorada e não explorada, utilizando amostragem por linha interceptadora, no médio rio Moju, Pará, Brasil**. 2005. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2005.

ENRONG, Y; XIHUA W.; JIANJUN H. Concept and classification of coarse woody debris in forest ecosystems. **Frontiers in Biology**, v. 1, p. 76–84, 2006.

EUROPIAN BIOMASS INDUSTRY ASSOCIATION. **Biomass Procurement – Recovery of forest residues**. Disponível em: <http://www.eubia.org/191.0.html>>. Acesso em: 10 abr 2010.

FIEDLER, N. C.; MINETTI, L. J.; SOUZA, A. P. de. Avaliação de pesos praticados por trabalhadores na atividade e extração manual de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 25, n. 4, p. 507 – 512, 2001. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=OXSaAAAAIAAJ&pg=PA507&lpg=PA507&dq=#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 20 ago 2010.

FOELKEL, C. Gestão ecoeficiente dos resíduos florestais lenhosos da eucaliptocultura. **Eucalyptus Online Books & Newsletter**. 45 p. out. 2007. Disponível em: http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf>. Acesso em: 27 jul 2010.

FONTANA, G.; SEIXAS, F. Avaliação ergonômica do posto de trabalho de modelos de forwarder e skidder. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.71-81, 2007.

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

_____; CARVALHO, J. O. P. de; JARDIM, F. C. da S. Mudanças ocorridas na composição florística em decorrência da exploração florestal em uma área de Terra firme na região de Paragominas, PA. **Acta Amazônica**. Vol. 37 (2). 2007. p. 219 – 228.

FREITAS, L. C.; MACHADO, C. C.; SILVA, E.; JACOVINE, L. A. G. Avaliação quantitativa de impactos ambientais da colheita florestal em dois módulos. **Revista Ceres**. v.54, n.313, p. 297-308, maio/ jun. 2007.

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

HARTSOUGH, B. R.; STOKES, B. J. Comparison and feasibility of north american methods for harvesting small trees and residues for energy. In: **Proceedings of the International Energy Agency, task vi, activity 3 workshop, “harvesting small trees and forest residues”.** 1990. Copenhagen, Denmark. 1990. p. 31-40.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE Cidades.** 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=pa>>. Acesso em: 10 jan 2010.

JACOVINE, L. A. G.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; LEITE, H. G.; MINETTE, L. J. Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.391-400, 2005.

KELLER, M.; PALACE, M.; ASNER, G. P.; PEREIRA Jr, R. S I LVA, J. N. M. Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. **Global Change Biology.** v.10, p.784–795, 2004.

KUIPER, L. OLDENBURGER, J. The harvest of forest residues in Europe. **Biomass-upstream Stuurgroep.** 2006. Disponível em: <HTTP://www.probos.net/biomassa-upstream/pdf/reportBUSD15a.pdf>>. Acesso em: 09 abr 2010.

LEINONEN, A. **Harvesting technology of forest residues for fuel in the USA and Finland.** Espoo, 2004. 132 p. (VTT Tiedotteita. Research Notes, 2229).

LIMA, J. S.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C.; OLIVEIRA, R. B. Avaliação de alguns fatores ergonômicos nos tratores “Feller Buncher” e “Skidder” utilizados na colheita de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 002. p. 291-298, mar-abr, 2005.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C.C (Ed). **Colheita florestal.** Viçosa, MG: UFV Imprensa Universitária, 2006. Cap 2, p. 33-54.

LUDKE, R. L.; SILVA, E.; COUTO, L.; VALE, A. B. Avaliação quantitativa de impactos ambientais da exploração florestal, em regime de manejo sustentável,

praticada na várzea e na terra firme, Estado do Amazonas - Brasil. **SIF. Boletim Técnico**, Viçosa, n. 17. p.164, 2001.

MACHADO, C. C.; LOPES, E.S. Planejamento In: MACHADO, C.C (Ed). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2006. cap. 7, p. 169-212.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 2, mai./ago. 2006.

MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; SILVA, E. P.; MEDEIROS, N. M. Postos de trabalho e perfil de operadores de máquinas de colheita florestal. **Revista Ceres**, v.55, n.1, p. 066-073, 2008.

PARÁ. Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças - SEPOF. **Estatística Municipal**: Paragominas. 2008. 43 p.

PHILLIPS, O. L. MALHI, Y.; HIGUCHI, N.; LAURANCE, W. F.; NÚÑEZ, P. V.; VÁSQUEZ, R. M.; LAURANCE, S. G.; FERREIRA, L. V.; STERN, M.; BROWN, S.; GRACE, J. Changes in the carbon balance of tropical forests: Evidence from Long-Term Plots. **Science**, v.282, p.439-442, 1998.

PINTO, A.; AMARAL, P.; SOUZA Jr., C.; VERÍSSIMO, A.; SALOMÃO, R; GOMES, G.; BALIEIRO, C. **Diagnóstico socioeconômico e florestal do município de Paragominas**. Belém: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - Imazon. . 2009. 65 p. (Relatório Técnico).

POGGIANI, F.; COUTO, H. T. Z. DO; CORRADINI, L.; FAZZIO, E. C. M. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**. n.25, p.37-39, 1983.

RIBAS, C.; CALONEGO, F. W.; FENNER, P. T.; PONTINHA, A. de A. S. Aproveitamento de biomassa pós-colheita florestal de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Silva Lusitana**, v. 16, n. 1, p. 105-113, 2008.

RICE, A. H.; PYLE, E. H.; SALESKA, S. R.; HUTYRA, L.; PALACE, M.; KELLER, M. CAMARGO, P. B. DE; PORTILHO, K.; MARQUES, D. F.; WOFYSY, S. C. Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest. **Ecological Applications**, v.14, n.4, Supplement, p. S55-S71, 2004.

RUMMER, R.; SEIXAS, F. Colheita de resíduos florestais para bioenergia nos EUA. In: Simpósio Brasileiro Sobre Colheita e Transporte Florestal, 8., 2007, Uberlândia. **Anais...** Viçosa: SIF, 2007. p. 19-40.

RUMMER, B.; LEN, D.; O'BRIEN, O. New technology for residue removal. **Forest Operations Research Unit**. Alabama: Auburn University, 2004. p.20.

SALMERON, A. Exploração florestal. In: **Formação, manejo e exploração de florestas com rápido crescimento**. Brasília: IBDF, 1981. p. 83-123.

_____. Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento Industrial de resíduo visando a produção de energia. **IPEF**. Série Técnica, Piracicaba, v.1, n.2, p. B.1 – B.12, jul. 1980.

SANT'ANNA, C. M. Corte Florestal. In: MACHADO, C.C (Ed). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2006. cap. 3, 55-87 p.

_____; MALINOVSKI, J. R. Avaliação da segurança no trabalho de openi(se[(r)-6(e)4ho)-069(de)4

_____; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. de; SOUZA, C. R. de. Efeito da camada de resíduos florestais na compactação do solo causada pelo transporte primário da madeira **Scientia Forestalis**. n. 54, p. 9-16, dez. 1998.

SILVA, C. B.; SANT'ANNA C. M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do “feller-buncher” utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, v.9, n.1, p.109-118, 2003.

SILVA, A. R. E. **Sistema de produção do carvão vegetal em duas áreas da estrada AM-010, Amazonas**. 2006. 27 f. Monografia (Trabalho de Conclusão) – Universidade Federal do Amazonas. Faculdade de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia Florestal Manaus, 2006.

SILVA, A. R.; DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F. P. Camada de resíduos florestais e pressão de preconsolidação de dois latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, n.1, p.89-93, jan. 2007.

SILVA, E. P.; SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J.; BAETA, F. C.; VIEIRA, H. A. N. F. Avaliação biomecânica do trabalho de extração manual de madeira em áreas acidentadas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 231-235, set. 2008.

SOUZA, A. L., MACHADO. C.C., SILVA, E., SCHETTINO, S., DANTAS, F. W. F., LANA, J. M., PEREIRA, J. F. **Avaliação de impactos das operações de colheita de madeira e de tratamentos silviculturais num projeto de manejo sustentável**. Viçosa: UFV, 1998. 248p. (Relatório de Pesquisa, CNPq).

SOUZA, A. P.; MINETTI, L. J. Ergonomia aplicada ao trabalho In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2006. cap. 10, p. 293-308.

_____; _____. ALVES, J. U.; FIEDLER, N. C.; VALE, A. B. Avaliação do Esforço físico despendido por trabalhadores em operações florestais no Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 25, n. 3, p. 361-367, 2001.

STEVENS, V. **The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests**. British: Columbia, 1997. 30 p. (Work Paper).

STOKES, B. J.; WATSON, W. F.; SAVELLE, I. W. Alternative biomass harvesting systems using conventional equipment. In: **Souther Forest Biomass Workshop**. Athens: Ga. Jun, 1984. p. 111-114.

STURION J. A.; PEREIRA, J. C. D.; CHEMIN, M. S. Qualidade da madeira de *Eucalyptus viminalis* para fins energéticos em função do espaçamento e idade de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 16, p.55-59, dez. 1988.

STEVENS, V. **The Ecological Role of Coarse Woody debris**: An Overview of the Ecological Importance of CWD in BC Forests. Res. Br., B. C. Min. For., Victoria. B. C. 1997. (Work Paper, 30).

TWADDLE, A. A.; STOKES, B. J. WATSON, W. F. **Harvesting small steams and residues for biofuels**: as international perspective, 1989.

WATSON, W. F.; STOKES, B. J.; SAVELLE, I. W Comparisons of two methods of harvesting biomass for energy. **Forest Products Journal**. v. 36. n. 4. Apr. 1986.

WINTER, M. **Sistemas Integrados – Silvicultura, Colheita, Carbonização**. XV Seminário de Atualização – Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal. Curitiba. Nov. 2008.

WU J.; GUAN, D.; HAN, S.; ZHANG, M.; J. Changjie. Ecological functions of coarse woody debris in forest ecosystem. **Journal of Forestry Research**, v.16, n.3, p. 247-252, 2005.

YARED, J. A. G. **Efeitos de sistemas silviculturais na florística e na estrutura de florestas secundária e primária, na Amazônia Oriental**. 1996. 179f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

APENDICE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS - MCE

QUESTIONÁRIO SOBRE OS SISTEMAS DE COLHEITA DE RESÍDUOS DE
EXPLORAÇÃO FLORESTAL

DATA: ___/___/___

1. Quais são as atividades realizadas para retirada do resíduo de dentro da floresta?
2. Qual é a sequências das atividades?
3. Quais as máquinas e equipamentos utilizados nas atividades?
4. Quais os componentes das equipes em cada atividade?