

FACULDADE JAGUARIAÍVA – FAJAR
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ESTUDO, REVISÃO E DISCUSSÃO DE CONCEITOS E TEMAS
ABORDADOS NA COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA

JAGUARIAÍVA
2011

GUSTAVO PEREIRA CASTRO

ESTUDO, REVISÃO E DISCUSSÃO DE CONCEITOS E TEMAS
ABORDADOS NA COLHEITA FLORESTAL MECANIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado no Curso de Engenharia
Florestal da Faculdade Jaguariaíva – FAJAR,
como requisito obrigatório para obtenção do
título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Adilson Aparecido do Santos

JAGUARIAÍVA
2011

AGRADECIMENTOS

Minha enorme gratidão a:

Primeiramente a Deus por estar presente em cada segundo da minha vida, por sempre me proteger e iluminar minha caminhada.

Meu pai Romeiro Montezano de Castro que sempre me levou e acompanhou em minhas visitas às áreas de colheita. Minha mãe Ovídia Aparecida Silva Pereira Castro e minha irmã Letícia Pereira Castro que me acompanharam em muitos momentos. Enfim, de modo geral minha família, que considero a base para minha vida.

A minha coordenadora de curso e amiga Prof^a. Daniela Magossi que muito fez por mim durante os cinco anos em que estive presente na instituição.

Ao meu Professor Helio Fernando de Oliveira Junior pelos auxílios dados durante a elaboração deste trabalho.

Ao meu orientador Adilson Aparecido do Santos pela contribuição durante o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.1 Objetivo Geral.....	4
1.1.2 Objetivos Específicos.....	4
2 REVISÃO E DISCUSSÃO DA LITERATURA	5
2.1 COLHEITA FLORESTAL.....	5
2.1.1 A Colheita Florestal.....	5
2.1.2 Conceito.....	7
2.1.3 Mecanização Florestal no Brasil.....	8
2.2 PRINCIPAIS MÁQUINAS E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	10
2.2.1 <i>Harvester</i>	11
2.2.2 <i>Forwarder</i>	13
2.2.3 <i>Feller Buncher</i>	14
2.2.4 <i>Shovel Logger</i>	16
2.2.5 <i>Skidder</i>	17
2.2.6 <i>Clambunk Skidder</i>	19
2.2.7 <i>Stroke Delimber</i>	20
2.2.8 <i>Log Loaders</i> (Carregador Florestal).....	21
2.2.9 Picadores.....	23
2.2.10 Máquinas Combinadas.....	26
2.2.10.1 <i>Harwarder</i>	26
2.2.10.2 <i>Feller-Skidder</i>	27
2.2.11 <i>Slash Bundler</i> (Enfardadeira).....	28
2.2.12 <i>Timber Hauler</i> (Caminhão Autocarregável).....	29
2.2.13 <i>Walk Machine</i>	30
2.3 OS SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA.....	31
2.3.1 Sistema de Toras Curtas (<i>Cut-to-length</i>).....	33
2.3.2 Sistema de Toras Longas ou Fuste (<i>Tree-length</i>).....	35
2.3.3 Sistema de Árvores Inteiras (<i>Full-tree</i>).....	37
2.3.4 Sistema de Árvores Completas (<i>Whole-tree</i>).....	38

2.3.5 Sistema de Cavaqueamento (<i>Chipping</i>).....	39
2.4 PLANEJAMENTO DA COLHEITA	40
2.5 OPERAÇÃO DE CORTE	42
2.5.1 Corte Mecanizado	43
2.5.1.1 Corte Mecanizado com <i>Feller Buncher</i>	44
2.5.1.2 Corte Mecanizado com <i>Harvester</i>	47
2.6 OPERAÇÃO DE EXTRAÇÃO	51
2.6.1 Fatores de Influência na Operação	52
2.6.1.1 Densidade do Talhão	53
2.6.1.2 Topografia	53
2.6.1.3 Tipo de Solo	54
2.6.1.4 Volume por Árvore	54
2.6.1.5 Distância de Transporte	55
2.6.2.1 Extração com <i>Forwarders</i>	55
2.6.2.2 Extração com <i>Skidders</i>	57
2.6.2.2.1 Extração com <i>Skidders</i> de Esteiras (<i>Track Skidders</i>)	60
2.6.2.2.2 Extração com <i>Skidders</i> de Pneus (<i>Wheel Skidders</i>).....	61
2.6.2.2.3 Extração com <i>Skidders</i> com Cabos (<i>Cable Skidders</i>).....	62
2.6.2.2.4 Extração com <i>Skidders</i> com Garra (<i>Grapple Skidders</i>).....	63
2.6.2.2.5 Extração com <i>Clambunk Skidders</i>	64
2.6.2.3 Extração com Trator Agrícola com Guincho.....	65
2.6.2.4 Extração com Trator Autocarregável.....	66
2.6.2.5 Extração <i>Shovel Logging</i>	67
2.6.2.6 Extração com Helicópteros (<i>Heli-logging</i>)	70
2.6.2.7 Extração com Cabos Aéreos.....	76
2.6.2.8 Extração com <i>Pully</i>	80
3 MATERIAL E MÉTODOS	81
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
5 REFERÊNCIAS.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da mecanização florestal ao longo dos anos.....	8
Figura 2: <i>Harvester</i> articulado de esteiras da Komatsu, modelo 911.5 X3M.....	12
Figura 3: Os modelos de <i>Harvesters</i> : de rodas (a) e de esteiras (b).....	13
Figura 4: <i>Forwarder</i> tipo 6x6 (a) e 8x8 em operação (b).	14
Figura 5: <i>Feller Buncher</i> de rodas (a) e de esteiras (b).	16
Figura 6: <i>Shovel Logger</i> realizando remoção de madeira em áreas de declividade.	17
Figura 7: <i>Skidder</i> do tipo 6x6 (a) e 4x4 (b) realizando o arraste.	19
Figura 8: <i>Clambunk Skidder</i> em operação.	19
Figura 9: <i>Stroke Delimber</i> realizando desgalhamento.....	21
Figura 10: <i>Knuckleboom Loader</i>	21
Figura 11: Carregador Florestal de esteiras (<i>Log Loader</i>).	22
Figura 12: Garra Traçadora.....	23
Figura 13: <i>Slasher</i>	23
Figura 14: Triturador de resíduos <i>Morbark</i>	24
Figura 15: Perfil do picador florestal Peterson 5000H.....	25
Figura 16: Picador Peterson 5000H picando Eucalipto.	25
Figura 17: <i>Harwarder</i> Valmet (Komatsu Forest) 801 Combi.....	26
Figura 18: <i>Harwarder</i> TimberPro TF840.	27
Figura 19: <i>Feller-Skidder</i> em operação.	28
Figura 20: <i>Slash Bundler</i> montado em <i>Forwarder</i>	29
Figura 21: <i>Timber Hauler</i> sem grua (a) e com a grua (b).	30
Figura 22: Walk Machine <i>Harvester</i> Timberjack - Plustech.....	31
Figura 23: Desenho representativo do sistema de toras curtas.	35
Figura 24: Desenho representativo do sistema de toras longas	36
Figura 25: Desenho representativo do sistema árvores inteiras.....	38
Figura 26: Desenho representativo do sistema de árvores completas.....	39
Figura 27: Desenho representativo do sistema de cavaqueamento.....	40
Figura 28: <i>Feller Buncher</i> de esteiras.	45
Figura 29: <i>Feller Buncher</i> realizando atividade de corte (a) e derrubada (b).	45
Figura 30: Planificação da atividade do <i>Feller Buncher</i>	46
Figura 31: Diferentes tipos de ferramentas de corte.	46
Figura 32: <i>Harvester</i> de esteiras.	47

Figura 33: Cabeçotes Processadores de <i>Harvesters</i> tipo <i>One Grip Harvester</i>	48
Figura 34: <i>Harvesters</i> Processador tipo <i>Two Grip Harvester</i>	48
Figura 35: Planificação da atividade do <i>Harvester</i> dentro da floresta.	49
Figura 36: Cabeçote multiprocessador de grande (a) e pequeno porte (b).	50
Figura 37: Limites de distância e declividade do terreno para diferentes máquinas.	53
Figura 38: Planificação da atividade do <i>Forwarder</i>	57
Figura 39: Planificação da atividade do <i>Skidder</i>	59
Figura 40: <i>Track Skidder</i> Caterpillar 527.	60
Figura 41: <i>Skidder</i> de rodas na versão 8x8 com esteiras recobrimdo os pneus.	61
Figura 42: <i>Skidder</i> de cabos.	63
Figura 43: <i>Skidder</i> com garra.	64
Figura 44: <i>Clambunk Skidder</i> sem grua (a) e com grua (b)	65
Figura 45: Guincho florestal em trator agrícola.	66
Figura 46: Autocarregável TMO em operação.	67
Figura 47: <i>Shovel Logger</i> Tigercat LS855C operando em terreno íngreme.	68
Figura 48: Escalada (a) e desgalhamento (b) e (c) das árvores.	71
Figura 49: Corte da árvore (a) e filete de ruptura (b).	72
Figura 50: Remoção da árvore.	73
Figura 51: Feixes de toras prontos para remoção.	73
Figura 52: Remoção dos feixes de toras.	74
Figura 53: Torres e cabos aéreos.	77
Figura 54: Exemplos de cabos por arraste (a) e cabos aéreos (b).	78
Figura 55: Imagens do transportador florestal <i>Pully</i> de arraste (a) e baldeio (b).	81

RESUMO

O setor florestal tem crescido e se desenvolvido muito nos últimos anos, principalmente quando se trata de área de florestas plantadas no Brasil. Conseqüentemente, a atividade de colheita florestal torna-se extremamente importante dentro deste contexto. Assim o presente trabalho teve como objetivo a sistematização de conceitos, informações e métodos na atividade de colheita florestal mecanizada. Realizar também, uma descrição detalhada das principais máquinas e equipamentos utilizados atualmente, bem como as vantagens e desvantagens de cada sistema de colheita. Conhecer ainda, a atual situação do tema, verificar similaridade nas opiniões, elucidar quais assuntos tem mais e menos ênfase. A metodologia aplicada para a realização deste, constituiu-se na pesquisa e levantamento de diversas bibliografias pertinentes ao tema proposto. Posteriormente foi realizada uma análise de quais assuntos há um menor número de bibliografias, quais os assuntos mais comentados, conseqüentemente os de maior importância e quais as alterações ocorridas em conceitos e descrições. Então se conclui que muitos conceitos já estão concretizados, e por isso se mantiveram inalteráveis, apenas algumas complementações foram acrescentadas. Já as descrições de alguns equipamentos, bem como os próprios equipamentos, sofreram modificações devido às atualizações que estes vem sofrendo ao longo do desenvolvimento tecnológico. Também pode-se concluir que as atividades consideradas recentes ou pouco aplicadas no Brasil há uma carência no que diz respeito a publicações nacionais, o que não ocorre em países com tradição na colheita de madeira mecanizada.

Palavras-chave: colheita florestal; mecanização; sistemas de colheita; corte; extração.

ABSTRACT

The forest sector has been growing and developing a lot during recent years, specially when we talk about the planted forest area in Brazil. As a result, timber harvesting is becoming an extremely important activity in this context. Therefore this study aimed to systematize concepts, information, methods at the mechanized timber harvesting. This study shows a detailed description of the main machinery and equipment used nowadays as well as the advantages and disadvantages of each harvesting system. It aims to know the current situation about the theme, check similarity in opinions, and clarify which subjects have more or less emphasis. The methodology to achieve the result is based on research and survey in several bibliographies relevant to the theme. Subsequently there was an analysis performed of what subjects are in fewer bibliographies and what are the most talked about subjects, therefore the most important ones and which changes happened in concepts and descriptions. So we can observe that many concepts are already fixed and remain unchanged, only few additions were added to them. The descriptions of some equipments as well as the properly equipments have changed due to some updates they have got through the technological development. Also it can be concluded that there is little regard for activities considered recent or rarely applied in Brazil in national publications, which does not occur in countries with tradition in mechanized timber harvesting.

Key - words: *timber harvesting; mechanization; harvesting systems; cutting; extraction.*

1 INTRODUÇÃO

Atualmente pouco se discute sobre a importância e a eficiência da mecanização na atividade de colheita florestal. No Brasil, ela tem crescido visivelmente nos últimos anos devido à necessidade da busca cada vez maior por altas produtividades para atender a demanda de mercado, impulsionado pela implantação de unidades fabris do seguimento de papel e celulose, madeira serrada, madeira para energia, construção civil e também pela busca contínua na melhoria da qualidade das operações de colheita de madeira.

Por meio da mecanização das operações de colheita florestal é possível observar diversos aspectos positivos como: redução do custo operacional, operação durante 24 horas, maior segurança na realização das atividades desempenhadas, facilidade no gerenciamento do processo, melhores condições de trabalho (ergonomia) para os operadores, otimização dos recursos, melhor aproveitamento da floresta, entre outros.

Diante desta constante evolução, ao longo do tempo foram ocorrendo alterações nos conceitos, técnicas e formas de se realizar esta atividade de tamanha importância para a cadeia produtiva da madeira. Com estas mudanças contínuas e com o surgimento de novos conceitos e tecnologias foram surgindo também necessidades de estudos cada vez mais específicos sobre os sistemas, máquinas, técnicas e como as atividades de colheita florestal são desenvolvidas, pois as empresas florestais estão na busca contínua por formas, máquinas e métodos que proporcionem ganhos de produtividade com os menores custos possíveis por unidade produzida, conhecer com precisão as variáveis de influência de cada operação e sistema de colheita e qual o seu impacto, a preocupação com os eventuais danos ambientais causados, qualidade das operações, custos e revisão dos conceitos aplicados. Começa, então, a surgir desafios na colheita, principalmente na mecanização, a fim de obter total domínio das atividades, redução de custos, uso mais racional do equipamento, melhores formas de manutenção, aumento da disponibilidade mecânica, qualidade e outros.

Tudo isso tem como questionamentos iniciais qual sistema de colheita utilizar? Como as atividades dentro de cada sistema serão desenvolvidas? Quais máquinas são mais apropriadas para cada situação de colheita?

Para chegar a essa resposta, é necessário obter um amplo conhecimento teórico e analisar vários aspectos que serão determinantes na escolha. Os principais aspectos de importância são:

- Tipos de florestas onde os equipamentos irão operar;
- Produtividade da floresta ($m^3/ha/ano$)
- *Layout* do talhão;
- Disponibilidade de recurso tecnológico;
- Disponibilidade de mão-de-obra especializada;
- Densidade do talhão de colheita;
- Topografia do terreno;
- Tipo de solo predominante;
- Volume médio do povoamento florestal a ser colhido;
- Volume mensal de colheita por unidade de consumo;
- Distância até a estrada (no caso de operações de remoção de madeira);
- Finalidade e uso da madeira.

Tudo isso precisa ser compreendido e analisado de forma criteriosa para que seja escolhida a solução mais adequada, a máquina mais viável e o melhor sistema para aplicar-se a cada situação de colheita. Máquinas e equipamentos florestais são subjetivos e qualquer variável pode influenciar diretamente na funcionalidade, produtividade, vida útil e custo de operação do equipamento.

Atualmente o mercado está optando pela busca de equipamentos e máquinas específicas para a aplicação florestal e para cada atividade, sem mais a preocupação com a opção de migrar a mesma máquina para outra atividade, ou a utilização de equipamentos adaptados, com exceção de certas situações e áreas (terrenos montanhosos ou pantanosos) onde equipamentos combinados são utilizados com sucesso na colheita florestal.

Um equipamento para a utilização na área florestal é algo que, normalmente, demanda um alto investimento financeiro e por isso existe a necessidade de se realizar um planejamento detalhado e um estudo profundo de todas as variáveis que irão influenciar diretamente e indiretamente sobre a operação, de modo que o

equipamento seja usado de forma racional e obtenha a máxima eficiência e baixo custo operacional.

A colheita florestal é considerada por muitos especialistas e estudiosos como a parte mais importante do ponto de vista técnico-econômico. Ela pode ser definida como o conjunto de operações e atividades efetuadas em um maciço florestal, as quais visam preparar, colher e extrair a madeira até o local de transporte, fazendo-se do uso de técnicas e conceitos estabelecidos, com a finalidade de transformá-la em produto final. É composta pelas etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento); descascamento, quando executado no campo; extração e carregamento. Porém, alguns autores desconsideram o carregamento sendo como parte da colheita e relacionando-o com o transporte.

O corte é a operação inicial da colheita de madeira e refere-se ao processo de realizar o corte da árvore para que se torne possível sua retirada de dentro do talhão. Inclui na operação de corte as atividades: abate, desgalhamento, destopamento e traçamento da madeira.

A operação de extração ou remoção refere-se à movimentação da madeira, desde o local de corte até a estrada, o carreador ou pátio intermediário. Existem vários sinônimos para esta operação, muitas vezes dependendo do modo como ela é realizada ou do tipo de equipamento utilizado.

O processamento é uma atividade que pode ser desenvolvida nas laterais das estradas ou mesmo no próprio local de corte das árvores. Esta etapa é composta pelas atividades de desgalhamento, descascamento (quando existe a necessidade), traçamento (corte das árvores em toras/toretas baseado em medidas previamente determinadas) e a classificação das toras de acordo com os sortimentos desejados.

Assim o presente trabalho apresenta a atual situação dos principais conceitos, características das técnicas, métodos, formas, e sistemas de colheita florestal, bem como a descrição das principais máquinas florestais utilizadas e os fatores de influência dentro de uma operação de colheita florestal.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um estudo de revisão bibliográfica expositiva e posteriormente discutir o tema Colheita Florestal Mecanizada.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Sistematizar conceitos e definições de assuntos relacionados à colheita florestal e equipamentos florestais;
- Apresentar e caracterizar os sistemas de colheita florestal;
- Descrever as principais vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas de colheita florestal utilizados;
- Conhecer a atual situação do tema Colheita Florestal;
- Elucidar quais assuntos possuem mais e menos ênfase
- Co-relacionar as variáveis de influência em cada sistema de colheita.

2 REVISÃO E DISCUSSÃO DA LITERATURA

2.1 COLHEITA FLORESTAL

2.1.1 A Colheita Florestal

Grande parte do planeta Terra é coberta por florestas. Elas estão presentes em todos os continentes com as mais variadas tipologias, características e particularidades que cada uma delas possui, sejam elas, nativas ou plantadas, todas têm sua importância econômica, ambiental e social. Por meio da floresta o homem retira diversas matérias primas, entre estas, o fornecimento de madeira é um dos mais significativos recursos extraídos das florestas.

A cobertura florestal mundial é dominada por coníferas nativas. Estas florestas estão distribuídas principalmente no Hemisfério Norte, porém nas últimas décadas, a área coberta por florestas plantadas ao redor do mundo tem crescido significativamente, principalmente no Hemisfério Sul onde as condições climáticas favorecem o desenvolvimento de algumas espécies, entre elas o gênero *Eucalyptus*.

O Brasil tem se destacado no cenário mundial com suas florestas plantadas, principalmente quando se trata do Eucalipto. Segundo números da ABRAF (2011), em 2010 a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*, o Brasil totalizou 6.510.693 hectares, sendo 73,0% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 27,0% a plantios de *Pinus*. A área de florestas plantadas com Eucalipto está em franca expansão na maioria dos estados brasileiros com tradição na silvicultura deste grupo de espécies, ou em estados considerados como novas fronteiras da silvicultura. Entre os aspectos mais relevantes para o domínio do Eucalipto estão: o rápido crescimento em ciclos de curta rotação, alta produtividade florestal, a expansão e direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos que utilizam sua madeira como matéria prima em processos industriais.

Para que a madeira proveniente de todas essas áreas ocupadas por florestas chegue até o mercado industrial, algumas atividades são requisitadas e entre elas está a Colheita Florestal.

A colheita é considerada por Machado (2008), a parte mais importante do ponto de vista técnico-econômico. Ainda de acordo com o mesmo autor, a colheita exige alto desempenho na produção e no controle de custos, em razão dos elevados investimentos necessários para estruturar a operação e manter a capacidade produtiva ao longo da vida útil das máquinas e equipamentos.

Valença *et al.* (2000) afirmam que a colheita florestal pode representar mais de 50% dos custos com a madeira posta nas indústrias. Souza (2001) afirma que esta pode representar aproximadamente 70% dos custos da madeira colocada no pátio das empresas.

Estes custos obtidos no Brasil foram comparados por Lonner (1976, apud SALMERON, 1980), concluindo-se que o custo obtido com a colheita de madeira em florestas plantadas no Brasil é de aproximadamente 50% mais baixo do que os custos com a colheita em países industrializados. Este custo mais baixo está relacionado a fatores como: excelentes condições de crescimento a baixo custo e abundante disponibilidade de mão-de-obra.

A mecanização da colheita de madeira, embora não seja considerada a única forma de controle da evolução dos custos, proporciona reduções drásticas em prazos relativamente curtos e alcança um lugar de elevada importância nos esforços para aumentar a produtividade e humanização do trabalho florestal (WADOUSKI, 1997).

Segundo Jacovine *et al.* (2001), faz-se necessário e urgente buscar técnicas que tornem a colheita e o beneficiamento da madeira mais racional, visando maior aproveitamento do material lenhoso. Dentre essas novas técnicas, a mecanização das atividades de colheita ganhou enorme destaque no final da década de 90, justamente por proporcionar vantagens consideráveis em relação aos métodos utilizados até então (MOREIRA, 1998).

Devido a toda essa representatividade nos custos, o planejamento da colheita florestal é um item de extrema importância, pois por meio dele pode-se colocar todos os sistemas e métodos possíveis juntos, identificando e resolvendo seus conflitos, ordenando os recursos e conhecendo as restrições de forma planejada e antecipada, Machado (1994, apud MACHADO, 2008).

Machado (2008) também cita que a colheita florestal pode ser realizada de três formas: manual, semimecanizada ou totalmente mecanizada. Isso varia de

acordo com o grau de tecnologia empregado, mão-de-obra, uso e tipos de equipamentos aplicados na colheita.

A otimização das operações na colheita florestal é um desafio, pois há algumas restrições que dificultam as operações. Entre elas, destacam-se as que envolvem a declividade do terreno, espaçamento de plantio, volume individual das árvores, manejo adotado, potência e produtividade das máquinas (MALINOVSKI, 2007).

2.1.2 Conceito

“A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, que visa preparar e levar a madeira até o local de transporte, fazendo-se o uso de técnicas e padrões estabelecidos, com a finalidade de transformá-la em produto final. A colheita, parte mais importante do ponto de vista técnico-econômico, é composta pelas etapas corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento); descascamento, quando executado no campo; extração e carregamento (MACHADO et al., 2008, p. 23).”

Esse conceito foi expresso pelo autor, primeiramente no ano de 2002 (MACHADO, 2002, p. 18), e observa-se que não houve alteração na edição posterior (MACHADO, 2008).

Pulkki (2006) define colheita florestal como sendo a aplicação de técnicas operacionais que envolvem a coleta de árvores de uma floresta até um ponto de utilização.

Hubbard et al. (2000, apud MALINOVSKI, 2007) definiram a colheita florestal no glossário de terminologia florestal da Universidade da Flórida como o corte e movimentação de árvores para uma localização central ou para o transporte final realizado por caminhões.

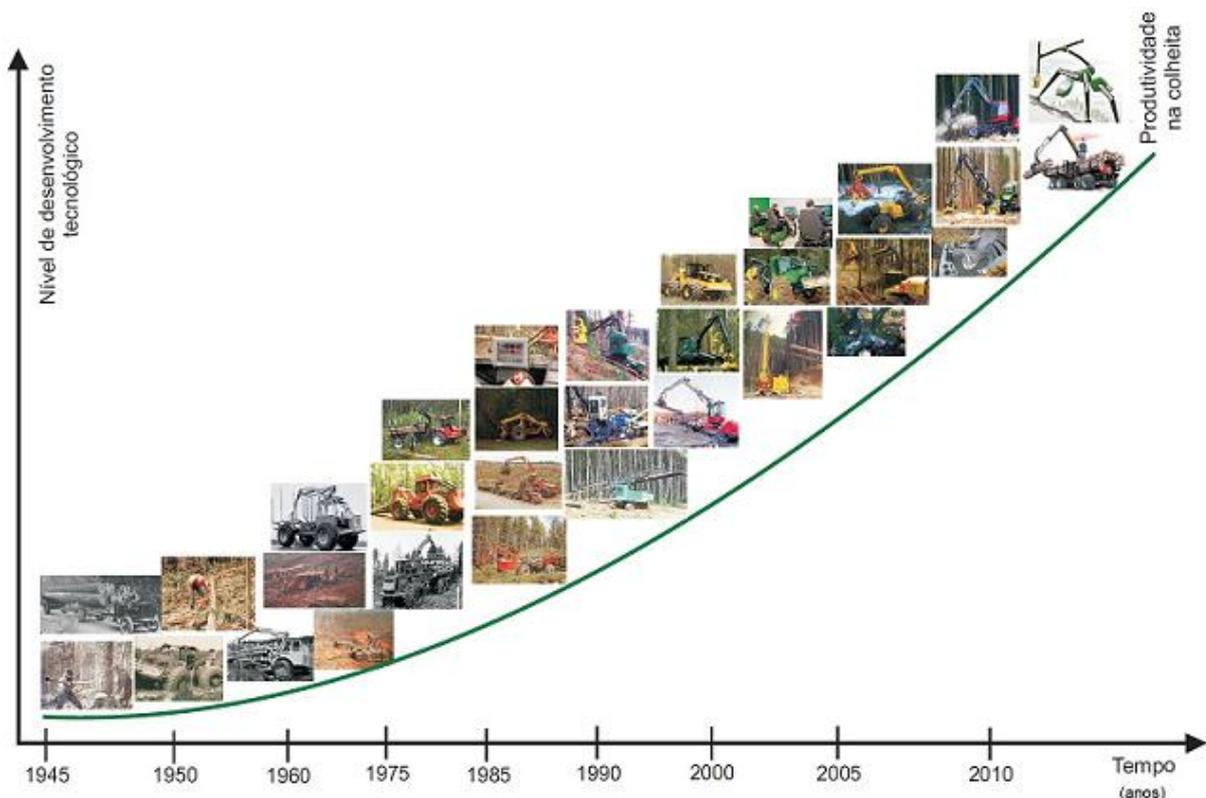
A história mostra que no Brasil, na década de 70, somente se falava de “Exploração Florestal”, como termo proveniente da utilização de florestas nativas, principalmente, do Sul e do Sudeste. Mas, com a maturação das florestas plantadas, foi necessária a adaptação para esta nova realidade (MALINOVSKI, 2008).

O termo colheita florestal de florestas plantadas é uma denominação que atualmente substitui a palavra exploração florestal, por condizer mais com a realidade das operações, sendo aplicado com maior amplitude a partir de 1992 (MALINOVSKI, 2002).

2.1.3 Mecanização Florestal no Brasil

De acordo com Alves e Ferreira (1998) no início, as atividades de colheita de madeira baseavam-se em trabalhos manuais e força animal, porém, com a evolução de técnicas, mecanização, mudanças políticas e econômicas o quadro foi alterando-se em todo o mundo. No Brasil, até a década de 40, praticamente não havia o emprego de máquinas e equipamentos na colheita florestal. Durante muitos anos a colheita foi realizada amplamente de forma manual ou semimecanizada por falta de alternativas disponíveis. Por meio de equipamentos agrícolas que foram sofrendo adaptações para operar no setor florestal era possível realizar a colheita durante este período. Esta evolução pode ser demonstrada conforme a Figura 1 a seguir:

Figura 1: Evolução da mecanização florestal ao longo dos anos.



Fonte: o autor.

De acordo com Sales (1981) e Valverde (1995, apud BURLA, 2008) as mudanças e modernizações das operações de colheita florestal no Brasil tiveram início na década de 70, quando a indústria nacional iniciou a produção de máquinas e equipamentos de porte leve e médio.

A ENGESA S.A. – ENGENHEIROS ESPECIALIZADOS foi uma empresa brasileira pioneira na fabricação de máquinas florestais, totalmente nacional. A empresa fabricou o EE-510, uma máquina de tração 4x4, com motor MWM de 110 hp (*horse power*) e a grua uma Munck 6166. A máquina era utilizada para o baldeio de madeira. Assim surgiu o primeiro *Forwarder* brasileiro (MOREIRA, 2011).

Neste período começaram a surgir motosserras profissionais, tratores agrícolas utilizados para o arraste, equipados com um tipo de pinça hidráulica localizada na parte traseira, também conhecidos como *Mini-Skidder* e ainda *Skidders* e os Autocarregáveis.

Na década de 80 chegaram os primeiros *Feller Bunchers* com sistema de corte realizado por tesoura ou sabre, e ainda as grades desganhadoras.

Com a abertura do mercado nacional à importação de máquinas no ano de 1994, as empresas buscaram no mercado externo outras opções, assim a mecanização florestal sofreu um forte impulso, registrando a chegada de máquinas de última geração, de fabricantes principalmente norte-americana e europeia, mais precisamente da Escandinávia (MALINOVSKI e MALINOVSKI, 1998). De acordo com Bramucci (2001) estes países possuem maior tradição nas operações de colheita mecanizada. Tudo isso atrelado à necessidade de executar o trabalho de forma mais econômica, segura e eficiente pelas empresas. Devido a isso Santos (1995) cita a mecanização florestal como intensiva e irreversível.

A mecanização na colheita florestal no Brasil é um fato recente se comparado à experiência dos países Nórdicos e da América do Norte. Porém a partir do ponto em que houve este início, a mecanização tem aumentado intensamente.

Para Santos (1995) a utilização de máquinas e equipamentos que substituíram o corte manual e a motosserra possibilitou um aumento da produtividade, porém diminuiu a participação do homem no processo produtivo.

O grau de mecanização da colheita florestal no Brasil só não é maior devido à dificuldade de colher florestas com baixo volume por árvore e florestas em terrenos montanhosos. Em países Nórdicos e da América do Norte já existem tecnologias para colheita em área montanhosas, porém quando implantada no Brasil, chega a

ter um elevado custo operacional, assim as empresas estão buscando diversas alternativas de sistema, formas, máquinas e equipamentos para a realização da colheita nestas áreas. Entre elas cita-se a utilização de cabos aéreos e máquinas construídas especificamente para operar em terrenos montanhosos.

Classificados como de grande porte, as máquinas florestais utilizadas nas diversas fases da colheita mecanizada em terrenos planos ou montanhosos são pesadas, com elevada potência, maior velocidade de deslocamento e maior capacidade produtiva. Essas características permitem mobilidade e proporcionam um aumento significativo na capacidade operacional, uma vez que se torna possível realizar maior quantidade de trabalho em menos tempo (LEITE; LIMA, 2008).

A evolução da mecanização da colheita de madeira trouxe e traz até os dias de hoje diversos progressos e aspectos positivos como: máquinas com *design* que proporcionam melhores condições ergonômicas aos operadores, máquinas produtivas, menos poluentes, diminuição dos custos operacionais, possibilidade de realizar as operações durante 24 horas, mais qualidade no produto (madeira), redução de acidentes, qualificação da mão-de-obra empregada, motosserras mais leves, com menos vibração e ruído, e outros diversos benefícios.

Parise (2005) e Malinovski (2002) definem que o principal objetivo da mecanização das atividades de colheita florestal centra-se na obtenção de menos custo de produção.

Assim Rocha Filho (1993) afirma que as formas de colheita manual e semimecanizada estão praticamente esgotadas nos grandes pólos de produção.

2.2 PRINCIPAIS MÁQUINAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Atualmente existe uma extensa linha de modelos e fabricantes de máquinas e equipamentos florestais disponíveis no mercado para as mais diversas e específicas operações que fazem parte das atividades da colheita de madeira. Toda essa gama de equipamentos é projetada e desenvolvida basicamente de acordo com as necessidades e características de dois grandes pólos de desenvolvimento de máquinas florestais no mundo.

O primeiro deles corresponde aos países Escandinavos, os quais tem sua operação de colheita voltada para o sistema de toras curtas (*Cut-to-length*) e o segundo corresponde aos países da América do Norte, onde as operações são

voltadas para o sistema de árvores inteiras (*Full-tree*) ou de toras longas (*Tree-length*). Assim, Machado (2008) cita que as máquinas de colheita florestal foram desenvolvidas basicamente para estes dois sistemas de colheita.

Desta forma, de acordo com Machado (2008) e Malinovski e Malinovski (1998), pode-se citar alguns dos modelos mais utilizados em florestas ao redor do globo, os *Harvesters* (podendo ser de rodas, os *Wheele Harvesters* ou de esteiras, os *Track Harvesters*), *Forwarders*, *Feller Bunchers* (podendo ser de rodas, os *Wheele Feller Bunchers* ou de esteiras, os *Track Feller Bunchers*), *Skidders*, *Clambunk Skidders*, *Shovel Loggers*, *Stroke Delimbers*, *Knuckleboom Log Loaders*, *Slashers*, Garras Traçadoras, Picadores, Enfardadeiras, e outros mais.

2.2.1 Harvesters

O *Harvester* é composto, em sua essência, por uma máquina base automotriz, uma lança ou braço mecânico/hidráulico e um implemento (cabeçote) em sua extremidade. Esta máquina pode executar, sequencialmente, as operações de corte da árvore, derrubada, desgalhamento, descascamento, traçamento e formação de pilhas de toras. Assim definiu Machado (2008), Malinovski e Malinovski (1998).

Para Rígolo e Baptista (2009) o *Harvester* é uma máquina capaz de operar como cortadora e processadora de árvores. Os mesmos autores ainda comentam que esta máquina é sensível às condições da floresta, pois fatores como tamanho e forma dos troncos, volume, espaçamento entre as árvores, quantidade de galhos, facilidade de remoção da casca e tipo de terreno afetam de forma direta a produtividade dos *Harvesters*.

De acordo com Forests and Rangelands (2011) o *Harvester* é uma máquina automotriz com um implemento denominado cabeçote de corte, capaz de cortar e processar árvores.

Nas diversas variações do sistemas de colheita de toras curtas o *Harvester* é o principal equipamento utilizado para desenvolver as atividades de corte, derrubada e processamento da madeira, que consiste, no desgalhamento descascamento (em alguns casos) e corte das árvores em toras/toretas com medidas de comprimento pré-determinadas, deixando estas toras/toretas agrupados para serem retirados na operação seguinte.

Machado (2008) cita que o sistema de rodados de um *Harvester* pode ser sobre pneus ou sobre esteiras. A escolha de um rodado implica no local onde o *Harvester* estará operando. Empresas, normalmente, optam pela escolha de *Harvester* de esteiras devido ao menor grau de compactação se comparado aos pneus. Outras, já optam por pneus para fornecer maior mobilidade e velocidade à máquina. Os *Harvesters* de pneus podem ter de quatro a oito pneus, dependendo da configuração e do modelo.

Para Forests and Rangelands (2011) os *Harvesters* de esteiras são similares aos *Feller Bunchers*. O que difere um do outro é o cabeçote processador que o *Harvester* possui, ao invés do cabeçote de corte do *Feller*. Alguns modelos utilizados são oriundos de adaptações feitas em escavadeiras hidráulicas, mas hoje o mercado florestal busca máquinas construídas e projetadas especificamente para operações de colheita florestal. Existem várias marcas e modelos que vão desde máquinas compactas e pequenas, que possuem motor com menos de 100 kW de potência, até modelos de grande porte, com 224 kW de potência e peso operacional de 46 toneladas, para operações com árvores de grande porte.

Sua operação limita-se pela topografia em muitos casos. *Harvesters* de esteiras podem trabalhar em terrenos com até 50% de declividade. Alguns modelos com chassi articulado e sistema de esteiras independentes, como exemplo o Komatsu 911.5 X3M *Extreme* mostrado na Figura 2, pode operar em terrenos com até 80% de declividade. Já os *Harvesters* articulados de pneus geralmente são indicados para operações com até 40% de declividade, podendo utilizar acessórios (esteiras removíveis ou correntes) para recobrir os pneus.

Figura 2: *Harvester* articulado de esteiras da Komatsu, modelo 911.5 X3M.



Fonte: Komatsu Forest.

De acordo com Thees, Frutig e Fenner (2011) para reduzir os danos ao solo, as máquinas passaram a ser equipadas com guinchos de tração auxiliar (GTA) que são acoplados ao chassi da máquina. Os mesmos autores citam ainda que, a primeira máquina deste tipo foi desenvolvida por Herzog Forsttechnik na Suíça. Neste caso a máquina se move no sentido morro abaixo. Desta forma torna-se possível a operação em terrenos com uma declividade ainda maior, até 80%.

O “GTA” auxilia e traciona as máquinas em encostas devido à sincronia existente entre o guincho e as rodas de tração. O objetivo é reduzir a patinação das rodas no solo, reduzir danos a este, auxiliar a trafegabilidade das máquinas em ambos os sentidos (aclives e declives), comentam Thees, Frutig e Fenner (2011).

O implemento do *Harvester*, também conhecido como “cabeçote de *Harvester*” é encontrado em vários tamanhos e modelos, baseado principalmente no diâmetro máximo de corte, diâmetro máximo de desganhamento, peso e qual tipo de árvore ele irá trabalhar, pois atualmente existem alguns cabeçotes específicos para coníferas, folhosas e quando há necessidade de descascamento. A seguir a Figura 3 ilustra os dois modelos mais comuns de *Harvesters* utilizados atualmente, o modelo sobre rodas e sobre esteiras.

Figura 3: Os modelos de *Harvesters*: de rodas (a) e de esteiras (b).



Fonte: John Deere Forestry.

2.2.2 Forwarders

De acordo com Machado (2008), originalmente fabricados no Canadá e aprimorados na Escandinávia, os *Forwarders*, são máquinas, em sua maioria, articuladas, com suspensão da plataforma de carga sobre o chassi traseiro e capacidade de carga variando de 5.000 a 22.000 kg e potência que varia de 95 kW a

205 kW, além de uma grua hidráulica usada no carregamento e descarregamento da própria máquina, conforme mostra a Figura 4. Projetados para serem utilizadas no sistema de toras curtas (*Cut-to-length*), executam a extração de madeira da área de corte para a margem da estrada ou pátio intermediário.

Para *Forests and Rangelands* (2011), podem estas máquinas, trabalhar em terrenos acidentados até uma inclinação máxima ao redor de 30%, ou de 60% desde que se movimente no sentido do declive.

De acordo com Thees, Frutig e Fenner (2011) para reduzir os danos ao solo os *Forwarders* passaram também a ser equipados com o guincho de tração auxiliar (GTA) que é acoplado ao chassi da máquina. O GTA permita a extração com *Forwarder* em áreas onde a utilização de teleféricos resultaria em custos mais elevados, causando o mínimo de danos ao solo. As distâncias de transporte situam-se, em média, entre 200 e 300 metros. Distâncias menores que 200 metros ou superiores a 300 metros acarretará em perda da eficiência do equipamento (SEIXAS, 1987; SOUZA et al. 1988, apud MACHADO, 2008).

Figura 4: *Forwarder* tipo 6x6 (a) e 8x8 em operação (b).



Fonte: o autor.

2.2.3 Feller Buncher

Para Machado (2008) o *Feller Buncher* (derrubador-acumulador) é a máquina que desempenha a atividade de corte, acúmulo (o número de árvores acumuladas varia de acordo com o porte de cabeçote de corte e de acordo com o diâmetro das árvores) e posteriormente tombamento das árvores, formando feixes.

O cabeçote de corte do *Feller Buncher* é a principal ferramenta do equipamento, pois é este que realizará todas as atividades desempenhadas pela

máquina. Seus componentes básicos são: uma ferramenta de corte e braços acumuladores, todos acionados por sistemas hidráulicos.

Os implementos utilizados no corte podem ser de três tipos: sabre, tesoura de dupla ação ou disco de corte dentado (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

De acordo com Lopes (2007) e Simões (2008) o procedimento de corte pelo *Feller Buncher* inicia-se com o posicionamento do cabeçote de corte com os braços abertos em direção à árvore a ser cortada, em seguida o disco de corte (em altíssima rotação) realiza o corte da árvore ao nível do solo. Após o corte é acionado o braço acumulador do cabeçote, firmando a árvore no cabeçote, reabrindo os outros braços para realizar o corte de uma segunda árvore. Esse processo se repete até que o cabeçote alcance sua capacidade máxima de acumulação. Em seguida a máquina se move, com o feixe de árvores na vertical e depois ele é depositado ao solo.

O *Feller Buncher* está disponível no mercado nas versões de esteiras ou de rodas, conforme ilustra a Figura 5. A versão de rodas é composta por dois eixos-motrizes, com chassi articulado e com quatro pneus, que podem ser duplados para operações em terrenos sensitivos. É mais indicado para operações em terrenos planos e para o trabalho, em sua maioria, com árvores de pequeno e médio porte. Geralmente são máquinas que variam sua potência de 129 kW a 181 kW, com peso operacional variando de 11 a 16 toneladas.

Já a versão de esteiras pode operar em qualquer tipo de terreno, inclusive em terrenos sensitivos, pantanosos e inclinados. O mercado dispõe de modelos de pequeno, médio e grande porte, variando sua potência de 180 kW a 246 kW e peso operacional entre 22 e 38 toneladas. Alguns modelos possuem nivelamento da cabine, o que permite ao operador uma melhor visibilidade em operações de corte em terrenos com inclinação de até 50%. *Feller Bunchers* sem o sistema de nivelamento podem operar até 40% e os de pneus limitam-se a operar em terrenos com menos de 25% de inclinação. Este tipo de equipamento é recomendado para florestas de pequeno, médio e grande porte, Machado (2008).

Figura 5: *Feller Buncher* de rodas (a) e de esteiras (b).



Fonte: Tigercat Forestry.

2.2.4 Shovel Logger

Para a Tigercat (2011) e a John Deere (2011) um *Shovel Logger* é composto por uma máquina base que pode ter sido projetada e fabricada especificamente para operações florestais, ou pode ser o resultado de algumas alterações e adaptações realizadas em escavadeiras hidráulicas utilizadas na construção civil que muitas vezes são aplicadas na atividade florestal, com função de movimentar madeira.

De acordo com a Tigercat (2011), estas máquinas possui grande potência, força de giro, um braço, geralmente com longo alcance e acionado hidráulicamente, uma garra hidráulica na extremidade deste braço e um implemento que tem a função de suporte quando a garra trabalha com árvores compridas e pesadas. Este tipo de máquina é utilizado no Sistema de Árvores Inteiras (*Full-tree*), Sistema de Toras Compridas (*Tree-length*) ou ainda no Sistema de Árvores completas (*Whole-tree*).

Sua função dentro de um sistema de colheita florestal mecanizado é a de remover a madeira do local de corte, até a lateral da estrada ou pátio intermediário. Além desta principal função, um *Shovel Logger* é considerado uma máquina multifuncional, pois tem a capacidade de realiza diversas funções, como Rummer (2002) cita: função de coletar, agrupar e organizar árvores dispersas, construção de “*skidtrail*” trilhas ou caminhos construídos com a sobreposição de toras em terrenos pantanosos, permitindo assim o tráfego do *Skidder* neste tipo de terreno. Assim o *Skidder* desloca-se sobre as madeiras, diminuindo a pressão sobre o solo e conseqüentemente reduzindo danos a este. Auxilia na organização das árvores e

toras nas laterais da estrada e pode ainda ser utilizado no carregamento de caminhões.

O *Shovel Logger*, mostrado na Figura 6, é uma das soluções para terrenos de topografia irregular (aclives e declives), por isso alguns modelos possuem um sistema de nivelamento de cabine de forma a permitir a operação nestas situações de topografia, onde máquinas comuns como *Skidders* e *Forwarders* teriam dificuldades de operar ou até mesmo não chegariam, e para permitir maior estabilidade da máquina e a visibilidade do operador. Para solos macios, encharcados e pantanosos, alguns *Shovel Loggers* possuem esteiras largas para permitir uma melhor distribuição do peso da máquina sobre o solo. Assim aumentando sua capacidade de flutuação nestes tipos de solo.

Figura 6: *Shovel Logger* realizando remoção de madeira em áreas de declividade.



Fonte: Hitachi Forestry.

2.2.5 Skidder

O *Skidder* surgiu para o mercado como uma máquina para a atividade florestal na década de 60, sendo considerado um veículo versátil e forte, fácil de operar e econômico. Sua robustez e facilidade de manutenção e capacidade de trabalhar com uma ampla margem de tamanhos de árvores são algumas das outras razões de sua popularidade na América do Norte. (SEIXAS 2008)

De acordo com Machado et, al. (2008) o *Skidder* é um trator florestal articulado com tração 4 x 4, 6 x 6 e até 8 x 8, desenvolvido exclusivamente para o

arraste de árvores. Também existem modelos projetados e construídos sobre esteiras. Máquina projetada para operar no sistema de toras compridas executa o arraste dos feixes de árvores ou de toras da área de corte, até a margem da estrada.

Para Machado et al. (2008) a principal ferramenta de trabalho dos *Skidders* é uma pinça, ou também chamada de garra, localizada na sua parte traseira. Ela é acionada hidráulicamente de forma a coletar os feixes de árvores. Primeiramente, a pinça é posicionada próxima aos feixes e em seguida ela é aberta, abaixada sobre o feixe, fazendo a coleta e depois sendo fechada e suspensa até uma certa altura.

Machado et al. (2008) cita que na parte frontal a máquina apresenta uma lâmina que auxilia na limpeza de vias de acesso, remoção de algum obstáculo no talhão, entre outros.

No mercado é possível encontrar motores com potência que variam de 96 kW até 300 kW, e o peso variando entre 10 e 38 toneladas.

O desempenho operacional dessa máquina é alterado em função da distância de arraste. À medida que aumenta a distância de arraste para um mesmo volume de madeira, seu rendimento diminui. Existem outras variações de tipos de *Skidders* como:

Cable Skidders (máquinas que possui um guincho e cabos ao invés de pinça). *Clambunk Skidders* (máquina montada sobre o chassi de um *Forwarder*, composta por uma pinça invertida em sua parte traseira, e uma grua responsável pela colocação das árvores). O *Clambunk Skidders* pode operar em terrenos com um grau maior de inclinação do que os *Skidders*.

Para Forests and Rangelands (2011) a topografia limita o uso dos *Skidders*. É indicado que *Skidders* de rodas operem em terrenos de 30% a 40% (40% no caso de *skidders* 6x6 ou 8x8) a favor da inclinação e 10% contra a inclinação. Já os *Skidders* montados sobre esteiras podem operar em terrenos com 50% a favor da inclinação e 15% contra. A Figura 7 mostra dois modelos de *Skidders* de rodas realizando a atividade de arraste em área plana.

Figura 7: Skidder do tipo 6x6 (a) e 4x4 (b) realizando o arraste.



Fonte: o autor.

2.2.6 Clambunk Skidder

Machado et al. (2008) descreve o *Clambunk Skidder*, mostrado na Figura 8, como uma máquina destinada ao arraste de feixes de árvores do local de corte até as laterais das estradas ou pátio intermediário onde a madeira será processada. O carregamento é realizado por uma garra instalada na extremidade de um a grua, que coloca as árvores em uma pinça invertida com capacidade de carga que varia de 2 m² a 3,5 m². O arraste dos feixes de árvores é semelhante aos *Skidders*, com parte da árvore ficando em contato com o solo durante o arraste. É uma máquina de grande capacidade de carga e muito versátil, pois pode ser convertida em um *Forwarder* uma vez que a máquina base é a mesma na maioria dos casos. Podem extrair toras dispersas ou não e possui a capacidade de operar em área de declividade, comenta Machado (1984, apud SEIXAS, 2008).

Figura 8: *Clambunk Skidder* em operação.



Fonte: John Deere Forestry.

2.2.7 Stroke Delimber

Pulkki (2006) define *Stroke Delimber* como uma máquina autopropelida utilizada para remover os galhos das árvores. Hartsough et al. (1997) complementa dizendo que para isso, ela utiliza facas de desgalhamento.

Já para Forests and Rangelands (2011), um *Stroke Boom Delimber* define como um implemento montado em uma máquina base capaz de desgalhar árvores.

Sua estrutura é composta de uma máquina base montada sobre esteiras, um telescópio móvel com facas de desgalhamento fixado a um tubo ou túnel por onde a madeira possa passar e servir como sustentação para a mesma durante a atividade de desgalhamento.

Em alguns modelos existem dois rolos antes do tubo com função de tracionar e movimentar as árvores, já em outros modelos a movimentação da árvore é feita pelas próprias facas de desgalhamento. Na extremidade do telescópio existe uma serra na parte frontal, utilizada para fazer o corte das partes não aproveitáveis da árvore, como as ponteiros.

Geralmente o equipamento responsável por esta atividade é montado em escavadeiras florestais de médio e grande porte, pois a estrutura de um telescópio desgalhador de um *Stroke Delimber* pode pesar até 13.500 kg.

Thompson (2003) cita que a atividade realizada por este equipamento é basicamente o desgalhamento das árvores nas laterais das estradas. Esta máquina é utilizada nos sistemas de árvores inteiras nos países como Canadá e Estados Unidos. É indicado para o trabalho com árvores médio e grande porte, porém a atividade desempenhada por esta máquina vem sendo substituída pelos cabeçotes processadores de *Harvesters*.

Em um estudo realizado, o *Stroke Delimber* em um sistema utilizando *Feller* e *Skidder* e o *Stroke*, o resultado apresentado mostrou que o *Stroke Delimber*, representado na Figura 9, era a máquina limitadora de todo o sistema tendo um desempenho de desgalhar 88 árvores por hora (THOMPSON, 2003).

Figura 9: *Stroke Delimber* realizando desgalhamento.



Fonte: o autor.

2.2.8 Log Loaders (Carregador Florestal)

De acordo com Belmonte (2005) são máquinas basicamente responsáveis pela atividade de carregamento da madeira nos veículos de transporte nas margens das estradas. Inicialmente escavadeiras hidráulicas eram adaptadas para desempenhar esta atividade, mas atualmente o mercado vem substituindo as escavadeira por máquinas construídas realmente para o carregamento de madeira (MACHADO 2008).

Atualmente existem diversas variações e modelos de carregadores. Pode-se citar como exemplo: *Knuckleboom Loaders* (Figura 10) que são carregadores montados sobre chassi de caminhões ou carretas que além da atividade de carregamento, quando possuem certos implementos opcionais, também realizam a atividade de desgalhamento e corte da madeira.

Figura 10: *Knuckleboom Loader*.



Fonte: Caterpillar Forestry.

Log Loaders ou Carregadores Florestais são máquinas montadas sobre esteiras com um braço longo, para que seja possível o alcance de madeiras a maiores distâncias e uma garra de grande capacidade de carga em sua extremidade, com função exclusivamente de movimentar e carregar toras nos veículos de transporte, como comenta Machado (2008). A Figura 11 mostra um carregador em operação.

Figura 11: Carregador Florestal de esteiras (*Log Loader*).



Fonte: John Deere Forestry.

Garra Traçadora e *Slashers* são outras variações de um carregador florestal. O diferencial é que estes dois tipos de equipamentos realizam o traçamento (corte) da madeira no tamanho desejado antes de realizar o carregamento nos veículos de transporte.

Na Garra Traçadora (Figura 12) existe um conjunto de corte montado em sua garra. De acordo com Machado (2008) o uso deste tipo de equipamento tem se intensificado com a substituição da atividade de traçamento realizado por motosserristas. Ainda de acordo com o mesmo autor esta máquina trabalha próximo das margens das estradas, coletando os feixes de árvores e realizando o traçamento e formação de pilhas de toras, para posteriormente serem carregadas.

Figura 12: Garra Traçadora.



Fonte: John Deere Forestry.

No *Slasher*, mostrado na Figura 13, não há um conjunto de corte instalado na garra, mas há o que se chama de mesa traçadora. Uma estrutura de metal onde o Carregador com seu braço e sua garra, move a madeira até esta estrutura, depositando ali varias árvores até que um feixe seja formado. Na sequencia uma serra é acionada, realizando assim o corte simultâneo de todas as árvores que compõem o feixe.

Figura 13: *Slasher*.

Fonte: Komatsu Forest.

2.2.9 Picadores

Para Hartsough et al. (1997) e Pulkki (2006), um picador é projetado para produzir cavaco ou triturar árvores inteiras ou parte delas.

Como o próprio nome do equipamento sugere, Picadores Florestais são máquinas que possuem a função de picar a madeira de forma a transformá-la em

pedaços menores. Não são utilizados exclusivamente para picagem de madeira. Hoje são aplicados também na picagem de resíduos (galhos, cascas e folhas) para geração de biomassa. Porém, neste caso, utiliza-se com muito mais frequência os Trituradores (Figura 14).

Figura 14: Triturador de resíduos Morbark.



Fonte: Morbark.

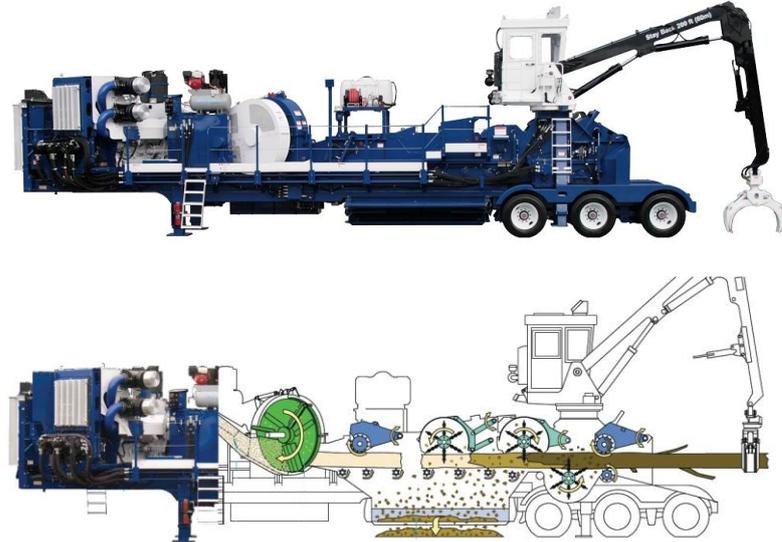
Forests and Rangelands (2011) define Picadores como máquinas capazes de reduzir árvores em pedaços menores de madeira (cavaco). Os tamanhos produzidos a partir da picagem são de acordo com o modelo e configuração de cada equipamento.

A partir do desenvolvimento destes equipamentos na década de 1980, muitas empresas na América do Norte passaram a utilizar esta máquina em seus módulos de colheita, pois alguns modelos de picadores são capazes de desgalar, descascar e picar a madeira, assim tornando-se viável produzir cavaco no campo a partir de árvores inteiras. Os picadores são as máquinas que caracterizam o sistema de colheita de cavaqueamento ou *Chipping* conforme é proposto por Machado (2008).

Um Picador Florestal de madeira, mostrado na Figura 15 é uma unidade móvel de produção de cavaco, geralmente tem sua potência entre 240 kW a 895 kW, com peso operacional que varia de 16.000 kg até 55.000 kg dependendo do modelo e configuração. Um picador é composto por um chassi que pode ser montado sobre esteiras ou sobre rodas, isso é decorrente do tamanho e peso da máquina. Pode conter ou não uma grua com uma garra em sua extremidade para realizar o manuseio das árvores, rotores localizados internamente, geralmente com correntes de metal girando em altas rotações, responsáveis por realizar o desgalhamento e descascamento de trocos múltiplos, um disco de corte com facas responsáveis pela

picagem da madeira. Um compartimento para separação dos resíduos (galhos, cascas e folhas) que são jogados lateralmente em relação ao picador.

Figura 15: Perfil do picador florestal Peterson 5000H.



Fonte: Peterson Pacific Corp.

A madeira, depois de picada, é conduzida por um tubo até ser jogada no local de descarregamento do cavaco, que pode ser diretamente em caminhões, conforme a Figura 16, ou em um local determinado. Alguns modelos possuem uma cabine totalmente fechada, à prova de intempéries por onde o operador opera a máquina por meio de controles eletrônicos do *joystick*. Esta é a configuração básica de um picador do tipo *Delimber Debarker Chipper* (Picadores Desgalhadores e Descascadores).

Figura 16: Picador Peterson 5000H picando Eucalipto.



Fonte: Peterson Pacific Corp.

Existem atualmente no mercado várias empresas fabricantes deste tipo de equipamentos.

2.2.10 Máquinas Combinadas

Há alguns anos vem sendo desenvolvidas e testadas combinações de máquinas florestais para que um único equipamento possa realizar duas ou mais funções, ou até mesmo todas as atividades de colheita, desde o corte até o carregamento nos veículos de transporte.

Atualmente, o mercado tem disponível estes tratores com múltiplos propósitos, concentrando todas as funções em um só chassi e necessitando de apenas um operador (LEITE; LIMA, 2008).

2.2.10.1 *Harwarder*

Nas operações de extração de madeira com *Forwarder*, as atividades de carregamento e descarregamento correspondem de 50 a 75% do tempo gasto. Com o intuito de reduzir esse tempo, um sistema integrando tem sido desenvolvido nos últimos anos (SEIXAS, 2008).

“*Harwarder*” (Figura 17) é a combinação de um *Harvester* e um *Forwarder* capaz de realizar a atividade de corte, processamento (desgalhamento e traçamento da madeira), carregamento, extração e descarregamento. Desta forma todas as atividades de colheita são realizadas por um único equipamento.

Figura 17: *Harwarder* Valmet (Komatsu Forest) 801 Combi.



Fonte: Komatsu Forest (Valmet).

As principais vantagens deste equipamento estão relacionadas ao fato de que o processamento pode ser realizado direto na caixa de carga da máquina. De acordo com Machado (2008), assim evita-se perdas de tempo com o recolhimento e carregamento das toras deixadas no chão da floresta, menor frequência de tráfego das máquinas, conseqüentemente menos danos ao solo (MACHADO, 2008), os custos são minimizados pelo fato de se utilizar um único equipamento para realizar toda a atividade e a flexibilidade operacional em operações de desbaste.

O “*Harwarder*” (Figura 18) pode competir com o sistema “*Harvester + Forwarder*” se o tempo gasto com transporte não for uma fração muito grande do tempo total. (MACHADO; SEIXAS, 2008).

Figura 18: *Harwarder* TimberPro TF840.



Fonte: TimberPro.

2.2.10.2 Feller-Skidder

O *Feller-Skidder*, de acordo com a TimberPro (2011), é uma máquina com o *Harwarder*. Porém diferentemente do *Harwarder* que é capaz de realizar todas as atividades, o *Feller-Skidder* é uma máquina combinada para realizar as atividades de corte e arraste (Figura 19).

Figura 19: *Feller-Skidder* em operação.

Fonte: TimberPro.

Com um cabeçote de corte a máquina realiza o corte das árvores e em seguida, elas podem ser colocadas diretamente no implemento (pinça invertida) para o arraste ou podem ser colocadas no chão para que feixes sejam formados. Então, a pinça realiza o recolhimento e arraste até a lateral da estrada onde a atividade de processamento será realizada por outro equipamento. Assim como em outras máquinas combinadas, as vantagens estão relacionadas ao tráfego reduzido de equipamentos, conseqüentemente menos impacto é causado ao solo e a opção de realizar o carregamento direto na máquina, no caso do *Feller-Skidder* com pinça invertida, obtendo assim ganho de tempo.

2.2.11 *Slash Bundler* (Enfardadeira)

Desde a década de 90 as empresas fabricantes de máquinas e equipamentos florestais têm desenvolvido tecnologias para o enfardamento de resíduos da colheita florestal para serem utilizados como biomassa para a geração de energia.

Para Leinonen (2004) este equipamento (Figura 20) é responsável pela coleta e enfardamento de resíduos deixados após a colheita. O implemento responsável por esta atividade pode ser montado sobre um *Forwarder* ou sobre o chassi de caminhões.

Figura 20: *Slash Bundler* montado em *Forwarder*.



Fonte: John Deere Forestry.

No caso da montagem sobre *Forwarders* a máquina se move pelo interior dos talhões coletando e enfardando os resíduos, deixando assim fardos de 3 metros de comprimento e com diâmetro variando de acordo com a necessidade operacional, podendo chegar até 80 centímetros. Um *Slash Bundler* tem a capacidade de produzir cerca de 20 fardos por hora, descreve Leinonen (2004) e a John Deere Forestry (2011). Os fardos produzidos são deixados no talhão para serem removidos posteriormente por um *Forwarder*, cita Machado (2008).

2.2.12 *Timber Hauler* (Caminhão Autocarregável)

O *Timber Hauler* é formado por uma máquina articulada com compartimento de carga, podendo ou não ter uma grua para realizar o carregamento e descarregamento, transportando toras de local de corte para a indústria (MACHADO, 2008).

De acordo com Machado (2008) o *Timber Hauler* é um caminhão dimensionado para o carregamento, transporte e descarregamento de madeira de curta distância. Seixas (2008) cita que este equipamento é utilizado para transporte de madeira de aproximadamente 12 km.

Machado (2008) descreve o ciclo deste equipamento iniciando-se com a coleta da madeira no interior do talhão com o movimento da grua, em seguida o veículo se desloca em direção às laterais das entradas onde a madeira será depositada. Realizando a extração como um *Forwarder* ou em uma outra situação o

equipamento pode coletar a madeira empilhada nas laterais da estrada e realizar o transporte até o centro de consumo.

O *Timber Hauler*, mostrado na Figura 21, possui geralmente um motor de 265 kW de potência, capacidade de carga de 40 a 60 toneladas, dependendo da configuração. Devido a isso trafega com limitações legais e de uso exclusivo em estradas particulares, comentam Seixas e Machado (2008).

Figura 21: *Timber Hauler* sem grua (a) e com a grua (b).



Fonte: Bell Equipment.

2.2.13 Walk Machine

A *Walk Machine* ou “máquina que caminha” foi um projeto idealizado pela empresa Plustech, uma empresa subsidiária da Timberjack, atualmente John Deere Forestry. A máquina é um *Harvester* articulado que, em vez de possuir rodas ou esteiras para se deslocar, possui seis pernas articuladas independentes que permitem à máquina se mover para frente, para trás, lateralmente e diagonalmente, como cita Machado (2008). O controle de todas as funções da máquina é feito por *joysticks* e computadores de bordo. A máquina (Figura 22) realiza as atividades de corte e processamento (desgalhamento e traçamento) como um *Harvester* qualquer.

De acordo com Machado (2008) o operador pode ajustar a altura e distância de cada passo da máquina de acordo com os obstáculos encontrados no terreno.

O mesmo autor cita que o desenvolvimento deste equipamento tinha como principal objetivo melhor estabilidade de funcionamento com o mínimo impacto causado no terreno. Seixas (2008) complementa que este tipo de equipamento tem maior adaptabilidade a condições adversas do terreno, superação de obstáculos e proporcionando maior conforto ao operador.

Owende et al. (2002) menciona que o equipamento é ótimo para operações em solos macios e áreas sensíveis.

Figura 22: Walk Machine *Harvester Timberjack* - Plustech



Fonte: John Deere Forestry (Plustech Oy.).

2.3 OS SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA

O processo de mecanização das atividades de colheita de madeira tem sofrido, nas últimas décadas, inúmeras abrangências e modificações de forma a abranger diversas variações que surgiram no decorrer dos anos, as quais são influenciadas pela oferta de mão de obra, mercado do produto final, taxas, custos operacionais entre outros.

Assim, a colheita mecanizada, além de racionalizar a evolução dos custos, tem proporcionado consideráveis reduções de mão de obra à curto prazo, aumento da produtividade, humanização do trabalho florestal, maior qualidade no produto final e ainda reduzindo consideravelmente os impactos ambientais gerados pela operação de colheita.

O sistema de colheita de madeira compreende de um conjunto de elementos e atividades que envolvem a cadeia de produção e todas as demais atividades parciais desenvolvidas que vão desde a derrubada da árvore até a madeira posta no pátio da indústria transformadora. Assim, para que um sistema obtenha sucesso é

necessário que todos os elementos que o compõe atinjam o mesmo objetivo e obedecendo a hierarquia e o *input*. Portanto pode-se definir sistema como: a planificação, método e ordenamento das atividades a serem realizadas.

Assim, Machado (2008) define sistemas de colheita florestal como um conjunto de atividades integradas entre si que permitem o fluxo constante de madeira, evitando-se os pontos de estrangulamento, levando os equipamentos a sua máxima utilização.

Mac Donagh (2002) descreve os sistemas de colheita como sendo a ligação existente entre matéria-prima (os povoamentos florestais) e as indústrias de transformação da madeira, por meio do conjunto de operações responsáveis pelo abastecimento das indústrias.

De acordo com Malinovski (1981, apud MALINOVSKI, 2007) um sistema de colheita florestal é o conjunto de operações relacionadas entre si, que contribuem para alcançar um objetivo comum e, é definida por uma sequência, um local e um objeto de trabalho, que envolve toda a cadeia de produção, ou seja, todas as atividades realizadas.

Ferramentas, máquinas, equipamentos e número de pessoas envolvidas na atividade de colheita se baseiam de acordo com o sistema utilizado. A forma com que a madeira é depositada na estrada, ou no pátio intermediário e a quantidade de processos que ocorrem após o corte final da árvore define o método de colheita (PULKKI, 2006).

Machado (2008) descreve que os sistemas de colheita podem variar de acordo com vários fatores, dentre eles: topografia do terreno, rendimento volumétrico do povoamento, tipo de floresta, uso final da madeira, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis.

Os sistemas de colheita de madeira podem variar de acordo com os tratamentos silviculturais, relevo, clima, tipo de solo, sortimento, capital de investimento, disponibilidade de mão-de-obra, volume a ser produzido e outros fatores de influência (MAC DONAGH, 1994).

Atualmente a forma de se classificar um sistema de colheita, inclusive sendo utilizada internacionalmente, baseia-se no comprimento da madeira processada. De acordo com Malinovski e Malinovski (1998) e FAO (1974, apud MACHADO, 2008) os sistemas de colheita podem ser classificados quanto à forma da madeira e quanto ao comprimento das toras na fase de extração até o local onde é realizado o

processamento final da madeira e também quanto ao grau de mecanização das atividades.

Kantola e Harstela (1994, apud MALINOVSKI et al. 2006) afirmam que os principais fatores que influenciam na produtividade dos equipamentos utilizados e que definem as características do sistema de colheita de madeira mais apropriado são: clima, tipo de solo e relevo, espécie das árvores e suas dimensões, infraestrutura local, estado de desenvolvimento, e outros.

De maneira geral, todos os componentes de um sistema devem contribuir para a realização de um objetivo comum. Atualmente existem vários tipos de sistemas de colheita de madeira utilizados em todas as partes do mundo, cada um com suas características e particularidades.

Machado (2008) propôs basicamente a seguinte classificação dos sistemas de colheita de madeira:

- Sistema de Toras Curtas (*Cut-to-length*);
- Sistema Fustes (*Tree-length*);
- Sistema de Árvores Inteiras (*Full-tree*);
- Sistemas de Árvores Completas (*Whole-tree*);
- Sistema de Cavaqueamento (*Chipping*).

2.3.1 Sistema de Toras Curtas (*Cut-to-length*)

Para Machado (2008) este sistema é caracterizado pelo processamento da árvore no próprio local de corte e derrubada, sendo no mesmo local realizada a operação de processamento que é composta pelo desgalhamento e descascamento (quando houver a necessidade) e ainda o corte das árvores em toras com base em medidas previamente determinadas. Todas estas atividades descritas são realizadas no interior do talhão. As toras apresentam comprimento que pode variar de 1 metro a 7 metros. O comprimento em que a madeira é cortada depende de sua finalidade na indústria, da capacidade e dimensão das máquinas de baldeio e ainda dos veículos (caminhões) de transporte. Após estas atividades a madeira é transportada para a margem da estrada ou pátio temporário por outra máquina, como por exemplo, um *Forwarder*. O sistema é representado pela Figura 23.

De acordo com Malinovski e Malinovski (1998), o sistema de toras curtas é amplamente empregado porque exige menor grau de mecanização, facilita o deslocamento a pequenas distâncias, diminui a agressão ao meio ambiente e apresenta a possibilidade de ser utilizado nas operações de desbastes. E outra vantagem está relacionada à baixa agressão ao meio ambiente principalmente em relação ao solo (MALINOVSKI; MALINOVSKI 2002).

Para Nurminen, Korpunen e Uusitalo (2006) o sistema *Cut-to-length* é considerado ambientalmente correto, versátil e seguro e ainda fornece o produto final com mais qualidade do que outros sistemas. Suas principais vantagens, de acordo com Blinn et al. (2000, apud LEINONEN, 2004), afirmadas por Seixas (2008) são as seguintes:

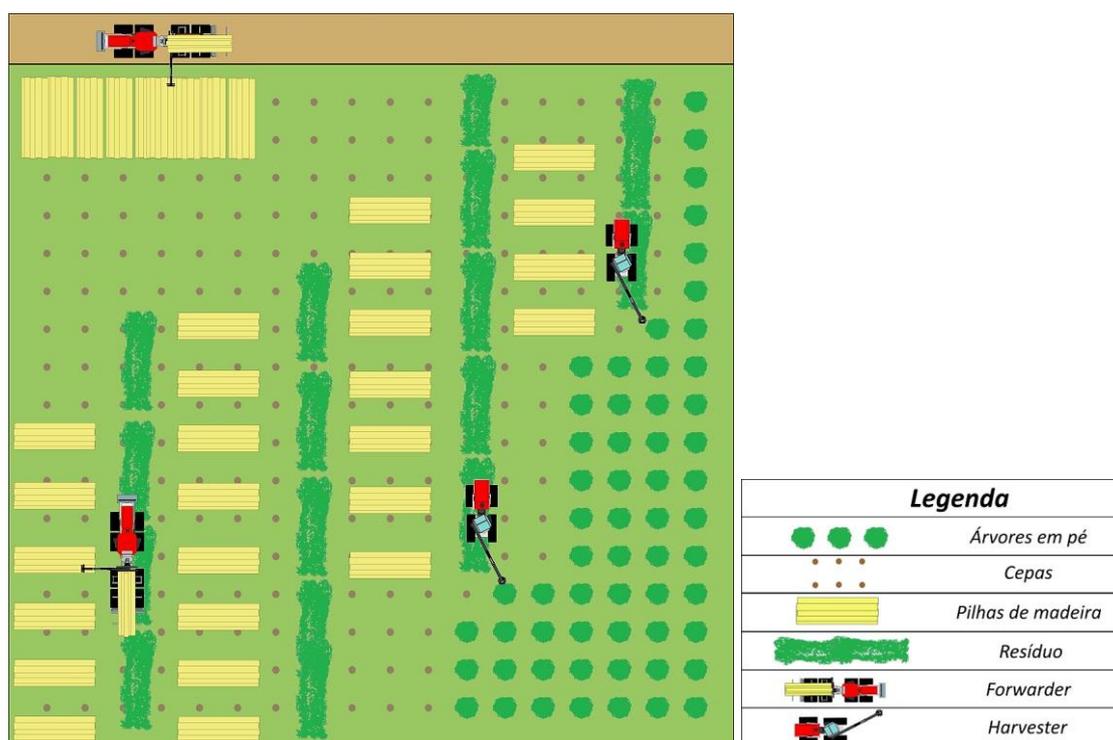
- Adequado para operações de regeneração;
- Pode trabalhar de maneira eficiente em florestas de menor porte, pois neste sistema há somente duas máquinas para mover nos povoamentos;
- Demanda menos espaço para estocagem de madeira nas laterais das estradas;
- É muito bem adequado para desbastes, pois processa árvores em toras com menor comprimento no local do corte, minimizando danos ao povoamento remanescente e reduz a remoção de nutrientes, pois os resíduos (galhos, cascas e folhas) são deixados no povoamento;
- Não há necessidade da criação de trilhas de arraste e os carregadores utilizados podem ser estreitos e alternados;
- Os equipamentos trabalham bem em áreas mais úmidas e solos sensíveis em virtude da sua capacidade de trafegar sobre uma camada de resíduos produzida pelo próprio *Harvester* durante a operação de corte e processamento;

Para Malinovski et al. (2002), é o principal sistema de colheita utilizado nos países escandinavos e o mais antigo sistema de colheita empregado no Brasil.

Este sistema ainda possui outras nomenclaturas como: *Short-wood* e *Log-length*, porém a nomenclatura *Cut-to-length* é conhecida internacionalmente.

As principais máquinas utilizadas neste sistema de colheita são: *Harvester*, *Forwarders*, Autocarregáveis e *Skidders* de cabo (*piggyback*).

Figura 23: Desenho representativo do sistema de toras curtas.



Fonte: o autor.

2.3.2 Sistema de Toras Longas ou Fuste (*Tree-length*)

De acordo com Machado (2008) neste sistema a árvore é semi-processada (desgalhamento e destopamento) no local de derrubada e levada para a margem da estrada ou pátio temporário em forma de fuste com mais de 7 metros de comprimento (Figura 24). A operação de traçamento é realizada à beira da estrada que circunda o talhão ou pátio intermediário de processamento, cometa Seixas (2008). É um sistema muito utilizado, desde terrenos acidentados até terrenos completamente planos.

Este sistema tem sua origem nos países norte-americanos, onde cerca de 90% de toda a colheita de madeira até o ano de 1996 era realizada por esse sistema (MACHADO, 2008).

Algumas das principais justificativas da utilização desse sistema de colheita de madeira é que quando comparado com o sistema anterior (*cut-to-length*), este possui um menor custo por tonelada de madeira posta no pátio. Na região Sul do

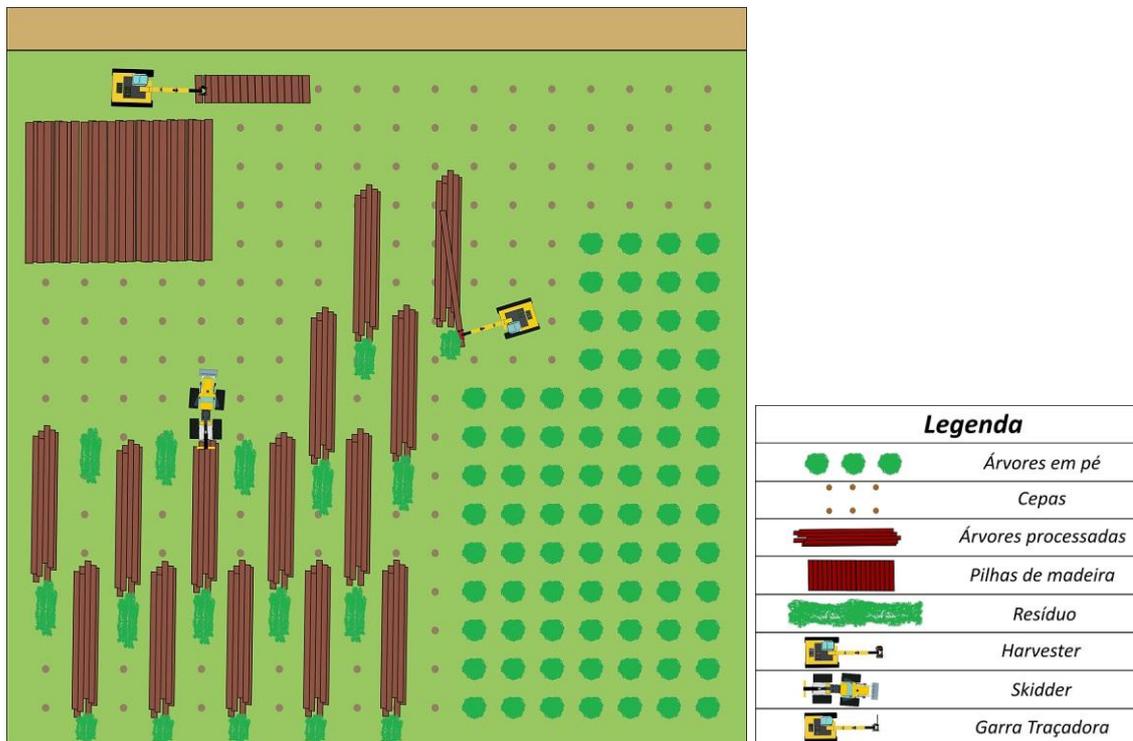
Brasil empresas fazem do uso desse sistema em suas operações de colheita, principalmente nas operações de corte.

As vantagens destes sistemas de colheita são praticamente as mesmas do sistema de árvores inteiras, porem existem algumas adicionais como: Blinn et al. (2000, apud LEINONE, 2004):

- Os galhos e ponteiros as árvores são deixados no local de corte, diminuindo a remoção de nutrientes;
- É bem adequado para operações de corte raso;
- Pode ser utilizado durante cortes parciais onde as trilhas de arraste sejam largas e retas o suficiente para o tráfego das máquinas porque as árvores são desgalhadas e destopadas no local de corte.

As máquinas mais utilizadas neste sistema são: *Feller Bunchers*, *Harvesters*, *Skidders*, *Clambunk Skidders*, *Slashers*, Garra Traçadora.

Figura 24: Desenho representativo do sistema de toras longas.



Fonte: o autor.

2.3.3 Sistema de Árvores Inteiras (*Full-tree*)

A utilização desse sistema de colheita de madeira implica na remoção da árvore de uma forma inteira, mas sem as raízes, como operação posterior ao corte da árvore. As demais atividades, como o processamento da madeira são realizadas nas laterais do talhão (Figura 25). Machado (2008) cita que neste sistema a árvore é cortada, derrubada e levada até as laterais das estradas onde será processada.

Este sistema requer elevado índice de mecanização e um maior número de máquinas se comparado aos modelos anteriores. Geralmente é aplicado para a colheita de árvores de grande porte, assim necessita de máquinas equipamentos especialmente dimensionados para esse tipo de trabalho (SALMERON, 1980). Pode ser utilizado tanto em terrenos acidentados quanto em terrenos planos. Segundo Lira Filho (1993, apud PENNA, 2009) esse sistema de colheita vem sendo muito empregado com sucesso na colheita de florestas plantadas de coníferas.

Se houver o interesse do uso de biomassa produzida pelas árvores para geração de energia, este sistema é altamente indicado uma vez que todo resíduo (folhas, galhos e cascas) ficará disposto na lateral da estrada, facilitando assim o processo de produção de biomassa ou ainda quando há necessidade de classificação das toras (sortimentos).

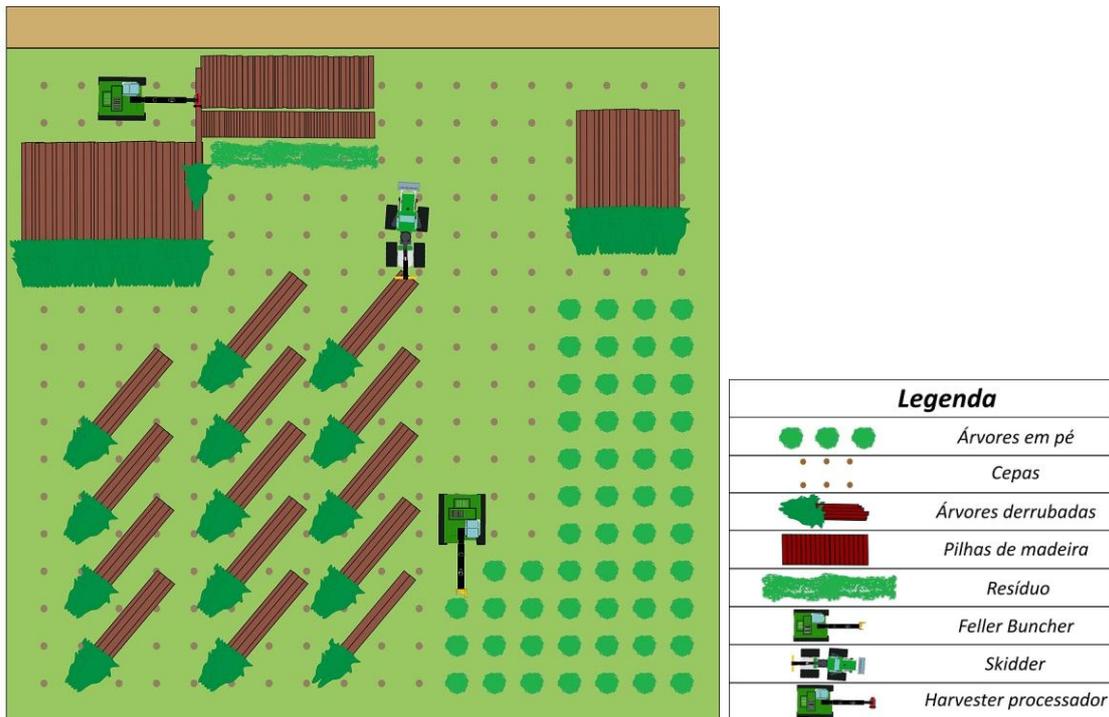
O aspecto negativo refere-se ao transporte de nutrientes que é feito através da biomassa na maior parte das vezes utilizada como fonte de energia, exigindo-se a recomposição dessa perda por meio de adubação e reposição de nutrientes.

Algumas vantagens básicas deste sistema são Blinn et al. (2000, apud LEINONEN, 2004):

- É adequado para desbastes e cortes de regeneração;
- Pode manusear de maneira eficiente uma variedade de tamanhos de árvores;
- É bem projetado para operações em terrenos com declive.
- Altamente indicado para trabalhos com sortimentos de madeira.
- Facilita as operações do plantio futuro, uma vez que o local da colheita fica livre de resíduos (galhos, folhas e cascas).

As máquinas utilizadas neste sistema de colheita são geralmente: *Feller Bunchers*, *Harvesters*, *Skidders*, *Clambunk Skidders*, *Stroke Delimbers*, *Knuckleboom Loaders*, *Slashers* e Garra Traçadora.

Figura 25: Desenho representativo do sistema árvores inteiras.



Fonte: o autor.

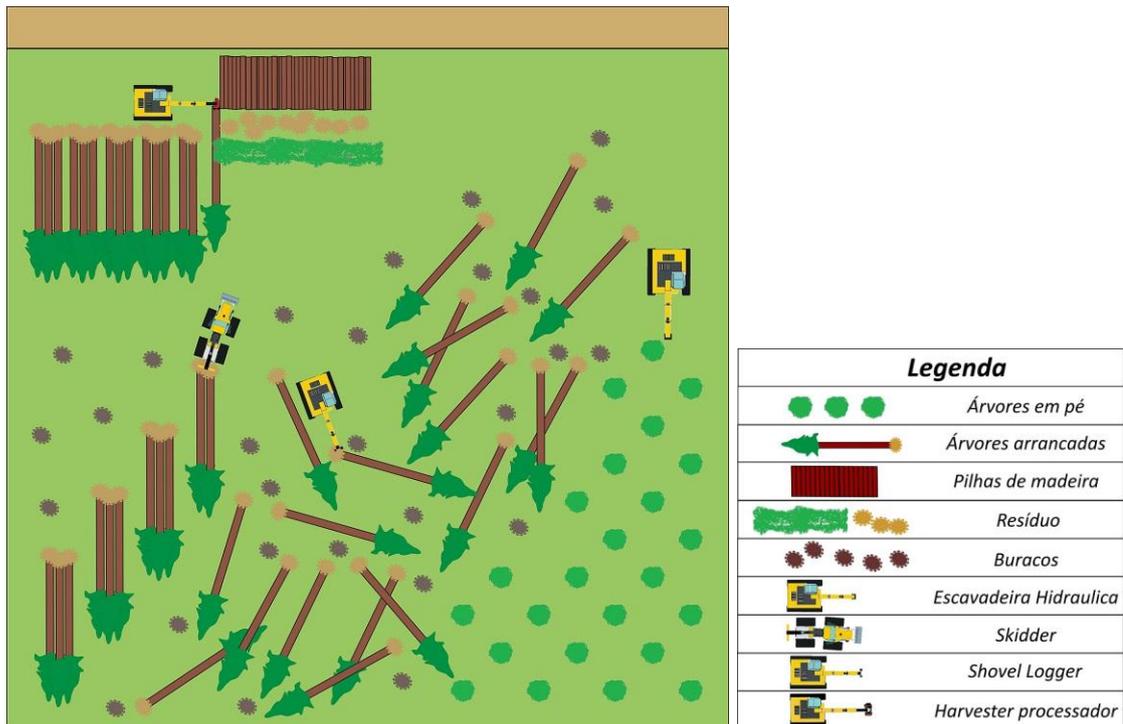
2.3.4 Sistema de Árvores Completas (*Whole-tree*)

Segundo Machado (2002), Malinovski e Malinovski (1998) e Pulkki (2006), este sistema tem como característica a retirada das árvores de forma inteira, inclusive a retirada de seu sistema radicular, de forma a utilizar toda a árvore (Figura 26). Este sistema é indicado somente nos casos onde as raízes apresentam valor comercial, como nos casos de árvores com alta concentração de resina nos potenciais tocos ou árvores consideradas medicinais, e ainda quando se deseja utilizar a raiz da árvore como biomassa.

A adoção desse sistema exige condições topográficas, edáficas, e climáticas favoráveis MACHADO (1989, apud PENNA, 2009). Atualmente existem poucas tecnologias apropriadas para o uso desse sistema, uma vez que a retirada da árvore com raiz é uma atividade difícil, trabalhosa e requer grande potência dos equipamentos.

De acordo com Penna (2009) o arraste das árvores com o sistema radicular causa danos mais severos às brotações quando comparado ao sistema de colheita de árvores inteiras.

Figura 26: Desenho representativo do sistema de árvores completas.



Fonte: o autor.

2.3.5 Sistema de Cavaqueamento (*Chipping*)

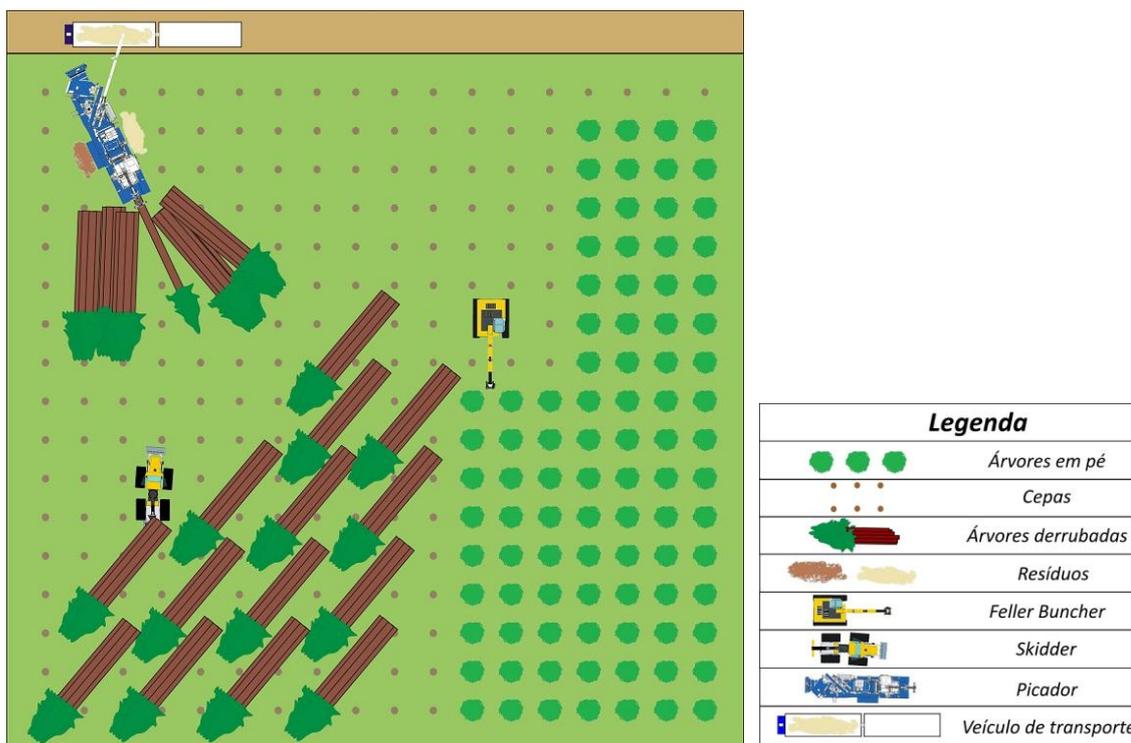
As árvores são cortadas, derrubadas e removidas para a lateral do talhão, onde será realizada a atividade de desganhamento, descascamento e transformação da madeira em cavaco por picadores florestais móveis de campo (Figura 27).

No início da década passada, havia cerca de 100 operações de produção de cavaco no campo na América do Norte, com capacidade de produzir 6 milhões de toneladas de cavaco por ano (WATSON et al., 1991). Atualmente existe um interesse de empresas brasileiras por este sistema de colheita. O investimento necessário para a implantação de um sistema de produção de cavaco no campo pode ser um dos principais limitantes.

O cavaqueamento pode ser processado basicamente de três formas de acordo com Machado (1985, apud MACHADO, 2008):

- Cavaqueamento verde: composto por madeira com galhos;
- Cavaqueamento marrom: composto por madeira com casca (sem galhos);
- Cavaqueamento branco: formado apenas por madeira sem galho e sem casca.

Figura 27: Desenho representativo do sistema de cavaqueamento.



Fonte: o autor.

Hoje, devido à grande quantidade de máquinas e equipamentos disponíveis no mercado responsáveis por realizar as atividades corte e extração, as empresas podem formar vários conjuntos e métodos de colheita que podem ser empregados, cabendo a cada empresa optar por aquele que seja mais adequado às suas necessidades (JACOVINE et al., 2005).

2.4 PLANEJAMENTO DA COLHEITA

Para Simões (2008) antes de iniciar as atividades operacionais dentro de um povoamento florestal se faz necessário esclarecer idéias básicas de suas ações e propósitos requerendo, assim, objetivos formulados e ordenados numa sequência cronológica. Desta forma, pode ser formulada e adotada a estratégia apropriada para a colheita de madeira de modo a conduzir as atividades para que ocorra o cumprimento das metas estabelecidas (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

A colheita florestal é o conjunto de atividades que visam derrubar, extrair e fazer sortimentos da madeira, atividades ligadas ao planejamento de longo prazo,

planejamento operacional, sistema de extração, consumo das unidades industriais, de vendas e ao meio ambiente (ZAGONEL, 2005).

De acordo com Penna (2010), a complexidade de colheita florestal deve-se à dificuldade de controlar de forma simultânea um grande número de variáveis oriundas de fatores técnicos, operacionais, ambientais, econômicos e ergonômicos. Assim para que a colheita florestal possa ser controlada e manejada de forma a proporcionar melhores resultados, deve-se lançar mão de um bom trabalho de planejamento (MACHADO; LOPES, 2008).

Para Malinovski (2007), é essencial o planejamento da colheita, pois desta forma é possível colocar todos os sistemas e métodos juntos, identificando e resolvendo seus conflitos, reconhecendo suas restrições e particularidades, ordenando os recursos de forma antecipada.

Por meio de planejamento, pode-se organizar, racionalizar, otimizar as operações de colheita e torná-la ambientalmente correta (MACHADO; LOPES, 2008).

Assim, os mesmos autores citam que o principal objetivo da realização do planejamento florestal é abordar todos os fatores e variáveis que possam interferir nas operações de colheita, de forma a antecipar os problemas. É importante identificar e analisar as variáveis envolvidas com antecedência, para que os impactos delas sobre a produção e o os custos sejam estimados e as eventuais modificações necessárias sejam efetuadas de forma antecipada, antes do início das operações.

Os mesmos autores citam que, para a atividade seja competitiva, a colheita necessita realizar operações com o menor custo possível. Desta forma outros objetivos necessitam ser considerados, entre os quais:

- a) Elevar os índices de produtividade.
- b) Melhorar os níveis de eficiência operacional.
- c) Garantir o fluxo regular de abastecimento.
- d) Manter o reduzir os estoques de madeira.
- e) Minimizar os impactos ambientais.
- f) Garantir a segurança e ergonomia no trabalho.
- g) Melhorar os padrões de qualidade do produto e serviço.
- h) Atender aos critérios de certificação.
- i) Garantir a satisfação dos clientes internos e externos.
- j) Reduzir os custos operacionais e de produção. (MACHADO, 2008, p. 191).

Malinovski (2007) comenta que o exercício do planejamento tende a reduzir a incerteza envolvida no processo, ocorrendo o aumento da probabilidade de alcance dos objetivos propostos.

O planejamento, para Kantola e Harstela (1994), pode ser a curto, médio e longo prazo, de acordo com as bases no manejo. Assim, a produção de madeira deve ser conhecida, a fim de se formular atividades silviculturais, bem como a colheita da madeira. De acordo com o autor isso pode ser implantado na base de inventário florestal. Desta forma, a empresa terá acesso a diversos dados, como tipo de solo, localização geográfica e dados climáticos. O autor ainda comenta que são fornecidas informações quanto aos tipos de sortimentos comercializáveis e suas produções por hectare.

2.5 OPERAÇÃO DE CORTE

Machado (2008) comenta que o corte é a primeira operação da colheita florestal a ser realizada em um maciço florestal e esta operação tem grande influência nas operações subsequentes. Já Greudlich et al. (1996), definem a operação de corte como sendo a primeira fase de preparação da árvore para o mercado. Para Pulkki (2006) a operação de corte é a separação da árvore do toco a partir de seu lugar de crescimento. Compreende as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento e empilhamento (SANT'ANNA, 2002).

A operação de corte pode ser realizada de forma manual, por meio do uso de ferramentas como o machado e serrote; de forma semimecanizada, com a utilização de equipamentos como as motosserras; e de forma mecanizada, onde é empregada nesta atividade máquinas florestais.

As principais características da tecnologia de colheita dependem dos custos dos equipamentos e mão de obra, habilidade dos trabalhadores, localização e topografia das áreas florestais e da infra-estrutura. Tudo isso é necessário para que se possa minimizar ao máximo os custos da atividade, otimizar a produção, obter elevados índices de rendimento e a redução dos impactos ambientais gerados pela operação.

Os principais fatores que podem interferir no corte são: o diâmetro das árvores, densidade do povoamento, a declividade do terreno, o tipo de equipamento utilizado, a situação do sub-bosque, formato do fuste e a capacidade de treinamento do operador (CANTO, 2006).

Neste tipo de planejamento os fatores que devem ser levados em consideração são: terreno, vias de extração, distância de extração, métodos de trabalho e direção dos ventos.

Um dos principais itens levado em consideração durante o planejamento de uma operação de corte é o direcionamento de queda das árvores durante a derrubada. As faixas e direção de queda são planejadas de acordo com o *layout* do talhão e das rotas de extração, o que inclui também a sequência de derrubada das árvores.

2.5.1 Corte Mecanizado

Em um sistema de colheita de madeira mecanizado, o corte das árvores é realizado por diversos tipos e tamanhos de máquinas. Estas máquinas são capazes de desempenhar todo o tipo de atividade necessária dentro do ciclo de colheita de madeira. De acordo com Sant'Anna (2008) o corte de florestas plantadas no Brasil é realizado com diversas máquinas de fabricação nacional e máquinas importadas.

São equipamentos mecânicos acionados de forma hidráulica e que possuem todo o controle de suas funções por meio de sistemas automatizados.

De acordo com Machado (2008) o processo de mecanização teve início na América do Norte e nos países escandinavos, na década de 50. Já no Brasil este processo teve início na década de 70, quando a indústria nacional começou a produzir os primeiros maquinários de porte leve. Neste período começaram a ser utilizados *Skidders*. Na década de 80 vieram os primeiros *Feller Bunchers* de tesoura e de sabre, montados em triciclos.

Uma das primeiras máquinas utilizadas no corte de árvores era o "cortador/acumulador" (*Feller Buncher*), característico de sistemas de colheita de madeira da América do Norte. Em função da demanda buscou-se o desenvolvimento de um modelo de colhedora ("*harvester*") nacional (AMABILINI, 1991), mas não

houve como competir com os já tradicionais fabricantes da Escandinávia e América do Norte.

O mercado brasileiro de equipamentos florestais de maior porte é proveniente principalmente através da importação de máquinas e componentes mecânicos e por um pequeno número de fabricantes nacionais. Atualmente as principais linhas de equipamentos utilizados nesta operação são tratores empilhadores “*Feller Bunchers*”, “*Feller Direcional*” e derrubadores com cabeçotes processadores (“*Harvesters*”), Malinovski; Malinovski (1998) e Hakkila et al. (1992, apud ZAGONEL, 2005).

O corte mecanizado possui algumas vantagens quando comparado com o corte manual e semimecanizado, entre as principais estão o alto rendimento individual, maior conforto e segurança do operador e possibilidade do trabalho em turnos. Já as principais desvantagens são: limitação do diâmetro de corte (máximo), elevado investimento inicial, exigência de boa estrutura de manutenção, limitação de atuação em certos tipos de terreno, exigência de boa estrutura e manutenção, são aspectos negativos desse método (SANT’ANNA, 2002).

Para Seixas (2002), a busca da produção intensiva com máquinas de elevado custo aquisitivo aumentou a preocupação com os aspectos de disponibilidade mecânica e eficiência operacional.

Uma prova da crescente mecanização da atividade de corte é citada por Wästerlund (1994, apud ALVES; FERREIRA, 1998). De acordo com os autores nas empresas florestais da Escandinávia, cerca de 50% das operações de derrubadas eram feitas com motosserras até inícios da década de 1980 e atualmente este método representa menos de 5% do total. Nas operações de desbaste a mecanização das atividades de corte e processamento foi mais difícil implantar, mas o desenvolvimento de *Harvesters* de pequeno porte, em meados da década de 1980, tornou isso possível. Atualmente mais de 70% dos desbastes são completamente mecanizados.

2.5.1.1 Corte Mecanizado com *Feller Buncher*

Um *Feller Buncher* é caracterizado por uma máquina projetada e construída com a finalidade única de realizar o corte, derrubada e empilhamento de árvores. (MACHADO; 2008). Sua estrutura (Figura 28) é constituída basicamente de uma

máquina de esteiras ou de pneus, com um implemento frontal que realiza o corte, acumula várias árvores (quando o implemento possui esta função de formação de feixes) e em seguida é possível mover as árvores para qualquer direção desejada mesmo depois de realizado o corte. Então se direciona a queda das árvores até que elas toquem o chão.

Para Laranja et al. (2009) O *Feller Buncher* é um trator florestal cortador-acumulador estando disponíveis nas versões de pneus ou esteiras. É responsável pelo corte das árvores, acumulando-as em sua garra e posteriormente, realizando seu empilhamento (formação de feixes). Belmonte (2005) complementa que além das máquinas de pneus (com quatro rodas) e esteiras, o mercado disponibiliza *Feller Bunchers* no formato de triciclos.

Figura 28: *Feller Buncher* de esteiras.



Simões (2008) e Bertin (2010) descrevem o ciclo de atividades do *Feller Buncher* iniciando-se com o corte das árvores, segurando-as em seu cabeçote de corte com o auxílio de garras coletoras à altura do DAP (altura média do peito) da árvore posteriormente estas eram acumuladas e assim os feixes de árvores eram formados (Figura 29).

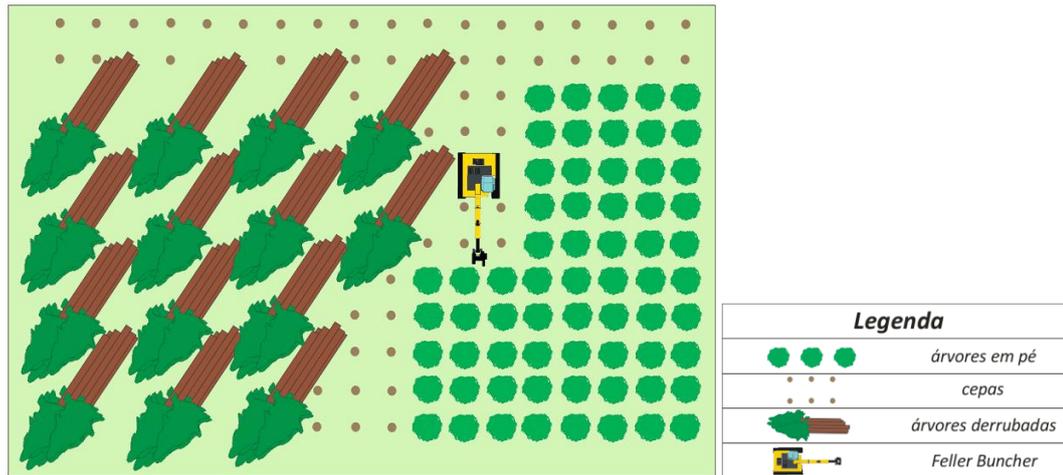
Figura 29: *Feller Buncher* realizando atividade de corte (a) e derrubada (b).



Fonte: o autor.

Ainda de acordo com os mesmos autores, o eito de corte era composto por três linhas de plantio de árvores. A derrubada das árvores era realizada há poucos metros do local de corte, com a queda de forma direcionada para o lado oposto do plantio com as árvores em pé, formando um ângulo de 45° em relação ao alinhamento do plantio (Figura 30).

Figura 30: Planificação da atividade do *Feller Buncher*.



Fonte: o autor.

Os implementos utilizados no corte realizado por este tipo de máquina podem ser três: sabre, tesoura ou disco (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998), conforme mostrado na Figura 31. Os cabeçotes de corte com disco são divididos em dois tipos, os de disco com rotação contínua e os de rotação intermitente. Os cabeçotes de rotação contínua mantêm o disco girando o tempo todo durante a operação. Já os cabeçotes de rotação intermitente ativam o disco de corte apenas quando o cabeçote está posicionado e pronto para realizar o corte da árvore desejada.

Figura 31: Diferentes tipos de ferramentas de corte.



2.5.1.2 Corte Mecanizado com *Harvester*

Machado (2008) afirma que o nome *Harvester* em sua origem na língua inglesa e significa: colhedor, ou seja, uma máquina florestal que faz a colheita de árvores de forma mecânica (Figura 32).

Malinovski e Malinovski (1998) descrevem o *Harvester* como um trator florestal capaz de cortar, derrubar, desgalhar, descascar (quando houver necessidade), traçar e empilhar árvores. É composto por uma máquina-base que pode ser de pneus ou de esteiras, um braço ou uma grua e um cabeçote em sua extremidade (LARANJA et al. 2009) e (MACHADO 2008).

Figura 32: *Harvester* de esteiras.



Fonte: Tigercat Forestry.

De acordo com Leite e Lima (2008) esta máquina conhecida como trator colhedor e processador florestal é automotriz e sua finalidade é cortar e processar árvores dentro do povoamento florestal. Porém, hoje é muito comum observar *Harvesters* realizando o processamento de árvores nas laterais das estradas. Sendo desta forma, uma das máquinas que compõem o sistema de árvores inteiras (*Full-tree*) ou de árvores completas (*Whole-tree*) e recebendo o nome de “Processador”.

Para os autores Malinovski e Malinovski (1998), Pulkki (2006), Machado (2008) e Sant’Anna (2008) existem dois tipos de *Harvesters*: *One Grip Harvester* (Figura 33) são aqueles que realizam a atividade de corte, derrubada, desgalhamento e traçamento são feitas pelo cabeçote. Já os *Two Grip Harvesters* (Figura 34) são aqueles que o cabeçote apenas corta e derruba as árvores, as demais atividades de desgalhamento e traçamento são feitos por outro implemento localizado sobre o eixo traseiro da máquina.

Figura 33: Cabeçotes Processadores de *Harvesters tipo One Grip Harvester*.



Fonte: Waratah.

Figura 34: *Harvesters Processador tipo Two Grip Harvester*.



Fonte: Seixas (2008).

Para Rummer (2002) *Harvesters* modernos cortam, derrubam e processam árvores por meio de seus cabeçotes totalmente computadorizados deixando as árvores no comprimento ideal. Todas as funções de um *Harvester* são executadas pelo implemento da máquina base, o cabeçote.

O cabeçote é constituído de braços (prensos), que têm a finalidade de segurar e movimentar a árvore após o corte. O corte pode ser realizado por uma serra, um sabre ou um disco, dependendo do modelo descreve (MACHADO, 2008; LEITE; LIMA, 2008).

Os mesmos autores descrevem que o cabeçote é posicionado na forma vertical na árvore a ser cortada, em seguida é acionado o sabre uma vez que as facas do cabeçote já estejam segurando a árvore e com os rolos ajustados ao fuste da árvore. Antes de realizar o corte, o sentido de queda da árvore precisa ser

definido, pois na maioria dos casos os cabeçotes não conseguem realizar a movimentação da árvore em pé para qualquer direção depois de realizado o corte. A atividade seguinte, já com o cabeçote na horizontal, é o desgalhamento e descascamento, sendo feito por meio de facas e rolos que compõem o cabeçote. Por fim, é feito o traçamento da árvore no comprimento desejado. Função controlada por sistemas eletrônicos de medição.

O traçamento das árvores, nas dimensões estabelecidas com base nos sortimentos determinados pelo comprimento e diâmetro, pode ser realizado de forma manual, semimecanizada ou mecanizada. A produtividade do traçamento se dá principalmente em função do diâmetro das árvores, do comprimento das toras a serem traçadas, tipo de ferramenta empregada, disposição das árvores na queda, treinamento dos operadores e das condições topográficas do local de operação (SALMERON, 1980).

Nurminen (2006) comenta que os *Harvesters* atualmente são tão eficazes que levam apenas um pouco mais de tempo para processar árvores de grande porte em relação a árvores de pequeno porte. Porém, mesmo com esse tempo a mais, a produtividade é maior com árvores de grande porte.

A Figura 35 mostra a planificação da operação de colheita de corte raso em um plantio florestal.

Figura 35: Planificação da atividade do *Harvester* dentro da floresta.



Fonte: o autor.

Seixas (2008) comenta que a grande maioria dos modelos de cabeçotes de *Harvesters* processam uma única árvore por vez, mas cabeçotes multiprocessadores propiciam o processamento simultâneo de mais de um tronco o que, quando se

trabalha com árvores menores estes cabeçotes podem aumentar a produtividade do *Harvester* (Figura 36).

Ainda de acordo com o mesmo autor os principais componentes que permitem a esse cabeçote processar diversos troncos simultaneamente são: os “braços” de acumulação. A habilidade de manuseio de mais de um tronco por vez aumenta a produtividade da máquina entre 21 a 33% em média, quando comparado ao manuseio individualmente, porém é necessário levar em consideração o DAP das árvores. Em média, os ciclos de trabalho com múltiplos troncos são mais longos do que ciclos com troncos únicos.

Figura 36: Cabeçote multiprocessador de grande (a) e pequeno porte (b).



Fonte: MSU.



Fonte: John Deere Forestry.

Os principais objetivos do projeto de desenvolvimento do *Harvester* foram: reduzir a mão-de-obra necessária, melhorar as condições de trabalho para os operadores, e diminuir os custos de operação (SANT'ANNA, 2002).

Greulich et al. (1996) citam algumas das principais vantagens do uso de *Harvesters*:

- Melhor aproveitamento da madeira colhida;
- Menor compactação do solo e menor distúrbio durante a colheita;
- Menos problemas no corte da madeira.

Os mesmos autores citam algumas desvantagens do *Harvester*:

- Alto investimento financeiro e maior custo da colheita.
- Requer um *Forwarder* para completar a colheita (*Harvesters* não trabalham bem com *Skidders* convencionais);

Salmerom e Ribeiro (1997, apud SIMÕES, 2008) compararam a produtividade de *Harvesters* em declividade de até 65% trabalhando com comprimentos de toras de

2,2 e 5,7 metros obtiveram produtividades de $13,39 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e $19,17 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ respectivamente. Os mesmos ainda concluíram que o *Harvester* trabalhando com três linhas de plantio teve produtividade de $23,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e com cinco linhas de plantio obteve produtividade de $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Isso para um povoamento de *Eucalyptus grandis* de 5,7 anos. Porém por questões de segurança os autores recomendam a colheita de 3 linhas.

2.6 OPERAÇÃO DE EXTRAÇÃO

De acordo com Seixas e Machado (2008) a operação de extração de madeira refere-se à movimentação da madeira, desde o local onde o corte foi realizado até a estrada, o carreador ou pátio intermediário. Segundo os mesmos autores e Pulkki (2006) existem vários sinônimos para esta operação, muitas vezes dependendo do modo como ela é realizada ou do tipo de equipamento utilizado.

Malinovski (2007), Seixas e Machado (2008) citados os mais comuns sendo:

Baldeio: quando a madeira extraída é transportada apoiada sobre uma plataforma, como por exemplo: a madeira transportada por um *Forwarder* ou por um Autocarregável.

Arraste: implica numa parte, ou toda a carga (árvores ou troncos) estar apoiada sobre o solo. Máquinas que geralmente realizam a extração por arraste são guinchos florestais e tratores *Skidder*.

Suspensa: É quando a extração é realizada de forma suspensa, sem que esta esteja em contato com o solo ou sobre uma plataforma de transporte. Um exemplo para a extração de madeira suspensa é a realizada com helicópteros.

“... transporte primário refere-se a esta primeira movimentação da madeira até um ponto onde ela será transferida para veículos que farão o transporte final, chamado de transporte florestal, da floresta até o centro de consumo. Contudo, em certas condições de topografia favorável, o próprio caminhão que faz o transporte até a fábrica retira também a madeira de dentro da floresta, ocorrendo o que se chama de transporte direto.” (MACHADO, 2008, p. 97).”

Salmeron (1980) conceitua a extração ou transporte primário, também denominado remoção, baldeio ou arraste, dependendo do equipamento utilizado

para desempenhar esta função, consistindo-se do transporte a curta distância, no que se refere à retirada das árvores ou toras da floresta e a disposição das mesmas na estrada transitável pelas composições veiculares de carga.

Em algumas situações onde a topografia e as condições do local de colheita são favoráveis, caminhões responsáveis pelo transporte da madeira até a unidade fabril podem retirar a madeira de dentro da floresta, o que Seixas (2008) e Machado (2008) definem como “transporte direto”.

No caso de curtas distâncias entre a floresta e o centro de consumo (em média uma distância de 12 km), utiliza-se também para transporte direto por meio de um caminhão articulado e reboque com capacidade aproximada de 40 toneladas de carga, denominado *Timber Hauler*, (SEIXAS, 2008).

A remoção de toras utilizando a força humana ou animal está sendo cada vez menos utilizada e só é recomendável quando os custos operacionais são muito baixos, quando a distância de remoção é muito pequena e as toras ou outras peças de madeira são suficientemente leves para que possam ser manejadas facilmente pelo homem sem que haja danos aos trabalhadores que realizam a atividade DYKSTRA; HEINRICH (1996, apud BANTEL, 2010).

O investimento em equipamentos especializados depende do aporte financeiro disponível que as empresas, as quais muitas vezes optam por equipamentos mais versáteis, que possam ser utilizados em diferentes operações. As diversidades regionais encontradas também impedem uma padronização do equipamento (MACHADO 2008).

2.6.1 Fatores de Influência na Operação

De acordo com Seixas e Machado (2008) a extração de madeira é considerada um dos pontos críticos da colheita floresta e exige planejamento detalhado desta operação, de maneira a realizar a escolha mais adequada e empregar os equipamentos próprios dentro do sistema de colheita mais apropriado. Para que isso ocorra, fatores de influência desta atividade devem ser criteriosamente avaliados, apresentados os respectivos pontos de importância de cada um.

2.6.1.1 Densidade do Talhão

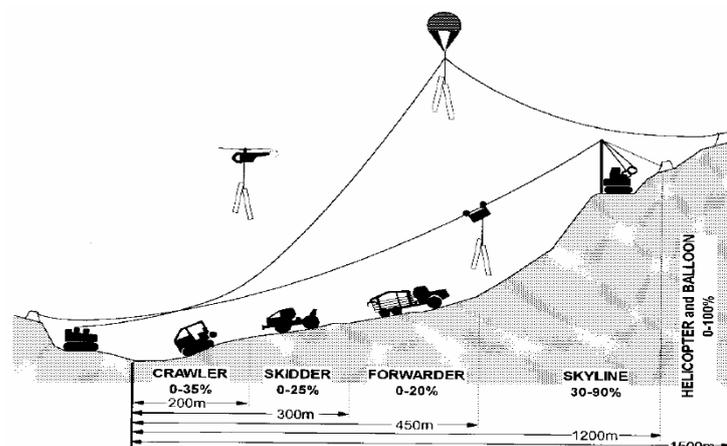
Está relacionada com o número de árvores colhidas por área e o volume das pilhas de madeira, que influencia diretamente a operação. Em Florestas com baixa densidade, o tempo de viagem do equipamento aumenta e a produção fica abaixo da média e os custos unitários tornam-se maiores. Uma vez que mais tempo é gasto para remover uma menor quantidade de madeira (SEIXAS, 2008).

2.6.1.2 Topografia

De acordo com Seixas (2008) a inclinação do terreno delimita o equipamento que será utilizado, influenciando diretamente o rendimento da máquina escolhida. Deve ser respeitada para cada equipamento a sua capacidade máxima de trabalho, de acordo com a declividade e as imperfeições do terreno.

O mesmo autor ainda comenta que em alguns terrenos, os danos provenientes de processos erosivos e as dificuldades de regeneração impedem muitas vezes a utilização de determinados equipamentos que poderiam trabalhar naquela situação. Como por exemplo, o limite máximo aceitável para o trabalho com tratores de esteira estaria entre 50 e 60%; acima destes limites, mesmo com a construção de estradas ou trilhas, é desaconselhável, em virtude do alto custo de construção, remoção de solo produtivo e ocorrência de erosão, Conway (1976, apud MACHADO, 2008), como ilustrado na Figura 37.

Figura 37: Limites de distância e declividade do terreno para diferentes máquinas.



Fonte: Modificado de Studier e Binkley (1981, apud SEIXAS, 2008).

2.6.1.3 Tipo de Solo

O tipo de solo está relacionado com a capacidade de sustentação do equipamento e a sua capacidade de tração. Essas características estão em função também do teor de umidade do solo, ocorrendo um processo de compactação acentuada em teores mais elevados de umidade e mesmo, por vezes, a total incapacidade de movimentação do veículo em uma determinada condição de tipo de solo e conteúdo de umidade (SEIXAS, 2008).

Em um solo com baixa capacidade de sustentação do equipamento deve ser estabelecida uma rota para cada ciclo da máquina, sendo muito importante à correta escolha do equipamento e o tipo de rodado. Além da sustentação existe também o problema da compactação do solo. (McNABB; FROEHLICH, 1983) afirmam que a maior parte da compactação total em uma trilha de arraste já ocorria nas primeiras passadas de uma máquina.

2.6.1.4 Volume por Árvore

Para Seixas (2008) quanto menor a árvore, maior o custo operacional por unidade de produção. Peças maiores significam a necessidade de um menor número para se completar uma carga, o que diminui os custos operacionais variáveis. Contudo, o incremento no tamanho das árvores acima de um determinado ponto, dependendo da capacidade da máquina empregada, pode eliminar certas vantagens. Peças muito grandes podem dificultar seu manuseio e exigir maior potência das máquinas.

Para Prestes (2010) a colheita de madeira de baixo volume por árvore atualmente é considerado um dos grandes desafios para empresas que trabalham principalmente com florestas de diâmetros pequenos. Por isso é de extrema importância analisar e escolher o melhor método de colheita e de extração, para possibilitar um maior rendimento produtivo e conseqüentemente diminuir os custos.

2.6.1.5 Distância de Transporte

O planejamento inicial feito na floresta, em termos da dimensão dos talhões e densidade e qualidade da rede viária, já determinam a distância de extração e desta forma condiciona a seleção dos equipamentos mais apropriados para cada situação. Contudo, o inverso também deve ser considerado, ou seja, a escolha do método de extração mais adequado a uma empresa pode vir a condicionar a rede viária necessária (SEIXAS, 2008).

O custo da rede viária decresce com o aumento da distância de extração, já que cada quilômetro de estrada irá acessar uma área maior de floresta e, conseqüentemente, um maior volume de madeira. Por sua vez, o custo de extração cresce com o aumento da distância a ser percorrida. Deve ser determinado um ponto de equilíbrio que considere o custo total mínimo resultante da combinação dos custos de extração e construção de estradas por metro cúbico de madeira (SEIXAS, 2008).

2.6.2.1 Extração com *Forwarders*

Originalmente fabricados no Canadá e aprimorados na Escandinávia os *Forwarders*, para Seixas (2008) são tratores florestais autocarregáveis, articulados com suspensão da plataforma de carga embaixo do chassi traseiro, a qual possui capacidade de carga que varia de 5.000 a 22.000 kg. Ainda para o mesmo autor a razão entre o peso de carga movimentado e a potência do veículo oscila entre 140 e 280 kg/hp, com a maioria situando-se na faixa de 160 a 180 kg/hp. A velocidade é uma característica relevante desse tipo de máquina florestal em função da distância de baldeio. Quando a distância de baldeio for grande, a maior parte do tempo operacional será gasto com o deslocamento vazio e carregado da máquina. Para curtas distâncias de baldeio a velocidade não é tão impactante no ciclo operacional, pois o tempo gasto com carga e descarga representara a maior porcentagem. Destaca-se nestes equipamentos sua capacidade de superar as condições adversas encontradas no campo, por exemplo, terrenos montanhosos e rochosos.

Billingsley (2007) faz uma breve definição de um *Forwarder* como sendo a máquina que transporta a madeira cortada até a estrada.

Pulkki (2006) define um *Forwarder* como um trator florestal geralmente com a capacidade de se autocarregar que transporta a madeira totalmente livre do solo.

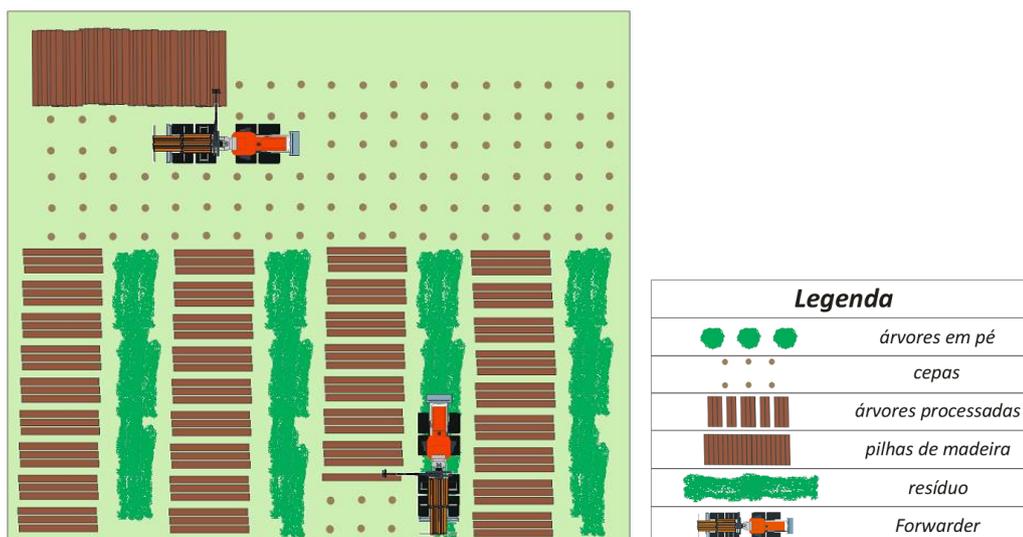
Para FOEC (2011) são máquinas de extração que remove madeira totalmente suspensa.

Os *Forwarders* possuem uma caixa de carga em sua parte traseira onde a carga é colocada por meio de uma grua. A grua é formada por um suporte rígido unido ao chassi, dois braços articulados (podendo o segundo ser telescópico) e uma garra, que se une ao segundo braço por meio de um rotator. A garra recolhe, aprisiona e movimenta as toras até a caixa de carga. Esta garra faz o manuseio de cargas com até 1.800 kg por ciclo, mas há uma variação quanto à capacidade de carga de acordo com o modelo e distância do centro da máquina (SEIXAS, 2008).

De acordo com McDonagh (2002) o *Forwarder* viaja pela área colhida pelo *Harvester*, acumulando cargas (toras) em sua caixa de carga. Esta caixa de carga é totalmente suspensa, desta forma a madeira não tem contato algum com o solo. Depois de carregado o *Forwarder* se desloca para a estrada, para depositar as toras nas laterais da estrada ou realizar o descarregamento diretamente nos caminhões (Figura 38). Este movimento é realizado até todo o volume da caixa de carga ser completado ou atingir o peso máximo suportado pela máquina.

Os *Forwarders* podem trabalhar em terrenos montanhosos até uma inclinação máxima de 30%, ou de até 70% desde que se movimente no sentido do declive e/ou com ajuda do guincho de tração auxiliar (GTA) que é fixado na máquina e preso em uma área do terreno como é comentado por Thees, Frutig e Fenner (2011). As distancias que viabilizam a utilização de um *Forwarder* situa-se entre 200 e 300 metros e rendimentos operacionais ao redor de 30 m³/hora (SEIXAS, 1987; SOUZA et al. 1988).

De acordo com Leinonen (2004) os *Forwarders* podem trabalhar em distâncias mais longas devido a sua grande capacidade de carga, são ideais para operações de desbaste e causam menos dano ao solo, pois trafega sobre a camada de resíduo deixado pelo *Harvester*. Hartsough e Yomogida (1996) comentam que um *Forwarder* causa menos impacto ao solo do que os *Skidders*.

Figura 38: Planificação da atividade do *Forwarder*.

Fonte: o autor.

2.6.2.2 Extração com *Skidders*

Nos sistemas de toras longas (*Full-tree* ou *Tree-length*) as árvores são transportadas até a estrada com mais de sete metros de comprimento e para isso é necessária uma máquina florestal adequada a realizar esse transporte. Neste caso o equipamento mais adequado para desempenhar essa atividade é o *Skidder*.

O *Skidder* é um trator florestal articulado com tração em todas as rodas, com um sistema rodante traseiro e dianteiro nas mesmas dimensões (LOPES, 2007), no caso de *Skidders* “4x4” e “8x8”. Já os *Skidders* “6x6” podem ter um sistema rodante traseiro menor do que o dianteiro, quando necessário.

Para Laranja et al. (2009), Parise (2005) o *Skidder* é uma máquina desenvolvida para o sistema de toras longas, composta de uma máquina base de pneus ou de esteiras, com uma pinça ou guincho. O *Skidder* é utilizado para o arraste de feixes de toras ou árvores do local do corte até a margem do talhão ou pátio intermediário.

Para Pulkki (2006) o *Skidder* é um trator florestal que transporta madeira em uma parte da máquina e o restante da madeira é arrastada no solo.

O *Skidder* para Malinovski et al. (2006) é um trator de pneus com tração nas quatro rodas e possui um chassi articulado. É utilizado para a operação de extração, com estrutura para o acoplamento de garras e guinchos, podendo, eventualmente,

efetuar a operação de desgalhamento por meio da utilização de grades desgalhadoras.

O *Skidder* é um trator florestal utilizado para fazer o arraste das árvores do interior da floresta até a lateral da estrada. Para isso faz-se o uso de sua principal ferramenta de trabalho, uma pinça ou garra responsável por coletar os feixes de árvores. Alguns modelos podem utilizar um guincho no lugar de uma pinça ou garra.

O *Skidder* é um trator comumente empregado em florestas tropicais devido ao elevado peso das toras, é tradicionalmente utilizado em grande escala nas florestas da América do Norte.

Segundo Seixas (2008) o surgimento desta máquina ocorreu na década de 60. Sua força, robustez, versatilidade por ser capaz de trabalhar com uma ampla faixa de tamanhos e pesos de árvores, facilidade na operação e manutenção da máquina e economia foram as principais características que tornaram esta máquina muito popular na América do Norte.

Para Seixas (2008) a capacidade de carga de um *Skidder* se dá em função de uma série de variáveis. O autor cita as mais importantes sendo: resistência ao rolamento e coeficiente de tração e o atrito ocorrido onde a carga se apóia no solo. Todas as variáveis se alteram quando ocorre uma mudança no teor de umidade do solo e na sua textura. Além desses aspectos, Machado (1984, apud MACHADO, 2008) destaca os seguintes itens para se obter a máxima eficiência operacional:

a) a declividade do terreno deve estar entre 30% no sentido favorável e 10% no sentido adverso.

b) O trator florestal deve ser compatível com a carga que será arrastada.

c) A performance do operador é fundamental, pois pode influenciar em até 40% o rendimento.

d) O pneu deve estar com pressão compatível com as condições e tipo de solo.

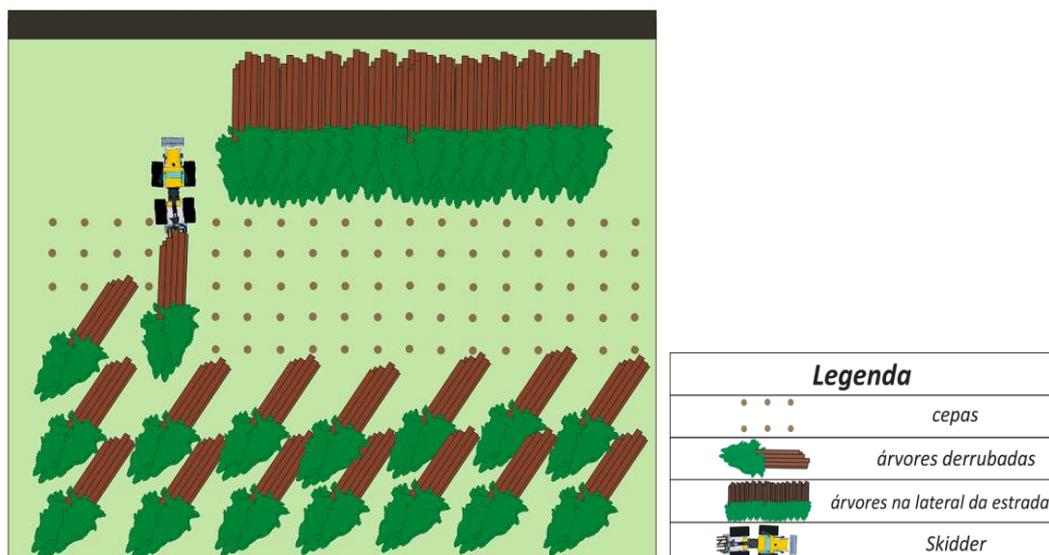
A distância de extração é um dos principais fatores de influencia no custo da operação de arraste de um *Skidder*. A relação entre os custos de construção de estradas e as distâncias de extração é muito importante, minimizando-se o valor total quando os custos de extração forem próximos aos dos de construção de estradas. Para tratores de esteira, um valor médio econômico está entre 120 e 180 m de distância, enquanto para os de pneus, pode-se alcançar até 400 m economicamente, CONWAY (1976, apud MACHADO, 2008).

Lopes et. al (2006) citam que os *Skidders* podem conter rodados de pneus ou rodados de pneus recobertos por esteiras móveis. De acordo com um estudo realizado pelo autor o *Skidder* de pneus tem um desempenho superior ao *Skidder* com pneus recoberto por esteiras na declividade entre 10 e 20%, devido à maior mobilidade desse rodado e a capacidade de desenvolver maior velocidade operacional durante o arraste. Já o *Skidder* com pneus recoberto por esteiras teve acesso a terrenos com declividade acima de 20% enquanto o *Skidder* com pneus não teve acesso. Confirmando assim a necessidade do uso de esteiras para operações em terrenos acidentados.

Lopes (2007) descreve o ciclo de um *Skidder* de pneus com garra. De acordo com o autor a máquina se desloca da margem da estrada até o interior do talhão, local onde se encontram os feixes. Ao aproximar-se, o operador da máquina iniciava a manobra para a fixação do feixe, posicionando a máquina com a traseira próxima deste; em seguida, acontece a abertura das garras da pinça, abaixando-a, prendendo e suspendendo o feixe parcialmente em relação ao solo, posteriormente inicia-se o arraste dos feixes de árvores em direção à margem do talhão (laterais das estradas), onde, então, o feixe é posicionado (Figura 39).

Souza et al. (2008) citaram os principais problemas relacionados à operação de arraste de madeira, como a compactação do solo, passagem da máquina sobre as pilhas de árvores e arraste de material para a margem do talhão, bem como a perda de rendimento em função das condições do solo, do povoamento e do clima.

Figura 39: Planificação da atividade do *Skidder*.



Fonte: o autor.

2.6.2.2.1 Extração com *Skidders* de Esteiras (*Track Skidders*)

Os *Skidders* podem ser classificados de acordo com o tipo de rodado e por meio do tipo de ferramenta utilizada para realizar o arraste. Para Biro et al. 2002 o trator florestal arrastador com esteiras ou *Track Skidder* da marca Caterpillar tem sua origem no Japão, onde a máquina-base é montada. O processo de fabricação é finalizado nos Estados Unidos onde é montado o seu arco acumulador.

Os *Skidders* de esteiras (Figura 40) são projetados para prevenir a flexão e assegurar uma pressão uniforme sobre o solo plano. As esteiras flexíveis usam um sistema de suspensão com rodas em *bogey* independentes que possibilitam à esteira adaptar-se à superfície e obstáculos do terreno (SEIXAS 2008). O mesmo autor ainda comenta que de uma forma geral, os tratores com esteiras rígidas são usados em baixa velocidade, para aplicações que exigem muita potência. Já os de esteiras flexíveis são utilizados quando se deseja uma velocidade maior de deslocamento e a habilidade para superar obstáculos.

Birro et. al. 2002 puderam concluir, com base em estudos realizados, que a distância de extração exerceu maior influência na produtividade do que a declividade do terreno. Seixas (2008) complementa citando que os fatores que afetam a produção de um *Track Skidder* incluem o tipo de solo, terreno, clima, sub-bosque, densidade do talhão, tamanho das peças, “*layout*” da área de colheita, cronograma das operações de corte, reparos, manutenção e administração da equipe. Para maiores produtividades, a toras devem ser arrastadas a favor da declividade. Desta forma as operações de corte devem ser planejadas de acordo com o esquema posterior de retirada da madeira, WENGER (1984, apud. SEIXAS, 2008).

Figura 40: *Track Skidder* Caterpillar 527.



Fonte: Caterpillar Forestry.

De acordo com a Forests and Rangelands (2011) os *Skidders* de esteiras estão aptos a trabalharem em terrenos com 50% de declividade quando a extração for a favor do declive e 15% quando a extração for contra a declividade.

2.6.2.2.2 Extração com *Skidders* de Pneus (*Wheel Skidders*)

Os *Skidders* que não possuem articulação geralmente são tratores agrícolas adaptados, de baixo investimento e múltiplos usos.

Os *Skidders* de pneus (Figura 41) são, em sua grande maioria, articulados, ou seja, possui uma “dobradiça” em seu chassi, central sendo dirigido pela mudança de ângulos entre a seção frontal e traseira. Geralmente o ângulo máximo é de 45°. Estes tipos de máquinas levam uma grande vantagem sobre as de esteiras, pois conseguem desenvolver velocidades maiores, tornando-o apto a operar em distâncias maiores. Uma característica importante é a tração disponível em todas as rodas (SEIXAS, 2008).

Figura 41: *Skidder* de rodas na versão 8x8 com esteiras recobrindo os pneus.



Fonte: Tanguay.

Para Forests and Rangelands (2011) os *Skidders* de rodas, sem o auxílio de implementos ou ferramentas especiais, são capazes de trabalhar em terrenos com 45% de declividade quando a extração for a favor do declive e 10% quando a extração for contra a declividade.

2.6.2.2.3 Extração com *Skidders* com Cabos (*Cable Skidders*)

Odhiambo (2010) comenta que o *Skidder* é usado para extrair toras longas (fustes). O mesmo ainda cita que na África do Sul os *Skidders* articulados com cabos são os mais usados.

De acordo com Stokes et al. (1989) *Cable Skidders* são máquinas que utilizam um guincho e um cabo para reunir e segurar uma carga.

Seixas (2008) comenta que normalmente são tratores florestais de pneus, articulados, com um sistema de guincho na parte traseira e tração em todas as rodas. O *Cable Skidder* se posiciona próximo às toras e o cabo principal é esticado até as mesmas. Os estropos (cabos auxiliares) as enlaçam pelo lado de maior diâmetro e são engatados ao cabo principal, sendo então realizado o guinchamento até o trator, elevando-se logo após uma das extremidades.

O arraste de troncos pela extremidade de maior diâmetro faz com que haja transferência de 60 a 70% do peso total da carga para a máquina, o que aumenta a aderência do trator e diminui o atrito da(s) tora(s) com a superfície do solo. Pela extremidade de menor diâmetro essa transferência é de 30 a 40% do peso total. Completado o guinchamento o trator realiza a viagem até a estrada ou pátio, onde as toras são desengatadas e dispostas para as operações seguintes (SEIXAS, 2008).

Seixas (2008) ainda comenta que esse equipamento é indicado para extração de toras dispersas, geralmente em área de colheita de madeira seletiva, onde apenas algumas árvores são removidas do povoamento. Neste tipo de operação o *Skidder* com cabo (Figura 42) é uma alternativa viável. Ideal também para operações em terrenos acidentados onde o cabo será utilizado para remover pequenos feixes de toras com pequeno comprimento ou ainda em terrenos íngremes, uma vez que com o cabo, não é necessário que a máquina chegue até a carga.

Figura 42: *Skidder* de cabos.

Fonte: Tigercat Forestry.

2.6.2.2.4 Extração com *Skidders* com Garra (*Grapple Skidders*)

De acordo com Machado (2008) os *Skidders* com garras (Figura 43) são tratores florestais com pneus e articulados em seu chassi, tração em todas as rodas e sua principal ferramenta trabalho é uma pinça que é acionada hidraulicamente, realizando o movimento de abertura para coletar os feixes de árvores e o fechamento para segurar os feixes e transportá-los.

Este tipo de *Skidder* é indicado para o trabalho em locais onde as toras ou árvores foram previamente empilhadas (feixes), tornando-se indispensável quando o corte é realizado com um *Feller Buncher*. Em condições favoráveis, produzir até 300% a mais do que o trator arrastador com cabo, MACHADO (1984, apud MACHADO, 2008).

Devido à agilidade de manuseio rápido de feixes, os *Skidders* com garra são capazes de manter a produtividade mesmo com a diminuição do tamanho das árvores (SEIXAS 2008). São máquinas que possuem uma grande capacidade de carga devido à área de sua pinça, ou também chamada de garra, que em alguns modelos chega até 2,32 m² de área.

Figura 43: *Skidder* com garra.

Fonte: o autor.

2.6.2.2.5 Extração com *Clambunk Skidders*

Os *Clambunks* são máquinas articuladas, geralmente com tração do tipo “6x6” ou “8x8”, possui em sua parte traseira uma pinça ou garra superior (ou invertida) com a finalidade de prender as árvores ali colocadas com o auxílio de uma grua hidráulica munida de uma garra que o torna autocarregável (SEIXAS, 2008). Porém existem modelos que necessitam serem carregados por outra máquina, pois não possuem, em sua configuração esta grua, conforme mostra a Figura 44 (a).

É conceitualmente semelhante aos *Forwarders* porém, com esta diferenciação na forma de transportar a carga. Possui elevada capacidade de carga e é muito versátil, podendo extrair toras dispersas ou não (MACHADO, 2008), além de apresentar uma distância econômica de arraste superior ao *Skidder* de garra. É uma máquina viável para operações em terrenos com topografia irregular ou em terrenos com até 60% de declividade, desde que a operação seja feita no sentido do declive.

Segundo Partekforest (2003, apud OLIVEIRA et al. 2006) as principais vantagens do “Clambunk Skidder” são:

- A máquina-base pode voltar a operar como “Forwarder”.
- Maior volume da madeira extraída por ciclo em relação ao *Skidder* com garra, permitindo operar em distâncias maiores.
- Redução da densidade de estradas florestais.
- Pode operar inserido em vários sistemas de colheita, como: em conjunto com *Harvester*, *Feller Buncher*, derrubada manual, garra traçadora, *Slasher*, “mini *Slasher*”, entre outros.
- Estabilidade para operar em terrenos acidentados ou com baixa sustentação.

Figura 44: *Clambunk Skidder* sem grua (a) e com grua (b).



Fonte: Tigercat Forestry



Fonte: TimberPro.

2.6.2.3 Extração com Trator Agrícola com Guincho

Acoplado a um trator agrícola de rodas com aproximadamente 100 CV de potência bruta no motor, o guincho (Figura 45) é uma ferramenta viável para a remoção de madeira onde a topografia limita o uso de certos equipamentos devido à irregularidade do terreno. Esse sistema pode realizar a remoção de árvores inteiras (desde que a potência fornecida pelo motor do trator agrícola seja capaz de trabalhar com o peso total da árvore) ou por meio da retirada da madeira na forma de toretes com 2,20 m (SEIXAS, 2008).

Um operário posicionado próximo à árvore a serem removidas, fixa o cabo e o guincho nas arvores ou toras. Em seguida o operador do trator inicia o processo de recolhimento do cabo, e assim a árvore começa a ser puxada em direção ao trator

agrícola. Quando a árvore se aproxima do local onde será colocada, outro operário remove o guincho e os cabos da árvore. Assim todo o procedimento é realizado.

Figura 45: Guincho florestal em trator agrícola.



Fonte: PenzSaur Equipamentos Florestais (Tajfun).

2.6.2.4 Extração com Trator Autocarregável

Seixas (2008) e Machado (2008) comentam que em muitas situações, tratores agrícolas passaram a serem utilizados na colheita florestal devido ao elevado custo de aquisição de uma máquina desenvolvida especificamente para a atividade florestal, como por exemplo, a aquisição de *Forwarders*. Assim, diversas adaptações foram sendo realizadas de modo a atender a necessidade da remoção de madeira.

O trator agrícola com carreta e grua acoplada, por vez, chamado também de “*pré-forwarder*”, é um conjunto situado em um nível intermediário na mecanização florestal. Seu uso é indicado para operar em terrenos com 10% de inclinação lateral no máximo. Comentam os mesmos autores.

Para esta finalidade, são utilizados tratores agrícolas com potência que varia de acordo com a capacidade de carga dos autocarregáveis. Geralmente a potência mínima requerida é a partir de 80 CV, os modelos maiores são aptos a trabalharem com toras de até 7,0 m de comprimento e capacidade de carga líquida de até 15.000 kg. A grua é montada sobre a carreta possibilitando, de acordo com Duraflora (1991, apud MACHADO, 2008), ganhos de rendimento e disponibilidade mecânica e melhor postura do operador em relação à grua montada sobre o trator. Com carga média de 13,5 st/viagem e a uma distância média de 300 metros, em 1ª rotação em floresta de

eucalipto, o equipamento atingiu um rendimento operacional médio ao redor de 20,1 st/hora.

Para o trabalho em terreno acidentado, (RIBEIRO; SOUZA, 1992) adaptaram um guincho para arraste, com capacidade de 12 toneladas, à carreta e introduziram um cabo de retorno para diminuir os esforços físicos do ajudante, que leva o cabo de aço até a pilha de madeira, devido às grandes distâncias de arraste e altas declividades.

Figura 46: Autocarregável TMO em operação.



Fonte: TMO Forest.

2.6.2.5 Extração *Shovel Logging*

Shovel Logging é uma técnica de remover madeira, que em resumo pode ser definida como “**movimentação de madeira por escavadeira hidráulica**”. Uma máquina base de esteiras, podendo ser uma escavadeira adaptada ou um *Shovel Logger* (máquina construída para esta finalidade) é equipada com um implemento o qual possui a função de movimentar madeira, feixes de árvores ou de toras.

Fisher (1999) comenta que a técnica foi inicialmente desenvolvida a Noroeste do Pacífico, mais especificamente na península de Olympic, Washington, Estados Unidos em meados da década de 70. O desenvolvimento desta técnica de extração de madeira se deu principalmente devido a dois fatores. Primeiramente pela busca por uma solução para a remoção de madeira em locais específicos, principalmente locais montanhosos ou com solos macios. Segundo, como consequência do sucesso

da utilização de escavadeiras hidráulicas da construção. Observando a eficácia das escavadeiras hidráulicas, os madeireiros da época decidiram realizar algumas adaptações e passaram a utilizar as escavadeiras para as atividades florestais na extração de madeira. Inicialmente esta forma de extração de madeira foi utilizada em terrenos suaves para a movimentação a curtas distâncias, completa Fisher (1999).

Desde então a técnica vem sendo aperfeiçoada por meio de observações operacionais, melhorias técnicas e estruturais nos equipamentos, estudos técnicos e análises para a busca da melhor forma de se realizar esta atividade. Atualmente os fabricantes de máquinas florestais oferecem os *Shovel Loggers*, que são máquinas construídas e projetadas especificamente para realizar esta atividade. Estas máquinas projetadas especificamente são conhecidas como máquinas "*purpose-built*".

A técnica *Shovel Logging* é uma opção viável de remoção de madeira em terrenos que não permitem que máquinas convencionais como *Skidders* e *Forwarders* sem cabos de tração auxiliar, realizem a extração de madeira, como mostra a Figura 47. Em situações onde o custo de remoção por outras formas como Cabos Aéreos seriam elevados e ainda onde as distâncias de remoção são consideradas curtas. Este método pode ser aplicado com sucesso em solos macios, úmidos ou pantanosos, onde máquinas convencionais não poderiam trafegar com muito peso devido à baixa capacidade de flutuação do solo, como também em aplicações em terrenos íngremes, morros ou encostas.

Figura 47: *Shovel Logger* Tigercat LS855C operando em terreno íngreme.



Fonte: Tigercat Forestry.

No caso de operações em terrenos íngremes este sistema limitava-se anteriormente a operar com até 35% inclinação (McNEEL; ANDERSSON, 1993). Porém, atualmente com máquinas maiores, mais potentes e projetadas especificamente para esta atividade. Existem relatos de *Shovel Loggers* trabalhando em terrenos com 65% de inclinação em empresas florestais no sul do Brasil. Para isso a máquina necessita ter um sistema de nivelamento e capacidade de se manter estável e imóvel no terreno sem realizar força alguma. Geralmente nestas condições topográficas os feixes de árvores são removidos sentido a favor da declividade.

Neste tipo de operação o *Shovel Logger* realiza a movimentação dos feixes de árvores ou de toras, no alcance do braço da máquina, realizando pilhas de árvores em direção à estrada, onde a madeira será disposta para as atividades seguintes. Isto é feito por meio do giro da máquina. Deste modo a máquina pode se mover no terreno sem o peso da carga, Isso é primordial para o sucesso da operação em muitas situações de remoção de madeira. Em algumas operações, *Harvesters* de esteiras também são utilizados para fazer a remoção de madeira pelo método *Shovel Logging*. A diferença é que no caso dos *Harvesters*, a máquina movimenta a madeira com o cabeçote processador instalado na extremidade do braço da máquina em vez de uma garra. O movimento se dá pela tração dos rolos do cabeçote sobre as toras ou árvores. A desvantagem de um *Harvester* para desenvolver esta atividade é que enquanto uma garra tem capacidade de movimentar vários troncos, o cabeçote precisa movimentar um por vez, além do que o custo de manutenção de um cabeçote é maior quando comparado ao de uma garra.

Para muitas situações, esta forma de extrair madeira torna-se mais viável do que outras, porém a distância de remoção é um dos principais fatores limitantes da aplicação. Dependendo da distância o método pode ser muito econômico, além de causar baixo impacto ambiental. De acordo com Olund (2001) esta forma de extração de madeira é uma alternativa de baixo custo em terrenos com até 40% de declividade e com distância de até aproximadamente 240 metros. Segundo Fisher (1999) para que o sistema tenha bom rendimento, as distâncias máximas de remoção são aproximadamente 200 metros para a favor do declive, 120 metros para remoção contra o declive e menos de 60 metros terrenos moderados. A operação torna-se viável dentro dos parâmetros estabelecidos pelo seu ganho no rendimento nas operações anteriores e posteriores a ela, pelo fato de melhorar o fluxo das

atividades parciais do sistema de colheita e por ser uma alternativa de baixo custo e muitas vezes uma das poucas soluções encontradas. Assim, esta forma de extração tem sido utilizada com sucesso. Suas principais vantagens são: o baixo impacto ao solo, pois a compactação é menor se comparado a outros equipamentos como *Skidders* e *Forwarders*, obtém produtividade superior a estas mesmas máquinas em distâncias de remoção curtas, pode operar em terrenos íngremes, solos macios, úmidos e pantanosos.

Em algumas situações a forma de extração *Shovel Logging* é aplicado em locais onde *Skidders* não seriam capazes de operar. Então a madeira é movimentada por um *Shovel Logger* até o local onde seja possível a operação do *Skidder*, o qual dará continuidade a atividade de extração até a margem da estrada. Na América do Norte é uma opção de remoção de madeira muito utilizada há anos, porém no Brasil as primeiras empresas começaram suas operações no ano de 2006.

2.6.2.6 Extração com Helicópteros (*Heli-logging*)

Heli-logging é o termo em inglês designado para: **Extração de Madeira com Helicóptero**. Este é um método de remoção de árvores e toras que consiste na utilização de um helicóptero com algumas adaptações ou helicópteros específicos para efetuar o corte/remoção de árvores de áreas inacessíveis em uma floresta, onde a declividade trabalhada varia de 0 a 100% ou mais. Áreas onde dificilmente uma máquina florestal ou outro equipamento convencional seria capaz de realizar a operação. De acordo com Bantel (2009) as primeiras operações de aconteceram na Europa, mais precisamente no início da década de 1970.

Nos Estados Unidos e no Canadá, cerca de 2 a 3% da madeira é extraída dessa forma. A perspectiva é de um aumento deste percentual no futuro principalmente em virtude das restrições ambientais e busca pelo menos impacto ambiental causado LAMBERT; JURAS (1992, apud MACHADO, 2008). O processo de operação de corte e extração de madeira por helicópteros pode ser realizado de algumas formas diferentes de acordo com as características das atividades realizadas. De acordo com Cleaver (2001), Castro (2010) e Canadian Air-Crane (2011) as principais são:

1- *Standing Stem Harvesting* ou Remoção Seletiva em Pé: Este processo consiste na seleção de apenas algumas árvores do povoamento florestal, as quais serão cortadas e extraídas de forma seletiva. Esta seleção é geralmente realizada de acordo com as necessidades e objetivos pré-estabelecidos antes do início da operação. As árvores são selecionadas com base em especificações como: altura, volume, peso, diâmetro, espécie e finalidade da madeira, dessa forma removendo apenas algumas árvores e não de todas da floresta.

Cleaver (2001) comenta que o corte das árvores selecionadas pode ser realizado, geralmente, por operadores de motosserras. O operador de motosserra possui duas formas de trabalho nesta atividade. A primeira quando não é necessário que a árvore seja desgalhada, na segunda, quando a limitação da capacidade de carga do helicóptero nessa operação, exige que as árvores sejam desgalhadas ainda em pé.

No caso do primeiro modo, o operador apenas realiza o corte de uma determinada porcentagem do tronco da árvore, deixando apenas um fino filete de ruptura próximo ao nível do solo (Figura 48). Após o corte, ele fixa apoios de sustentação para que a árvore permaneça em pé até ser extraída pelo helicóptero, o qual utilizará sua força de içamento para romper este filete e extrair a árvore. No segundo método o operador de motosserra escala as árvores com a utilização de cabos, cordas de segurança e botas com travas para auxiliar na escalada. Durante esta escalada ele utiliza a motosserra para remover os galhos da árvore até que o topo seja alcançado.

Figura 48: Escalada (a) e desgalhamento (b) e (c) das árvores.



Fonte: Erickson Air Crane.

Na sequência o operador da motosserra retorna ao solo ou desloca-se até outra árvore que esteja próxima à atual por meio de cabos e cordas. No caso do retorno ao solo ele realiza o corte na base da árvore, como no método anterior (Figura 49) para que o helicóptero possa dar sequência na operação.

Este método de remoção de madeira evita causar danos nas árvores remanescentes, pois não há queda da árvore além de evitar que a árvore a ser colhida sofra danos e quebras durante a derrubada.

Figura 49: Corte da árvore (a) e filete de ruptura (b).



Fonte: Erickson Air Crane.

Outra forma do método *Standing Stem Harvesting* consiste na marcação das árvores a serem cortadas e extraídas. O operador de motosserra escala a árvore removendo todos os galhos, uma vez desempenhada esta atividade, o corte da árvore é realizado pelo próprio helicóptero, o qual possui um cabo anexado à uma ferramenta de corte composta por braços para fixar e agarrar a árvore. Um conjunto de corte, acionado pelo piloto do helicóptero realiza o corte da árvore. Após realizadas as atividades descritas, o helicóptero suspende a árvore e a sua remoção é realizada

Uma outra forma do método *Standing Stem Harvesting* consiste na marcação das árvores a serem cortadas e extraídas. O operador de motosserra escala a árvore removendo todos os galhos. Uma vez desempenhada esta atividade, o corte é realizado pelo próprio helicóptero que possui um cabo, anexado a ele, uma ferramenta de corte composta por braços para fixar a árvore e um conjunto de corte para realizar o corte da árvore. Realizadas as atividades descritas o helicóptero suspende a árvore e a sua remoção é realizada, conforme mostra a Figura 50.

Figura 50: Remoção da árvore.



Fonte: Erickson Air Crane.

2- *Buncher Harvesting* ou Retirada de Feixes: Este método consiste na remoção das árvores já cortadas, em feixes de toras (Figura 51), geralmente feixes já processados (desgalhados e cortados em um determinado comprimento) deixados próximos as áreas de corte das árvores. Neste caso o corte e processamento da madeira são realizados no próprio local da derrubada, podendo ser feito por operadores de motosserras, ou se, a topografia permitir, máquinas florestais, como por exemplo, *Harvesters* especiais para a aplicação em condições topográficas difíceis (CASTRO, 2010).

Figura 51: Feixes de toras prontos para remoção.



Fonte: Erickson Air Crane.

Depois de cortadas, desganhadas e seccionadas as árvores são agrupadas em feixes de acordo com seu peso, e não por tamanhos, pois a remoção dos feixes depende da capacidade de carga do helicóptero e não do tamanho das toras Canadian Air-Crane (2011).

Em ambos os métodos de extração, o helicóptero remove a árvore ou o feixe até a área mais próxima que permita o tráfego de máquinas e caminhões, conforme ilustra a Figura 52.

Figura 52: Remoção dos feixes de toras.



Fonte: Erickson Air Crane.

As principais vantagens de se realizar a extração de madeira por helicóptero, de acordo com a Canadian Air-Crane (2011), são:

- A possibilidade de extrair madeira de valor onde seria impossível o acesso de máquinas e outros equipamentos;
- Baixo índice de danos à madeira;
- Menor impacto na floresta e ambiental;
- Permite a operação de corte e extração de madeira próxima a locais de áreas de preservação ambiental, sem causar danos à área de preservação;
- E, menos investimento na construção de trilhas de arraste e estradas, maior segurança na operação de extração em terrenos extremamente inclinados.

De acordo com Clayton (1981, apud SEIXAS, 2008) em uma comparação entre um helicóptero e um teleférico, concluiu que o helicóptero produziu cerca de metade do distúrbio no solo causado pelo sistema de extração por cabos.

As principais desvantagens estão relacionadas:

- Alto custo financeiro para a remoção, pois a operação é limitada pela capacidade de carga transportada (madeira) por ciclo;
- Elevados custos com o consumo de combustível pelo helicóptero;
- Em algumas situações as árvores são cortadas em tamanhos menores do que o de comercialização devido à limitação de carga do helicóptero;
- Necessidade de pessoal altamente especializado;
- Custos elevados na operação de corte devido à dificuldade de acesso;
- Grande parte da operação depende exclusivamente da disponibilidade mecânica de um único equipamento (helicóptero);
- Limitações das operações em virtudes das condições climáticas, entre outros.

Outras características importantes para a operação de extração de madeira com helicópteros incluem:

- Habilidade para movimentação de cargas verticalmente;
- Habilidade na colocação da carga ou gancho de maneira precisa;
- Ciclos rápidos;
- Capacidade de voar com ventos de até 90 km/h;
- Facilidade de pousar e aguardar no caso de visibilidade reduzida ou tempestades. GUIMIER e WILLBURN (1984, apud SEIXAS, 2008).

Um helicóptero Boeing Vertol-107 II, com capacidade de cinco toneladas, realizou o transporte de madeira de uma área pantanosa, inapropriada para sistemas convencionais de colheita de madeira e com custo elevado para construção de estradas. O resultado mostrou que o helicóptero teve uma produção de 79 m³/h, fazendo 23 viagens por hora e apresentando um custo de US\$26.42/m³ de madeira transportada, em uma distância média de 470 m JACKSON e MORRIS (1981, apud MACHADO, 2008).

Cleaver (2001) define os custos com o método *Standing Stem Harvesting* ou Retirada Seletiva em Pé divididos e quantificados em:

1. Planejamento e Seleção das árvores: 1,50 a 2,00 US\$ / m³
2. Escalada e desganhamento das árvores: 13,00 a 20,00 US\$ / m³
3. Preparo para o corte: 3,00 a 5,00 US\$ / m³
4. Atividade do Helicóptero: 30,00 a 50,00 US\$ / m³

5. Custo Total: 47,50 a 77,00 US\$ / m³

Este sistema de colheita de madeira é realizado principalmente nas regiões montanhosas dos Estados Unidos, Canadá e nos países nórdicos (nos Alpes).

2.6.2.7 Extração com Cabos Aéreos

De acordo com Leite (1992), áreas montanhosas, condições topográficas desfavoráveis exigem um nível de planejamento mais apurado na atividade de colheita de madeira, bem como o desenvolvimento de equipamentos específicos para a realização desta operação nestas condições.

Em terrenos íngremes onde a topografia impede que máquinas florestais convencionais de esteiras ou de pneus possam operar de forma segura, opções como a remoção de madeira com o uso de cabos aéreos é uma alternativa viável.

Para Parise (2005) o cabo aéreo é um sistema de cabos e roldanas que são utilizados para transportar árvores e toras da área de corte até pátios intermediários ou laterais das estradas. Geralmente esta forma de extração é utilizada em áreas com declividades acentuadas.

De acordo com Malinovski e Malinovski (1998) a extração de madeira por cabos se dá através da movimentação das toras do local de corte para uma praça de trabalho com a utilização com múltiplos carretéis ou tambores que operam, em geral, a partir de uma posição estacionária (Figura 53).

Para Seixas (2008) este sistema de extração de madeira é muito utilizado nas regiões montanhosas da Europa e na América do Norte. Nestes lugares, a utilização dessa forma de extração de madeira tornou possível a colheita em locais onde outras formas seriam consideradas inoperáveis ou teriam altíssimos riscos operacionais e a colheita nestas regiões seria economicamente inviável. O sistema de cabos tem sido utilizado desde terrenos com poucas ondulações, até locais aonde as declividades chegam a 100%, STUDIER & BINKLEY (1974, apud MACHADO, 2008). Porém as vantagens da utilização desta forma de remoção de madeira são visivelmente maiores em terrenos inclinados.

A colheita por meio de cabos também pode ser usada em terrenos alagados onde tratores e *Skidders* de pneus possam ter dificuldades de operar CONWAY (1976, apud MACHADO, 2008).

Os métodos de extração por cabos aéreos, teleféricos ou cabos-grua, consistem no caminho formado por cabos suspensos esticados e fixo entre duas extremidades (mastros). Neste cabo é acoplado um carrinho transportador que deslizará por ele. Este carrinho possui um outro cabo denominado cabo de arraste, onde por meio deste a madeira será presa e posteriormente realizada a movimentação até a máquina ou até um pátio.

A denominação dada à máquina que se encontra estacionada é: “*yarding*”. O termo “*yarding*” é geralmente aplicado a sistemas de cabos que, em teoria, são capazes de realizar levantamento vertical da carga. Isto significa que as toras podem ser ao menos suspensas parcialmente durante parte do ciclo de transporte CONWAY (1976, apud MACHADO, 2008).

Já Stoker et. al. (1989) definem *Cable Yarding* como a extração de madeira do local de corte até um pátio, utilizando um sistema de cabos, nos quais as toras são prendidas por estropos.

Figura 53: Torres e cabos aéreos.



Fonte: Koller.

De acordo com Souza (1985, apud OLIVEIRA, 2009), os sistemas de extração de madeira por cabos podem ser classificados basicamente em:

- **Sistemas de Cabos por Arraste:** onde as árvores ou toras podem estar parcialmente suspensas ou estar totalmente em contato com o solo (Figura 54 – a).
- **Sistema de Cabos Aéreos:** nesta forma, as toras estão parcialmente sem contato com o solo ou suspensas totalmente (Figura 54 – b).

Figura 54: Exemplos de cabos por arraste (a) e cabos aéreos (b).



Fonte: Bantel (2010).

Fonte: Gebr. Ladstätter KG.

Ainda os sistemas de Cabos Aéreos podem ser classificados quanto ao vão existente: vão único ou vão múltiplo e quanto ao movimento que os cabos de sustentação fazem, podendo ser: fixo, sem-imóvel ou móvel.

Um elemento que todos os sistemas de cabos têm em comum é o “yarder” - a fonte de potência do sistema. “Yarders” são geralmente movidos a diesel, com motores variando sua potencia entre 90 a 700 hp. Um “yarder” terá ao menos um tambor e no máximo até quatro, servindo para armazenamento dos cabos e transferência de forças (SEIXAS, 2008).

O ciclo de atividades desenvolvidas no método de extração de madeira utilizando cabos pode ser descrito como:

“Através da comunicação via rádio, o operador trava o carro porta-toras ao cabo de apoio no ponto de carga; ao mesmo tempo, o cabo de tração se desprende, e os trabalhadores no ponto de carga efetuam a amarração dos cabos às toras; novamente após uma comunicação por rádio, o operador recolhe o cabo de tração, reunindo as toras e as fixando no carro porta-toras, ele se destrava do cabo de apoio e, em seguida, é puxado até a praça de descarga. Na praça de descarga, o carro porta-toras é travado e as toras são baixadas e estocadas na margem da estrada”.REMADE (2002, apud OLIVEIRA, 2009, p. 25).

Segundo estudo (SIMÕES; FENNER; BANTEL, 2010) conclui-se que as atividades parciais que consumiram a maior parte do tempo do ciclo operacional

foram prender e soltar os estropos, com aproximadamente 70% do tempo total do ciclo; O item reparos e manutenção representaram o maior percentual na composição dos custos operacionais. A distância de extração de madeira influenciou amplamente o rendimento operacional do cabo aéreo.

De acordo com Bantel (2010) a principal diferença da forma de extração de madeira com cabo aéreo das demais formas de extração se dá por intermédio de cabos, assim a força motriz não se desloca sobre o terreno. Essa importante característica traz a vantagem de permitir seu uso em terrenos abruptos, irregulares e íngremes onde os sistemas de arraste não são viáveis, do ponto de vista econômico, ou resultam em operações inaceitáveis pelo impacto ambiental causado.

A extração com teleféricos pode ser recomendada onde existe a compatibilidade com os fatores citados por Malinovski e Fenner (1988, apud BANTEL, 2010) tais como: extenso comprimento do eito de extração, declividades acentuadas, afloramento de rochas, presença de valas e grotas, sub-bosque denso e locais de difícil locomoção.

Uma das vantagens mais perceptíveis no uso desse sistema em terrenos íngremes é a redução da necessidade de construção de uma rede viária densa para o arraste de toras e, quando o correto sistema de cabos é empregado, as toras podem ser inteiramente suspensas acima do terreno, resultando em menores danos ao solo. A colheita por meio de cabos também pode ser usada em terrenos alagados onde tratores e *Skidders* de pneus possam ter dificuldades, Conway (1976 apud MACHADO, 2008).

A redução da construção de estradas de uso florestal é uma vantagem para o sistema de teleféricos quando comparado com o arraste de toras sobre o solo com máquinas convencionais. Wooldridge (1960, apud MACHADO, 2008) cita que o distúrbio do solo causado por um teleférico *Wyssen* era somente um quarto daquele causado pela operação de um trator de esteiras padrão. Em outro teste comparativo entre quatro sistemas de colheita, somente o transporte por helicópteros apresentou menos distúrbios no solo do que o teleférico *Wyssen*, KLOCK (1975, apud MACHADO, 2008). Sob condições apropriadas, esses sistemas são mais rápidos do que o arraste no terreno. A principal desvantagem é o elevado capital de investimento e os altos custos operacionais (SEIXAS, 2008).

No Brasil sua utilização ainda não é muito difundida, com algumas empresas tendo iniciado o seu uso no início deste século, geralmente com torres com cabos

aéreos sem cabo de retorno. Os alcances máximos dos modelos utilizados variam entre 300 e 600 metros, com arrastes laterais entre 15 e 25 metros para cada lado. As equipes de arraste, por módulo de torre, são formadas por cinco a sete trabalhadores, com produtividade entre 29 e 37 estéreos por hora. A média mensal operacional é de 130 horas e as perdas, por chuva, manutenção e deslocamentos das torres, é de 46 horas por mês KRETSCHEK et al., (2006, apud SEIXAS, 2008).

2.6.2.8 Extração com Pully

De acordo com a Konrad e a Macedo Forest (2011), o transportador terrestre de madeira *Pully* é uma máquina não tripulada universal, fabricada pela empresa de equipamentos florestais Konrad. É uma máquina utilizada para realizar a extração de madeira principalmente em terrenos íngremes com até 50% de declividade e também é utilizado para operações em terrenos macios e úmidos. O *Pully* é uma máquina composta por largos pneus que, dependendo do modelo, podem ser configurados nas versões com quatro, seis ou oito rodas que garantem ao equipamento uma estabilidade e fornecem, ao mesmo tempo, tração ao a máquina principalmente durante as operações em terrenos íngremes, onde a tração é fundamental para que o equipamento supere as dificuldades do terreno. Essa tração é feita por meio de dois cabos que estão fixos no chassi da máquina e as suas extremidades estão, uma fixa em um ponto no alto do terreno e o outro ponto está fixo próximo a estrada.

Devido à variação de modelos, a atividade de extração pelo *Pully* pode ser feita por arraste ou por baldeio, descreve a Konrad (2011).

Para Konrad (2011), na operação de extração por arraste as árvores são cortadas manualmente por operadores de motosserras ou por máquinas florestais. Em seguida com o uso da grua telescópica com alcance de 6 metros e raio de giro de 330°, controlada por meio do controle remoto as árvores são trazidas até a máquina. Os troncos fora do alcance da grua podem ser puxados pelo guincho com capacidade de quatro toneladas e um cabo de 80 metros de comprimento montado no *Pully*. O transporte dos troncos é semelhante ao *Skidder*, as árvores são arrastadas até a estrada mais próxima, onde serão processadas.

A Konrad (2011) comenta que na operação de extração por baldeio, o *Pully* possui uma caixa de carga onde, por meio de sua grua telescópica, se autocarrega

com toras já desgalhadas com o uso de motosserras ou *Harvesters*. Então a máquina desloca-se até a estrada onde irá depositar a madeira. A Máquina geralmente se move a favor do declive. Assim o *Pully* torna-se uma alternativa para extração de madeira em condições topográficas severas (Figura 55).

Figura 55: Imagens do transportador florestal Pully de arraste (a) e baldeio (b).



Fonte: Konrad

3 MATERIAL E MÉTODOS

O método aplicado a este trabalho constituiu-se de um amplo levantamento bibliográfico, na busca e pesquisa de diversos materiais e fontes de dados sobre o tema proposto pelo trabalho. Sendo realizadas as seguintes:

- **Pesquisa Bibliográfica:** com a elaboração do trabalho a partir de material já publicado, constituindo assim a pesquisa principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com o grande acervo materiais disponíveis na Internet.
- **Pesquisa Documental:** elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico. Como texto e matérias encontradas principalmente em revistas.

Para a montagem do presente trabalho foi necessário executar um levantamento de referências bibliográficas para que pudesse ser desenvolvida a pesquisa e análise dos temas levantados. Para promover uma revisão expositiva do tema a partir de análises e sínteses de vários materiais, foram utilizadas diferentes fontes e formas de materiais. Diversas formas para coleta foram utilizadas, como: eletrônicas (*websites*) para a busca destes materiais, como, por exemplo, artigos,

teses e dissertações. A procura por materiais impressos em acervos bibliotecários também foi um dos métodos utilizados para a reunião dos materiais a serem estudados, bem como a utilização de materiais impressos como revistas, anais, folders técnico de máquinas e equipamentos de caráter pessoal.

Artigos: foram utilizados como material de pesquisa diversos artigos técnicos e científicos pertinentes ao tema proposto. Estes artigos são provenientes principalmente por meio eletrônico, onde puderam ser localizados em diversos *websites* que estão relacionados com o tema da pesquisa.

Livros: Uma importante fonte para a realização das pesquisas. Porém devido à escassez de livros publicados nacionalmente relacionados ao tema e a dificuldade na busca e aquisição de livros internacionais em idiomas estrangeiros, apenas poucos livros foram utilizados como fonte de pesquisa bibliográfica.

Teses e Dissertações: Um amplo número de Teses e Dissertações pode ser encontrado disponível em mídia eletrônica, possibilitando assim a sua utilização como material de pesquisa.

Artigos em Congressos e Seminários: Artigos publicados em Congressos e Seminários fizeram parte do campo de pesquisa bibliográfica para o tema proposto. Sendo estes tipos de publicações ideais para o conhecimento mais prático e técnico do assunto.

Revistas: Diversas revistas ligadas ao tema proposto foram utilizadas nas pesquisas, sejam elas revistas internas de empresas fabricantes de máquinas e equipamentos florestais, ou revistas que tem como foco a atividade florestal e que trazem em seu conteúdo algumas informações sobre o tema proposto, bem como opiniões e comentários de pessoas de renome que possuem amplo conhecimento do tema do trabalho.

Internet: Com o avanço e a importância da Internet para a sociedade, existe atualmente um enorme acervo de publicações digitais, quase sempre acessíveis a qualquer pessoa. Desta forma com o enorme número de páginas na Internet, está foi

uma importante ferramenta de base de dados e informações para o tema proposto. Assim, diversos websites foram consultados, artigos em versões digitais, teses e dissertações digitais também serviram de materiais para a pesquisa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização da coleta e pesquisa de materiais e posteriormente o desenvolvimento de análise dos mesmos com base em diversos materiais bibliográficos como artigos, relatórios, livros, teses e dissertações na área de colheita florestal, podê-se, por meio deste, obter uma visão geral e ampla do tema. Desta forma foi possível estabelecer algumas considerações.

Os conceitos aplicados à colheita florestal, como a própria definição de colheita, sistemas, descrição de fatores de influências, características de cada método, já estão bem consolidados. O que ocorre é uma complementação destes para melhor suplementar novas técnicas desenvolvidas ao longo dos anos.

No que se diz respeito a alguns temas dentro do assunto proposto, pode-se atentar que existe uma exiguidade em determinados assuntos. Assim, destacando os temas de Extração de Madeira por Helicópteros, observa-se a escassez de bibliografias nacionais, assim como ocorre nos métodos *Shovel Logging* e *Pully*. Isto ocorre, pois estas operações não são realizadas no Brasil ou estão começando a serem aplicadas recentemente, fato este que não ocorre quando se trata de bibliografias de países de tradição na colheita florestal.

As descrições das vantagens e desvantagens puderam ser descritas na **Revisão Bibliográfica e Discussão**, assim apontando as particularidades de cada sistema de colheita florestal. Bem como as variáveis de influência em cada operação.

As atividades recentes como a extração de madeira por cabos aéreos, torres e teleféricos já são alvos de estudo e observa-se que existem estudos muito recentes sobre a atividade a qual está em grande expansão no Brasil. Outras há alguns estudos, porém é necessário que sejam mais aprofundados de forma técnica e científica.

Observou-se uma similaridade nas opiniões de muitos autores sobre os aspectos de vários temas. O que ocorre em muitas vezes são complementações de idéias de autores.

Nacionalmente há uma carência de publicações no formato de livro, sendo o livro: Colheita Florestal do editor Carlos Cardoso Machado o único a abordar de forma ampla os temas e assuntos da colheita florestal. Existe ainda a publicação Evolução dos Sistemas de Colheita de Pinus na Região Sul do Brasil, dos autores Jorge Roberto Malinovski e Ricardo Anselmo Malinovski.

Grande parte do material encontrado está em forma de artigos técnicos e científicos, que buscam fazer uma análise de alguma operação de colheita florestal. Teses e dissertações também são encontradas com uma certa facilidade, principalmente disponibilizadas na Internet.

Nas bibliografias consultadas pode-se perceber que as descrições, principalmente técnicas, dos equipamentos de colheita, não condizem com a atual situação. Isso explica-se pois as máquinas sofrem constantemente modificações e melhorias, assim de um ano para o outro a descrição técnica de equipamentos pode ser alterada.

Os autores de âmbito nacional de maior influência no tema de colheita florestal, dentre as bibliografias consultadas são: Jorge Roberto Malinovski, Fernando Seixas além do autor de muitos trabalhos e editor da bibliografia Colheita Florestal, Carlos Cardoso Machado.

Outros autores como: Cleverson de Mello Sant' Anna, Paulo Torres Fenner, Eduardo da Silva Lopes, Amaury Paulo de Souza, Helio Garcia Leite, são autores com publicações de relevante importância e contribuição para o tema.

5 REFERÊNCIAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010**, 2011, Brasília, p. 1-130.

AMABILIN, V. D. Utilização do Harvester na exploração florestal. In: **Simpósio Brasileiro Sobre Exploração e Transporte Florestal**, 1., 1991. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SIF, 1991. p.349-364.

AKAY, A.E.; ACAR, H.H.; SESSIONS, J. **An Analysis of Utilizing Helicopter Logging in Turkish Forestry**. Journal of Applied Sciences, 8: 3910-3916. 7 p. 2008.

ALVES, M. K. L.; FERREIRA, O. O. A avaliação da etapa de descasque de torretes de eucalipto para polpa. *Ciência Florestal*, Santa Maria, SC, v.8, n.1, p. 1-12. 1998.

ALVES, M. K. L.; FERREIRA, O. O. **Avaliação da etapa de derrubada e processamento de eucalipto para celulose**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, SC, v.8, n.1, p. 23-34. 1998.

Analyses of Parameters Affecting Helicopter Timber Extraction. Disponível em: <<https://www.lib.unb.ca/Texts/JFE/bin/get12.cgi?directory=July02/&filename=stampfer.htm>> Acessado em: 21 de Outubro de 2011.

BANTEL, C. A. **Estudo de diferentes sistemas de colheita de Eucalyptus spp em área montanhosa**. 2010. 166 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2010.

BANTEL, C. A.; **Transporte de Madeira com Helicóptero**. Disponível em: <<http://www.sbef.org.br/bantel8.html>>. Acessado em: 17 de Outubro de 2011.

BANTEL, C.A. **Análise de extração de madeira de eucalipto com forwarder em floresta de primeira e segunda rotação**. Botucatu, 2006. 126 f. Dissertação (mestrado). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

BELMONTE, G. Z. Construção de um banco de dados sobre máquinas utilizadas na produção de madeira, na etapa de colheita florestal. 2005. 63 f. Relatório de Estágio –Centro de Ciências Rurais, Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

BERTIN, V. A. S. **Análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizados de eucalipto em 1ª rotação.** 2010. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

Between the Branches. Brantford, ON Canada. nº 27, março, 2011. 24 p.

BILLINGSLEY, J. ; VISALA, A. ; DUNN, M. **Robotics in agriculture and forestry.** Chapter 46. 14p. 2007.

BIRRO, M. H. B. et al. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “track-skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 5, p. 525-532, 2002.

BRAMUCCI, M. **Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita de madeira.** 2001. 65 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 62-74, 2002.

Buncher Harvesting. Disponível em: http://www.valuebythebundle.com/Canadian/buncher_harvesting.html Acessado em 23 de Julho de 2011.

BURLA, R. V. **Avaliação técnica e econômica do “harvester” na colheita do eucalipto.** 2008. 79 f. Tese (Pós Graduação Energia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2008.

CANTO, J. L. et al. Colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 989-998, 2006.

CASTRO, G. P.; **Heli-logging.** Disponível em: <http://colheitademadeira.com.br/informativos/138/heli-logging.html>. Acessado em: 04 de Julho de 2011

CLEAVER, D. **Standing Stem Harvesting**. Campbell River, British Columbia, Canada: The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium 2001. p. 280-284.

Colheita de árvores inteiras de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG. v.20, n.1. p.101-109,

DOUGLASS, F. J.; MICHLER, C. H. **Proceedings 16th Central Hardwood Forest Conference**. 608 p. West Lafayette, IN April 8-9, 2008.

Energy Wood Harvester. Disponível em: <http://www.deere.com/en_US/cfd/forestry/deere_forestry/harvesters/energy_wood_harvester.html> Acessado em 21 de Setembro de 2011.

EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX. **Sistemas de colheita e transporte na Duratex**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3., 1997, Vitória. Anais... Vitória: UFV/SIF, 1997. p24-45.

FISHER, J. 1999. **Shovel logging: cost effective systems gains ground**. Proceedings of International Mountain Logging and 10th Pacific Northwest Skyline Symposium; 1999 March 28-April 1; Corvallis, Oregon: p. 61-66.

FLOCH, R.F. **Shovel logging and soil compaction: a case study**. A Paper (Master of Science in Forestry). 117 p. Department of Forest Engineering Oregon State University. 1988.

Forests and Rangelands - **FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG** – Cable Logging Operations. Disponível em: <<http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/cable.shtml>> Acessado em: 10 de Outubro de 2011.

Forests and Rangelands - **FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG** – Chippers. Disponível em: <<http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/chippers.shtml>> Acessado em: 14 de Outubro de 2011.

Forests and Rangelands - **FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG** - Feller Buncher. Disponível em: <<http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/fellerbuncher.shtml>> Acessado em: 23 de Setembro de 2011.

Forests and Rangelands - **FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG** –
 Forwarders. Disponível em: <
<http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/forwarders.shtml>>
 Acessado em: 08 de Outubro de 2011.

Forests and Rangelands - **FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG** -
 Harvester. Disponível em: <
<http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/harvester.shtml>> Acessado
 em: 24 de Setembro de 2011.

Forests and Rangelands - **FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG** –
 Helicopter Extraction. Disponível em:
 <<http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/helicopter.shtml>>
 Acessado em: 11 de Outubro de 2011.

Forests and Rangelands - **FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG** – Log
 Loaders. Disponível em: <
<http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/logloaders.shtml>> Acessado
 em: 09 de Outubro de 2011.

Forests and Rangelands - **FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG** –
 Skidders. Disponível em: <
<http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/skidlers.shtml>> Acessado
 em: 08 de Outubro de 2011.

Forests and Rangelands - **FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG** –
 Stroke Boom Delimber. Disponível em: <
<http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/strokeboomdelimber.shtml>>
 Acessado em: 27 de Setembro de 2011.

FREITAS, K. E. **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada.**
 2005. 27 f. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal de
 Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

FREITAS, L. C. **Avaliação de impactos ambientais da inovação tecnológica na
 colheita florestal.** 2008. 118 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) -
 Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

GREUDLICH, F. G. et al. **A primer for timber harvesting.** Washington, DC:
 Washington State University, 33 p. 1996.

GUIMARÃES, H. S.; **A logística como fator decisivo das operações de colheita de madeira e transporte florestal.** In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 13., 2004, Curitiba. **Anais...**Curitiba: UFPR/FUPEF, 2004. p. 127 – 146.

HARTSOUGH, B. R.; et al. **Comparison of mechanized systems for thinning Ponderosa pine and mixed conifer stands.** Forest Products Journal. vol. 47, NO. 1 1112. November/December 1997. 59-68 p. 1997.

HARTSOUGH, B.; YOMOGIDA, David Y. **Compilation of state-of-the-rrt mechanization technologies for short-rotation woody crop production.** 75 p. USDA Forest Service Southern Research Station Auburn University, AL 36849. 1996.

Helicopter Logging (heli-logging). Disponível em: <<http://forestry.com/blog/helicopter-logging-heli-logging>> Acessado em 04 de Julho de 2011.

HUBBARD, W.; LATT, C.; LONG, A. **Forest terminology for multiple use management.** Disponível em: < <http://lienvirothon.org/pdf/ssfor11.pdf>>. Acessado em 27 de Setembro de 2011.

HUBBARD, W.; LATT, C.; LONG, A. Forest Terminology for Multiple Use Management. **The Dictionary of Forestry.** 1998. John A. Helms (editor). 210 p. The Society of American Foresters, 5400 Grosvenor Lane, Bethesda, MD 20814. 16 p. 1998.

JACOVINE, L. A. G. et al. Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 391-400, 2005.

JUNIOR, E. D. O.; SEIXAS, F. Análise energética de dois sistemas mecanizados na colheita do eucalipto. **Revista Scientia Forestalis - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, SP, n. 70, p. 49-57, abril, 2006.

Just Forest – Komatsu Forest International Magazine. Umeå, Sweden, v. 2, 2005. 39 p.

Just Forest – Komatsu Forest International Magazine. Umeå, Sweden, v. 1, 2007. 35 p.

Just Forest – Komatsu Forest International Magazine. Umeå, Sweden, v. 2, 2007. 31 p.

Just Forest – Komatsu Forest International Magazine. Umeå, Sweden, v. 3, 2007. 35 p.

Just Forest – Komatsu Forest International Magazine. Umeå, Sweden, v. 1, 2010. 31 p.

Just Forest – Partek Forest International Magazine. Umeå, Sweden, v. 3 , 2001. 27 p.

Just Forest – Partek Forest International Magazine. Umeå, Sweden, v. 1, 2003. 31 p.

KANTOLA, M.; HARSTELA, P. Manual de Tecnologias Apropriadas às Operações Florestais em Países em Desenvolvimento, Helsink: Direção Nacional de Educação Vocacional do Governo da Finlândia. Parte 2. Programa de Treinamento Florestal Publicação, n.9, 1994, 202 p.

KLEPAC, J.; RUMMER, B. Evaluation of a Shovel Logging System in the Gulf Coastal Plain. 2002 Council on Forest Engineering (COFE) Conference Proceedings: "A Global Perspective". 5 p. Auburn, June. 2002.

Koller North América. Disponível em: <<http://kollerna.com>> Acessado em: 21 de Outubro de 2011.

LARANJA, D.; et al. **Transporte florestal.** Disponível em: <http://www.amatabrasil.com.br/pt/operacoes/plantacoes_exoticas/PO_PLT_19_Transporte_Florestal_090923.pdf>. Acessado em: 11 de Novembro de 2011.

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

LEITE, A. M. P. **Análise de fatores que afetam o desempenho de veículos e o custo de transporte de madeira no distrito florestal do Vale do Rio Doce – MG.** 1992. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

LEITE, A. M. P.; LIMA, J. S. S. **Mecanização**. In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 2008. cap. 2, p. 43-65.

Lim-mit line of delimiters. Disponível em: < <http://www.risleyequipment.com/products.aspx?Product=Limmit&Gallery=Main>> Acessado em 11 de Agosto de 2011.

LOPES, E. S. et al. Avaliação técnica do trator florestal arrastador “skidder” com diferentes tipos de rodados na extração de madeira em povoamentos de pinus. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1053-1061, 2007.

LOPES, E. S. et al. Compactação de um solo de uso florestal submetido ao tráfego de arraste de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 369-376, 2006.

LOPES, S. E. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal**. 2007. 144 f. Tese (Doutorado em Energia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, April,

MAC DONAGH, P. M. **Avaliação técnico-econômica da extração de Pinus spp. Utilizando tratores com garra no sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 1994. p. 156.

MACHADO, C. C. et al. Avaliação técnico-econômica do Feller-buncher em diferentes subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622004000200006> Acessado em: 15 de Novembro de 2011.

MACHADO, C. C. O setor florestal brasileiro In: MACHADO, C.C (Ed). **Colheita florestal**. Vicosa, MG: UFV, Imprensa Univesitária, 2002, 468 p.

MACHADO, C. C. ; LOPES, E. S. **Sistemas**. In: MACHADO, C.C. **Planejamento**. Viçosa: UFV, 2008. cap. 7, p. 185-230.

MACHADO, C.C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, S. R.; **O Setor Florestal Brasileiro e a Colheita Florestal**. In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 2008. cap. 1, p. 15-42.

MAGALHÃES, P. A. D.; KATZ, I. **Estudo da viabilidade econômica da mecanização do processo de colheita florestal com harvester em uma industria madeireira**. *Tékhne Lógos*, Botucatu, SP, v.2, n.1, out. 2010.

MALINOVSKI, J. R. et al. **Sistemas**. In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 2008. cap. 6, p. 161-184.

MALINOVSKI, J. R.; **Colheita de madeira, transporte florestal e integração com a cadeia produtiva**. Revista Opiniões 2008. Set-Nov. 2008.

MALINOVSKI, J. R.; MALINOVSKI, R. A. **Evolução dos sistemas de colheita de Pinus na Região Sul do Brasil**. Curitiba, FUPEF, 1998. 138 p.

MALINOVSKI, R. A. **Otimização da distância de extração de madeira com Forwarder**. 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Colheita**. Revista da Madeira, Curitiba, n. 68, dez. 2002. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=262&subject=Colheita&title=Colheita>. Acessado em: 09 de Setembro de 2011.

MALINOVSKI, R. A. et. al. 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. **Florestal**, Curitiba, PR, v. 36, n. 2, mai./ago. 2006.

MARQUES, A. P; **Análise do sistema de produção de cavaco no campo**. 2010. 19 f. Tese (Monografia/Energia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

McDONAGH, K. D. **Systems Dynamics Simulation To Improve Timber Harvesting System Management**. 2002.

MCNABB, D.H.; FROEHLICH, H.A. Conceptual model for predicting forest losses from soil compaction. In: **PROCEEDINGS OF THE 1983 SAF NATIONAL CONVENTION**, 1983. p.261-265.

MENDONÇA FILHO, WILSON F. DE, Análise da viabilidade técnico econômica da extração florestal em áreas montanhosas na região Sudeste do Brasil – **Revista Floresta e Ambiente**, V 9 – UFRRJ. P.219-222. 2001

MINETTE, L. J. et al. Análise técnica e econômica do forwarder em três subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 91-97, 2004.

MOREIRA, F. M. T. **Mecanização das atividades de colheita florestal**. 1998. 25 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

MOREIRA, M. F. **O primeiro forwarder made in Brasil**. Disponível em: <<http://www.colheitademadeira.com.br/informativos/184/o-primeiro-forwarder-made-in-brasil.html>> Acessado em: 17 de Julho de 2011.

Nordfjell, T., Bjorheden, R., Thor, M. and Wasterlund, I. (2010). **Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010**. Scandinavian Journal of Forest Research 25:382-389. 2010.

North Carolina Forestry BMP Manual, Amended 2006. **Appendix 8: Logging System Descriptions**. September 2006. p. 232-233.

NURMINEN, T.; KORPUNEN, H.; UUSITALO, J. **Time Consumption Analysis of the Mechanized Cut-to-length Harvesting System**. University of Joensuu, Faculty of Forestry. Parkano, Finland. 335-363 p. 2006.

ODHIAMBO, B. O. **The use of time study, method study and GPS tracking in improving operational harvest planning in terms of system productivity and costs**. Thesis (Master of Science in Forestry). University of Stellenbosch. 121 p. 2010.

OLIVEIRA, R. J. **Avaliação técnica e econômica de cabos aéreos na colheita de pinus no município de Cerro Azul-PR**. 2009. 67 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Florestal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.

OLIVEIRA, R. J. et al. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “clambunk skidder”. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 267-275, 2006.

OLUND, D. **The Future of Cable Logging**. The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium 2001. p. 263-267. 2001.

OWENDE, P. M. O. et al. **Operations protocol for eco-efficient wood harvesting on sensitive sites**. ECOWOOD Partnership. 74 p, 2002.

PARISE, D. J. **Influência dos requisitos pessoais especiais no desempenho de operadores de máquinas de colheita florestal de alta performance**. Curitiba: UFP, 2005, 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2005.

PENNA, E. S. **Avaliação ergonômica e ambiental de cabos aéreos na colheita de pinus em cerro azul**, PR. Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009.

Peterson Pacific Corp. **Products**. Disponível em: <<http://www.petersoncorp.com>> Acessado em 19 de Setembro de 2011.

PRESTES, J. A. Primarização e inovações da colheita florestal próximas à linha do Equador. **Revista Opiniões**. Jun/Ago. 2010.

PULKKI, R. E. **Glossary of forest harvesting terminology**. 2006. Disponível em: <http://flash.lakeheadu.ca/%7Erepulkki/REP_terminology.pdf>. Acessado em: 29 de Outubro de 2011.

Pully. Disponível em: < <http://www.forsttechnik.at/pully-allgemeines>> Acessado em 18 de Novembro de 2011.

RICE, R. M.; ROTHACHER, J. S.; MEGAHAN, W. F. Erosional consequences of timber harvesting: an appraisal. 321-329 p. In: **National Symposium on Watersheds in Transition**.

RÍGOLO, A.; BAPTISTA, M., D. **Colheita florestal**. Disponível em: <http://www.amatabrasil.com.br/pt/operacoes/plantacoes_exoticas/PO_PLT_18_Colheita_Florestal_091016.pdf>. Acessado em: 05 de Novembro de 2011.

ROCHA FILHO, H. **Análise de fatores que afetam o desempenho e custo de extração de madeira de eucalipto com caminhão autocarregável**. Viçosa, MG: UFV, 1993, 108p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.

RUMMER, B. **TIMBR-3: Forest Operations Technology**. Disponível em: <http://www.srs.fs.usda.gov/sustain/report/pdf/chapter_15e.pdf> Acessado em: 21 de Outubro de 2011.

SALMERON, A. **A mecanização da exploração florestal**. Piracicaba: IPEF, 1980. 10 p. (Circular técnica, 88).

SALMERON, A. **Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento industrial de resíduo visando a produção de energia**. Piracicaba: IPEF, v.1, n.2, p.B.1 – B.12, Jul.1980.

SANT'ANNA, C. M. **Corte**. In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 2008. cap. 3, p. 66-96.

SANTOS, S. L. M.; MACHADO, C. C. Análise técnico-econômica do processamento de madeira em áreas planas, utilizando o processador. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 346-357, 1995.

SANTOS, S. L. M.; MACHADO, C. C. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira com forwarder em diferentes volumes por árvore e comprimentos de toras. **Revista Madera y Bosques**, México, v. 7, n. 2, p. 87-94, 2001.

SANTOS, S.L.M. **Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 99p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

SEIXAS, F. **Extração**. In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 2008. cap. 4, p. 97-145.

SEIXAS, F.; CAMILO, D. R. **Colheita e transporte florestal – Notas de aula**. Piracicaba ESALQ/USP. 243 p. 2008.

SESSIONS, J.; HAVILL, Y. **Proceedings of the international mountain logging and 13th pacific northwest skyline symposium**. Department of Forest Engineering Oregon State University. International Union of Forest. Research Organizations. 299 p. Corvallis, OR. April 1-6, 2007.

Shovel Logging – **Revista Referência**. Disponível em: <http://www.portalreferencia.com.br/index2.php?principal=ver_noticia.php&uid=14> Acessado em 17 de Agosto de 2011.

Shovel Logging. Disponível em: <http://colheidademadeira.com.br/informativos/192/shovel-logging.html> Acessado em: 01 de Outubro de 2011.

SILVA, E. N. et al. **Carregamento e Descarregamento.** In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal.** Viçosa: UFV, 2008. cap. 5, p. 146-160.

SILVA, E. P et al. Análise Avaliação biomecânica do trabalho de extração manual de madeira em áreas acidentadas. **Revista Scientia Forestalis - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, SP, v 36 n. 79, p. 231-235, setembro, 2008.

SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto.** 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; BANTEL, C. Custos e rendimentos operacionais da extração de madeira de eucalipto com cabo aéreo. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 16, n. 2, p. 185-192, abr./jun. 2010

Soluções Inteligentes para Terrenos Íngremes. Disponível em: <http://www.colheidademadeira.com.br/informativos/216/solucoes-inteligentes-para-terrenos-ingremes.html> Acessado em: 12 de Novembro de 2011.

SOUZA, D.O de. **Avaliação dos diferentes níveis de mecanização na atividade de colheita de madeira.** Curitiba, 2001. 74 f. Relatório Técnico-Científico Final. Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.

Standing Stem Harvesting. Disponível em: http://www.valuebythebundle.com/Canadian/standing_stem.html Acessado em 23 de Julho de 2011.

STOKES, J. B. et al. **Glossary of Terms Used in Timber Harvesting and Forest Engineering.** Gen. Tech. Rep. SO-73. New Orleans, LA: U.S. Dept of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 33 p. 1989.

TARNOWSKI, B. C.; SCHNEIDER, P. R.; MACHADO, C.C. **Produtividade e custo do processador trabalhando em povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** Ciência Florestal, Santa Maria, 1999. v. 9, n. 2, p. 103-115. Universidade Federal de Santa Maria

TARNOWSKI, C. B. Estudo Técnico e Econômico de dois sub-sistemas mecanizados de colheita de madeira em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Santa Maria, 1998. 129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria.

The Mechanized Cut-to-length Harvesting System. University of Joensuu, Faculty of Forestry. Parkano, Finland. 335-363 p. 2006.

THEES, O.; FRUTIG, F.; FENNER, P. Colheita de madeira em terrenos acidentados – Recentes desenvolvimentos técnicos e seu uso na Suíça. In: **Anais XVI Seminário de Atualização sobre Sistema de Colheita de Madeira e Transporte Florestal.** Campinas, SP , 2011. p. 125-146.

THOMPSON. J. D. Productivity of a tree length harvesting system thinning ponderosa pine in Northern Arizona. In: **Proceedings of the 2003 council of forest engineering 26th annual conference.** Bar Harbor, ME: University of Maine, New England Regional Council on Forest Engineering: 5 p. 2003.

Tigercat LS855C shovel logger. Disponível em: <<http://tigercat.com/en/ls855c/ls855c-overview.html>> Acessado em: 17 de Novembro de 2011.

Timberpro. **Products.** Disponível em: <<http://timberpro.com/Brochures.htm>> Acessado em 11 de Agosto de 2011.

Transportador Florestal Pully 4000 – Konrad. Disponível em: <<http://www.colheitademadeira.com.br/informativos/100/transportador-florestal-pully-4000-%E2%80%93-konrad.html>> Acessado 03 em Junho de 2011.

Transportador Pully-Konrad. Disponível em: <<http://www.braflorest-tec.com/8.html>> Acessado em 18 de Novembro de 2011.

VALENÇA, A. C. V. et al. Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita florestal. **Revista Madeira**, Curitiba, n. 51, p. 46-49, 2000.

VALVERDE S. R.; et al. Análise técnica econômica do arraste com skidder no sistema de

WADOUSKI, L. H. **Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita de madeira.** In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1997, Curitiba. Anais. Curitiba: UFPR, FUPEF, 1997. p. 77-84.

WEHNER, T. **Mechanized Harvesting Systems in Permanent Stands and Technology.** Forest Research Institute. ep. Forest Work and Forest Utilization. In: The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium 2001. Freiburg, Germany. 2001.

ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótima de estradas de uso florestal em relevo plano de áreas com produção de *Pinus taeda*.** 2005 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.