

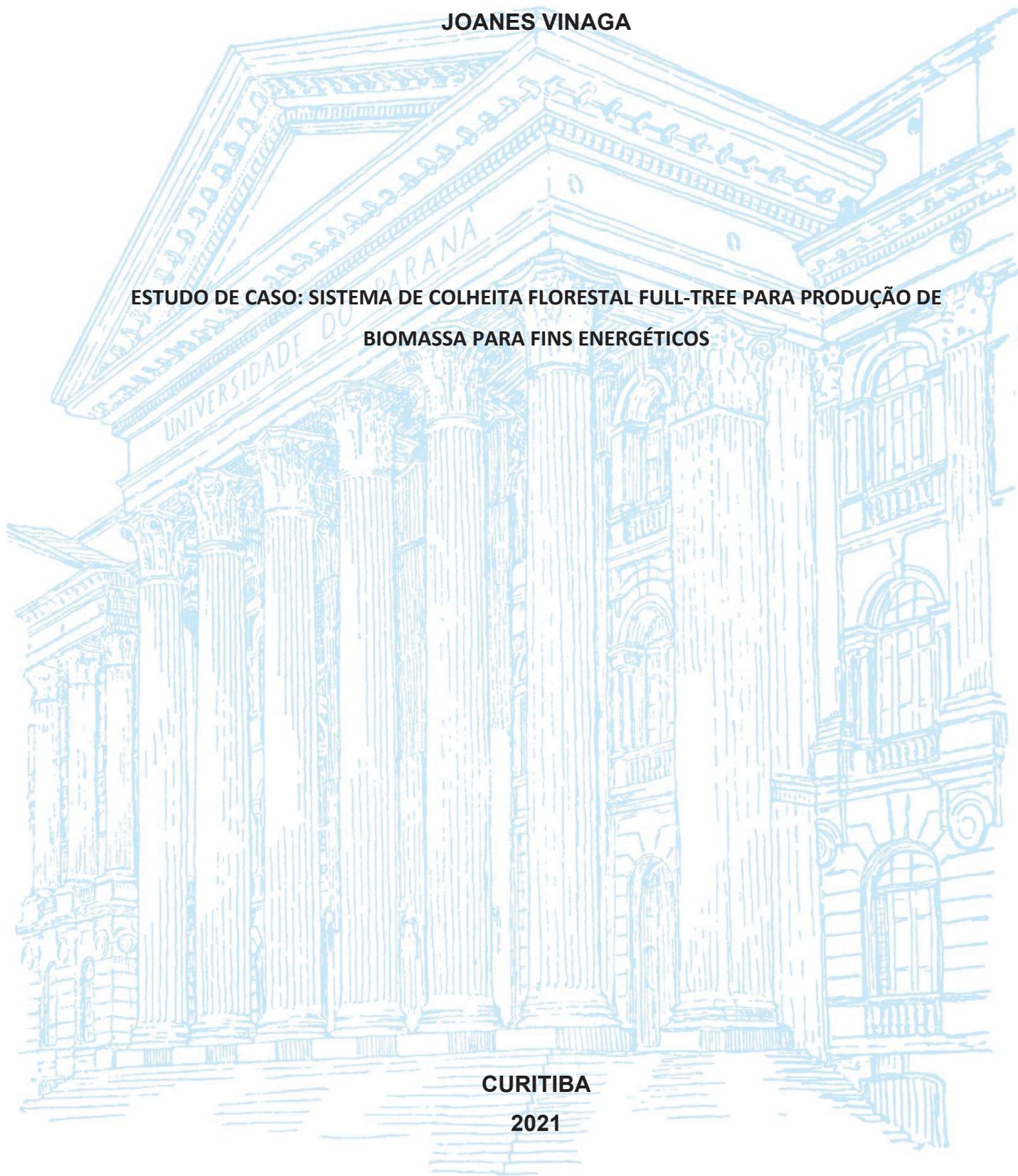
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOANES VINAGA

**ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE COLHEITA FLORESTAL FULL-TREE PARA PRODUÇÃO DE
BIOMASSA PARA FINS ENERGÉTICOS**

CURITIBA

2021



JOANES VINAGA

**ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE COLHEITA FLORESTAL FULL-TREE PARA PRODUÇÃO DE
BIOMASSA PARA FINS ENERGÉTICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal.

Orientador: Prof. Renato Cesar Gonçalves Robert
Coorientador: Prof. Carlos Cezar Cavassin Diniz

CURITIBA

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

JOANES VINAGA

ESTUDO DE CASO: SISTEMA DE COLHEITA FLORESTAL FULL-TREE PARA PRODUÇÃO DE
BIOMASSA PARA FINS ENERGÉTICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal.

Prof. Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert
Departamento Engenharia Florestal, UFPR

Prof. Dr. Leandro Duarte
Departamento Engenharia Florestal, UFPR

Curitiba, 26 de outubro de 2021.

A Deus...

A minha esposa Antônia Tatiane Camargo e as minhas filhas Maria Luiza e Maria Eduarda.

Aos amigos e demais familiares.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado esta oportunidade, saúde e força para realização deste trabalho. Ao meu orientador, Professor Renato Cesar Gonçalves Robert, não só pela competente orientação, mas também pela paciência e sábias palavras de incentivo. À Universidade Federal do Paraná, que proporcionou a realização deste Curso de Pós-graduação em Gestão Florestal. A todos os professores do curso de pós-graduação, que compartilharam seus conhecimentos conosco e contribuíram para meu enriquecimento profissional. Aos colegas e amigos de pós-graduação, pela amizade e pelo crescimento proporcionado em discussões e trocas de ideias. A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A colheita florestal mecanizada tem proporcionado aumento da capacidade operacional nas diversas atividades de produção de biomassa lenhosa. A caracterização desse potencial técnico para a produção da madeira ao longo da cadeia produtiva é importante. Todo sistema de colheita florestal seja ele mecanizado ou não, requer uma avaliação de rendimentos para uma análise eficiente das viabilidades técnicas e econômicas. A descrição das diversas atividades mecanizadas e os principais equipamentos nos processos de colheita florestal são importantes para a determinação de um sistema rentável, de maior eficiência e minimização dos custos, otimizando a produção e a busca da qualidade final do produto através de um sistema cada vez mais tecnificado, automatizado. O objetivo deste estudo foi descrever os sistemas de colheita florestal mecanizada em especial o sistema *Full-Tree* com *Feller-Buncher*, *Skidder*, Picador Florestal, Processador Florestal Garra traçadora. Com essa descrição foi possível demonstrar os distintos equipamentos para produção de biomassa com melhor custo-benefício e os mais indicados para colheita florestal de eucalipto para biomassa.

Palavras-chave: *Full-Tree*, *Feller-Buncher*, *Skidder*, Picador Florestal, Garra traçadora.

ABSTRACT

Mechanized forest harvesting has provided an increase in operational capacity in the various woody biomass production activities. The characterization of this technical potential for wood production along the productive chain is important. Every forest harvesting system, whether mechanized or not, requires an evaluation of yields for an efficient analysis of technical and economic feasibility. The description of the various mechanized activities and the main equipment in the forest harvesting processes are important for the determination of a profitable system, of greater efficiency and minimization of costs, optimizing production and the search for final product quality through an increasingly technician, automated system. The objective of this study was to describe the mechanized forest harvesting systems, especially the Full-Tree system with Feller-Buncher, Skidder, Forest Chopper, Forest Processor, and Tracer Grapple. With this description it was possible to demonstrate the different equipment for biomass production with better cost-benefit and the most indicated for biomass forest harvesting of eucalyptus.

Keywords: Full-Tree, Feller-Buncher, Skidder, Forest Chipper, Tracer Claw.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FELLER BUNCHER DE ESTEIRA	25
FIGURA 2 – TRATOR SKIDEER	26
FIGURA 3 – GARRA TRAÇADORA	27
FIGURA 4 – PICADOR FLORESTAL	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 JUSTIFICATIVA.....	18
2.1 OBJETIVOS	18
2.1.1 Objetivo geral	18
2.1.2 Objetivos específicos.....	18
2.2 METODOLOGIA.....	18
3 REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1 A COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL	19
3.2 MECANIZAÇÃO DA COLHEITA FLORESTAL.....	20
3.2.1 Fatores que influenciam no desempenho da mecanização.....	22
3.3 SISTEMA DE COLHEITA.....	23
3.4 MÁQUINAS USADAS NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA	24
3.4.1 Feller Buncher	24
3.4.2 Trator Skidder.....	25
3.4.3 Garra Traçadora	27
3.4.4 Picador Florestal	27
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores que levam as empresas do setor florestal no Brasil a se preocupar é a redução de custos de produção, mas isso precisa andar junto, com o rendimento operacional e a segurança no trabalho. Com a necessidade de redução de custos operacionais, bem como da redução de mão de obra em algumas localidades, muitas empresas vêm adotando o emprego de modernas tecnologias para possibilitar a otimização de sistemas mecanizados de colheita de madeira (Yamashita, 2002). Nesse contexto, a mecanização florestal nas operações de corte causa a diminuição da carga de trabalho manual (Fenner, 1991) e, conseqüentemente, minimiza a ocorrência de acidentes e eventuais danos físicos aos trabalhadores.

A produção de biomassa proveniente de florestas plantadas deve levar em consideração a colheita e a logística, como sendo as principais atividades na definição dos custos para as fábricas que absorvem esse material para produção de vapor, seja para suas atividades ou seja para cogeração de energia. Sendo assim, um bom planejamento, associado com as inovações tecnológicas do setor, podem promover a obtenção de avanços em termos de ganhos em produtividade e qualidade, redução de custos, melhores condições de trabalho e garantia de entrega da matéria-prima para o atendimento a demanda. O planejamento deve organizar as atividades da empresa adequadamente em função de seus objetivos comerciais, legais, ambientais, dentre outros. Conforme os cenários se alteram e novos problemas surgem, diversas lacunas de conhecimento são criadas, onde o planejamento e variáveis econômicas constituem uma importante ferramenta no processo de tomada de decisões, possibilitando uma maximização da eficiência do processo produtivo e da rentabilidade do negócio florestal.

Apesar do potencial, as frequentes e recentes crises econômicas mundiais acabaram afetando a produção e exportações dos produtos florestais no Brasil. Junto às crises, empresas do setor enfrentam, além da perda de mercado, problemas como complexidade legal e principalmente a falta de investimentos, a fim de ganhar produtividade e melhorar a competitividade. (TOMASELLI, 2011).

Portanto, frente à incerteza do mercado, e com necessidade de se ter um setor cada vez mais forte, o mercado florestal deve fazer uso da criatividade para encontrar as melhores saídas para as anomalias dos processos.

Os sistemas de produção de madeira em florestas comerciais se caracterizam por uma sequência de atividades, denominadas operações florestais. Essas são realizadas de modo cronológico, consistindo em fases de implantação, desenvolvimento da floresta e colheita da madeira. (MACHADO, 2002). Segundo Machado (2002), os sistemas de colheita podem variar de acordo com diversos fatores, dentre eles topografia do terreno, rendimento volumétrico do povoamento, tipo da floresta, uso final da madeira, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis. Quanto à classificação do sistema de colheita, a ser descrito e caracterizado neste trabalho, será o sistema *full-tree* ou árvores inteiras, que, segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, é assim definido quando a árvore é derrubada e levada para a margem da estrada ou pátio intermediário, onde é processada posteriormente. (FAO, 1978).

A mecanização dessas atividades proporciona um grande aumento da eficiência operacional e segurança dos trabalhadores. (MACHADO, 2002). A aquisição das máquinas empregadas na colheita florestal despende de alto investimento financeiro para a empresa ou prestadores de serviços. Diante da escolha e implantação do modelo de operação, cabe aos gestores da empresa, sempre que possível, investir em criatividade a fim de melhorar o processo produtividade utilizando os modelos de máquina existentes. (SIMÕES, 2008). Com origem japonesa, esse conceito, também denominado “filosofia Kaizen”, diz que é sempre possível fazer melhor. (TRINDADE et al., 2007). Nenhum dia deve passar sem que alguma melhoria tenha sido implantada, seja ela na estrutura da empresa ou no indivíduo. O Kaizen não visa somente produtividade, redução de custos e eliminação de desperdícios, mas também interação dos processos, saúde e satisfação dos funcionários. (SHARMA; MOODY, 2003). Frente ao mercado promissor, mas extremamente concorrente, cabe a aplicação de melhorias contínuas no sistema, a fim de diminuir as anomalias e otimizar os ganhos empresariais.

Assim, este trabalho justifica-se, por apresentar alternativas de uso de máquinas florestais de colheita, com a finalidade de reduzir custos operacionais para as empresas. Este trabalho teve como objetivo apresentar os tipos de máquinas utilizadas por várias empresas na produção de biomassa para geração de energia, a partir de florestas plantadas de eucalipto, com utilização de *Feller buncher*, *Skidder*, picador florestal e garra de abastecimento.

2 JUSTIFICATIVA

Com o aumento significativo de projetos de geração de energia a base de biomassa de florestas plantadas, justifica-se o estudo dos métodos e sistemas da colheita mecanizada, elencando aqui os principais equipamentos das diversas operações colheita florestal.

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo geral

Demonstrar o sistema de colheita florestal, *Full Tree*, para projetos de produção de biomassa.

2.1.2 Objetivos específicos

- Descrever os principais métodos de colheita mecanizada existentes no Brasil;
- Destacar os principais problemas e benefícios dos sistemas de colheita florestal mecanizada;
- Demonstrar através da revisão bibliográfica os sistemas mais viáveis economicamente para produção de biomassa em florestas de eucalipto.

2.2 METODOLOGIA

O estudo será baseado em uma revisão bibliográfica, onde diversos artigos, livros, teses, monografias e pesquisas via internet, serão consultados para o bom desenvolvimento deste relatório técnico. O método a ser adotado será o descritivo qualitativo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL

No Brasil os sistemas de colheita e processamento mecanizados, são relativamente novos se comparados com outros países. O método mais apropriado para determinada situação depende de diversos fatores, tais como: espécie florestal, idade do povoamento, finalidade a que se destina o produto e condições gerais da área de colheita. O sistema de colheita e processamento a ser utilizado será definido em função de um conjunto de fatores condicionantes e para cada grupo de condições específicas certamente existe um método e um sistema de colheita mais indicado (SILVA et al., 2017).

Os primeiros sistemas de colheita no Brasil foram manuais, na maioria das vezes utilizados na exploração de florestas nativas, sem maiores preocupações com a racionalização ou a produtividade das atividades. Caracterizados pela rusticidade, demanda de grande esforço físico do trabalhador e alto risco de acidentes. Até os anos 40, não havia o emprego de máquinas na colheita florestal (CANTO, 2006). Atualmente essa forma de produção é pouco utilizada, geralmente na obtenção de madeira para uso doméstico (MOREIRA, 2000).

A mecanização da colheita de árvores evoluiu expressivamente com a utilização dos motosserras nestas atividades. Encontram-se registros do surgimento destas na Rússia e na Alemanha por volta de 1930, tanto elétricas como a gasolina, mais ainda distante de serem sujeitas à aceitação pela indústria florestal. (BERTIM,2010)

A colheita florestal é a principal preocupação das atividades desenvolvidas no sistema de manejo, por causa das dificuldades, custos e danos causados no momento do abate das árvores (SCHNEIDER; FINGER, 2000). A colheita é, portanto, a ligação entre os recursos florestais e as indústrias madeireiras ou outros usuários de madeira (KANTOLA; HARSTELA, 1994). Para cada conjunto específico de condições certamente existe um método e um sistema de colheita apropriado, a ser selecionado para que se proceda a colheita e o beneficiamento da madeira (FREITAS, 2005).

Segundo Tanaka (1986), a colheita florestal é um conjunto de operações realizadas no maciço florestal, visando preparar e transportar a madeira até o seu local de utilização, empregando-se de técnicas e padrões estabelecidos, tendo por

finalidade transformá-la em produto acabado. No Brasil, conforme citado por Machado e Lopes (2007), a colheita e o transporte florestal são responsáveis por mais da metade do custo final da madeira colocada no centro consumidor.

O aumento da produtividade e a redução nos custos da colheita são vitais para qualquer empresa. Logo, uma análise detalhada dos custos dos diferentes métodos de colheita tem papel importante para o entendimento destes, além de facilitar os estudos com o objetivo de reduzi-los (REZENDE et al., 1997). Em condições normais e de forma resumida, a colheita de madeira da floresta engloba as seguintes etapas: derrubada, arraste ou baldeio, traçamento ou picagem, carregamento e transporte.

A mecanização da colheita de madeira, embora não seja a única forma de racionalização e controle da evolução dos custos, pode sim proporcionar reduções drásticas em prazos relativamente curtos, tendo um lugar de elevada importância nos esforços para o aumento da produtividade (Wadouski 1998).

A escolha de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento de sistemas operacionais apropriados constituem o grande desafio para a redução dos custos e da dependência de mão-de-obra nas operações de colheita e transporte florestal. A escolha do sistema a ser empregado varia em função de vários fatores, como topografia do terreno, declividade, solo, clima, comprimento da madeira, incremento da floresta e uso da madeira, entre outros, mas a sua seleção deve ser baseada em uma criteriosa análise técnica e econômica (MACHADO, 1985).

Na série de máquinas existentes no mercado florestal, as mais utilizadas na colheita florestal atualmente, são os *feller bunchers* e *harvesters*, utilizados na derrubada e no traçamento de árvores, e os *skidders* e *forwarders*, empregados na extração, e os picadores florestais autopropelidos. O grau de mecanização só não é maior devido à dificuldade de se colher florestas em terrenos com declividade acentuada (MACHADO, 2002).

Os sistemas mais utilizados no Brasil são:

- a) Sistemas de toras curtas;
- b) Sistemas de toras longas;
- c) Sistemas de árvores inteiras ou *Full tree*.

Sobre o último será descrito com maior ênfase, pois é o mais utilizado e com melhor custo-benefício na produção de biomassa para energia. Neste sistema as árvores são abatidas e, em seguida, transportadas inteiras para borda dos talhões

onde serão processadas em cavacos ou em toretes e transportadas. Nos dois primeiros sistemas, de maneira geral, a derrubada e o processamento são feitos com *harvester* e transbordo ou baldeio com *forwarder*. Já no sistema de árvores inteiras, a derrubada é feita com feller *buncher*, o arraste com *skidder* e traçamento ou picagem com garra traçadora e picador florestal.

3.2 MECANIZAÇÃO DA COLHEITA FLORESTAL

No setor florestal, segundo Machado (1985), a colheita da madeira é uma das atividades mais importantes economicamente, com grande representatividade no custo final do produto. Reproduz a operação final de um ciclo de produção, no qual são obtidos produtos valiosos, constituindo um dos fatores que determinam a rentabilidade florestal (ARCE et al., 2004). Esta atividade, de acordo com Fontes (1996), é a que também mais enfrenta processos de mecanização.

As principais causas da crescente mecanização desta atividade é a busca por aumento da produtividade e a necessidade de redução dos custos da produção. No entanto, o processo de mecanização da colheita requer investimentos iniciais muito altos e, dependendo da forma de condução do sistema, pode ocorrer grande desvalorização do produto. Porém, o aumento da qualidade, a racionalização dos processos e a otimização de custos são itens de extrema importância para um melhor desempenho desta atividade.

As estimativas de produtividade e custo baseadas em dados fornecidos pelos fabricantes, ou obtidas em trabalhos realizados em outros países, mostram-se bastante frágeis, ficando clara a necessidade da realização de estudos específicos para as condições brasileiras (BRAMUCCI, 2001). A mecanização da colheita florestal está presente em praticamente todas as principais empresas do setor florestal brasileiro, o que diferencia uma empresa de outra é o nível de mecanização, pois algumas adotam sistemas totalmente mecanizados e outras apenas em parte do processo (Machado 2002).

A tendência no sentido de aumento da mecanização é atribuída à necessidade de se preocupar com a produtividade, segurança, questões ambientais e custos. Um fluxo constante de madeira durante todo o ano é imperativo para gerar receitas, cobrir custos e obter lucros (LeDOUX, 2010).

A capacidade produtiva das máquinas e equipamentos é fortemente influenciada por muitos fatores ambientais, operacionais e técnicos. Os principais fatores que influenciam a colheita de madeira são: condições climáticas e estação do ano, a capacidade de suporte do terreno, topografia, características das árvores quanto ao diâmetro e volume médio individual, tamanho dos galhos e da copa, peso e qualidade da madeira, configuração e porte das máquinas e equipamentos e dimensão dos produtos requeridos pelo mercado consumidor. (BERTE,2013).

3.2.1 Fatores que influenciam no desempenho da mecanização

Com relação às variáveis sujeitas de mensuração e que podem interferir na produtividade das máquinas pode-se considerar, segundo Malinovski e Camargo (2001): a declividade do terreno, a espécie a ser utilizada, o diâmetro da base e dos galhos, a altura e volume individual das árvores, o volume por hectare, o espaçamento adotado, o tipo de intervenção que irá ocorrer, tipo de rebrota, a necessidade de sortimento, a concentração de madeira, a qualidade da atividade anterior, a densidade e qualidade da malha viária, a altura de tocos após operação de corte, a distância média de extração, as dimensões e qualidade do estaleiro, comprimento da madeira, tipo de solo teor de umidade, o tempo da madeira no campo, época do ano, a qualidade do planejamento das operações, pluviosidade, composição do sub-bosque, alinhamento e danos em florestas remanescentes.

Conhecer a produtividade das máquinas sob diferentes condições de operação vem a ser uma importante ferramenta de trabalho na indicação e direcionamento das máquinas necessárias para a atividade de mecanização. A produtividade de determinada operação é função das variáveis externas, ou seja, características do sítio e das variáveis das máquinas, principalmente as operacionais e as características das máquinas: máquina-base e implemento de operação (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

O eficiente planejamento e controle das operações de extração são essenciais para a racionalização do trabalho, redução dos custos, aumento da qualidade do produto e diminuição dos danos ambientais. Os estudos dos tempos e movimentos têm sido muito utilizados para avaliar a produtividade e para planejar e racionalizar sistemas de extração florestal (WESTER, 2003; ADEBAYO, 2007; GOYCHUK, 2011).

Mesmo a mecanização sendo um processo em crescimento, a escolha do sistema adequado caberá individualmente a cada empresa, de acordo com análises técnico - econômicas criteriosas, levando em conta também os fatores sociais e ambientais. Além disso, devem ser considerados ainda aspectos referentes à equipamentos, infraestrutura de apoio ao equipamento, como peças de reposição, oficinas, a racionalização das operações, treinamento dos operadores e valorização da mão-de-obra (CANTO, 2006).

3.3 SISTEMA DE COLHEITA

O sistema de colheita florestal pode ser definido como um conjunto de atividades, integradas entre si, que permitem o fluxo constante de matéria-prima, ou seja, da madeira, evitando os pontos de estrangulamento e exigindo dos equipamentos o máximo empenho de sua capacidade de utilização (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

De acordo com a classificação Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), os sistemas de colheita podem ser classificados quanto à forma da madeira na fase de extração, ao local onde é realizado o processamento final e ao grau de mecanização.

Para o estudo proposto, o principal método é o de árvores inteiras – *Full Tree*, e sistema de cavaqueamento-*Chipping*.

Segundo Machado (1984), podemos ter os seguintes sistemas:

- Sistema de árvores inteiras (Full-tree);
- Sistema Fustes (Tree-length);
- Sistema de Toras Curtas (Cut-to-length);
- Sistemas de árvores completas (Whole-tree);
- Sistema de Cavaqueamento (Chipping).

O sistema de árvores inteiras (full-tree) a árvore é derrubada e levada para a margem da estrada ou para o pátio intermediário, onde é processada (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

Sistema de cavaqueamento (chipping): a árvore é derrubada, processada e transformada em cavacos dentro do talhão. Posteriormente são levadas para um pátio de estocagem ou diretamente para a indústria (SALMERON, 1980; MACHADO, 1984; NOVAIS, 2006).

Sistema de toras curtas (cut-to-length): a árvore é processada no local da derrubada, sendo extraída e transportada para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de pequenas toras podendo medir até seis metros de comprimento. Sistema largamente empregado por requerer menor grau de mecanização e pela facilidade de deslocamento a pequenas distâncias, baixa agressão ao meio ambiente e pela possibilidade de ser utilizada em desbastes (ZAGONEL, 2005).

No sistema de toras longas ou fuste (tree-length) é efetuado o desganhamento e destopamento da árvore no local do corte e levada para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de fuste, com mais de seis metros de comprimento (SALMERON, 1980; MACHADO, 1984; NOVAIS, 2006).

Portanto, para processo para produção de biomassa utilizada na produção de energia, seja para agroindústrias através do uso do vapor para suas atividades ou seja para cogeração de energia elétrica, através do uso do vapor para tocar as turbinas, o melhor sistema já consagrado é o processamento de arvores inteiras.

3.4 MÁQUINAS USADAS NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA

3.4.1 Feller Buncher

O *Feller-Buncher* ou trator florestal cortador consiste em um trator de pneus ou de esteiras com um implemento frontal (cabecote) que faz o corte, acumulando árvores ou não, e assim empilhando-as para a extração. Os implementos de corte podem ser: sabre, tesoura ou disco (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998). É uma máquina utilizada principalmente em cortes rasos, pois não tem mobilidade para realizar desbastes (FIGURA 1)

Os *Fellers* surgiram no Brasil, no fim da década de 70, baseados em modelos americanos, quando a empresa Olinkraft desenvolveu um equipamento, que ligado ao motor de uma máquina base acionada por uma bomba hidráulica, ativava duas lâminas em forma de uma tesoura que efetuava o corte da árvore (SANT'ANNA, 2002).

O cabecote, constituído de uma peça rígida, é onde se encontra o mecanismo de corte da máquina, acionado por sistema hidráulico, compõe-se de um disco dentado, uma tesoura de dupla ação, ou um sabre e os braços acumuladores (MACHADO, 2002). O corte realizado pelo *Feller-Buncher* se dá fixando a árvore por

duas garras realizando o corte, com o implemento adequado, no nível do solo. Em seguida, o braço acumulador é acionado, onde a árvore é firmada no cabeçote, reabre as garras e demanda a máquina para a próxima operação, até que se atinja a capacidade de carga (MACHADO; LOPES, 2002).

Diversos autores relatam existir uma variação da produtividade das máquinas florestais por diversos fatores, dentre esses se destaca o volume médio individual das árvores. Akay et al. (2004).

O corte realizado com cabeçotes de disco, acionado por um motor hidráulico, faz girar um disco metálico, de espessura aproximada de 50 mm, com dentes na sua circunferência, capaz de cortar uma árvore com um só golpe. Quando o corte é realizado com o implemento de tesoura, pode apresentar uma lâmina, que atinge frontalmente a árvore ou duas lâminas que apresentam movimentos laterais simultâneos para realizar o corte (SANT'ANNA, 2002).

FIGURA 1 – *FELLER BUNCHER* DE ESTEIRA



FONTE: O autor (2021).

3.4.2 Trator *Skidder*

O *Skidder* é um trator de penus articulado com tração 4x4, preparado para trabalhos em situações severas, com sistema rodante dianteiro e traseiro com mesmas dimensões.

O *Skidder* é equipado com pinça podendo chegar a dimensão de 2,60m de abertura, podendo assim pegar grandes feixes de madeira e arrastar para bordas dos talhoes aonde as arvores serão processadas. Possui também uma lamina dianteira, com a qual possibilita a limpeza de areas e acessos.Figura 2.

Na fase de arraste, o *skidder* se desloca da pilha de madeira localizada na margem do talhão até os feixes de árvores no seu interior. O trator apanha os feixes próximos à margem do talhão em marcha ré. Em todas as situações, a máquina se posiciona de traseira na direção do feixe a ser arrastado, aciona a garra, o apanha e suspende parcialmente a carga, arrastando-a até o próximo feixe posicionado na mesma linha de tombamento. Novamente, com o acionamento da garra, libera a primeira carga em cima do segundo feixe e os agarra e suspende novamente. Dependendo do número de árvores, agarra-se até três feixes de árvores, arrastando-os até a margem da estrada, onde são depositados sobre a pilha de madeira. Depois da formação das pilhas, ocorre o acerto da pilha com o auxílio da lâmina frontal, para que a base das árvores fique retilínea.

Os tempos de viagem sem carga ou com carga dependem da velocidade média, do volume de madeira por carga e da distância média de extração, sendo o último fator o de maior influência (NURMINEM, 2006)

FIGURA 2 – TRATOR SKIDEER



FONTE: O autor (2021).

3.4.3 Garra Traçadora

A garra traçadora direciona sua lança para a pilha de madeira, apanha o feixe de árvores com o acionamento da garra hidráulica, puxa-o para a margem do talhão e o libera. Novamente a lança é deslocada com auxílio de um gabarito a seis metros da base do feixe. Aciona-se a garra, apanhando o feixe e suspendendo-o. Nessa etapa, ativa-se o sabre do motosserra, realizando o traçamento das árvores. Após a realização do corte, a lança puxa outra vez o feixe para o início da pilha de toras e o libera. Desse modo se repetem os movimentos com o mesmo feixe de madeira até o completo traçamento das árvores. Figura 3

FIGURA 3 – GARRA TRAÇADORA



FONTE: O autor (2021).

3.4.4 Picador Florestal

O uso de picadores e trituradores florestais vem crescendo de forma representativa no setor florestal, tendo como um dos principais objetivos a obtenção de lascas ou cavacos, proporcionando uma redução de volume da matéria-prima e dimensionando-a uniformemente, auxiliando, assim, no manuseio e transporte.

Trituradores se diferem de picadores por processarem grande variedade de matérias-primas, além de serem mais agressivos e tolerantes a sujeiras como

pedras e metais. Picadores são equipamentos projetados para processarem madeira sólida, galhos e troncos, produzindo cavacos com dimensões uniformes e comprimento variando, em média, entre 5 e 50 milímetros.

Os cavacos produzidos têm suas dimensões influenciadas pelo tipo de picador, velocidade de avanço versus rotação, ângulo de corte das facas, espécie de árvore, presença de contaminantes, dureza da madeira e teor de umidade. Todo cuidado é pouco ao utilizar um picador, pois suas facas podem ser danificadas facilmente devido à presença de sujeiras como areia, pedras e aço, ocasionando um alto custo de reparação dos danos.

Picadores ainda se diferenciam por serem a disco ou a tambor.

Picadores a disco estilhaçam o material na direção da fibra da madeira. Sua picagem consiste num disco de aço de grande diâmetro, geralmente estabelecido num ângulo reto com a direção de alimentação ou em ângulo que incorpora uma ou mais lâminas de corte. Figura 4.

Picadores a tambor cortam o material de forma reta em relação à fibra da madeira. Sua picagem consiste num tambor rotativo com uma ou mais lâminas, caracterizado com corte em uma bigorna montada na entrada do material. Picadores a tambor são mais flexíveis e podem trabalhar com diferentes materiais, incluindo toras, galhos e ramos. <https://colheitademadeira.com.br/>.

FIGURA 4 – PICADOR FLORESTAL



FONTE: O autor (2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As operações da colheita florestal devem ser integradas ao sistema de manejo, para que possa garantir a sustentabilidade florestal e econômica. Para que isso possa ocorrer, na análise dos sistemas e das máquinas florestais adequadas deve-se considerar a formação de recursos humanos e conseguir entender o significado de sustentabilidade, para que todas as fases operacionais da colheita florestal devam ser realizadas com extrema habilidade, sem causar impactos para a próxima atividade que vem após a colheita que é a silvicultura.

A escolha de boas máquinas sem dúvida é o passo fundamental para ter biomassa de qualidade e com atendimento dentro do projetado com o melhor custo-benefício.

Com o passar do tempo às empresas adotaram sistemas mais eficientes em relação há manutenção mecânica e aos operadores, que é o fator essencial para o sucesso na otimização e na economicidade das operações de colheita de madeira ao conseguir atingir a máxima utilização dos equipamentos florestais, visando sempre uma melhor produtividade.

Em relação à saúde do trabalhador, as condições ergonômicas dos equipamentos devem ser avaliadas e o ambiente de trabalho deve ser adaptado de melhor forma possível aos operadores, para que estes possam ter todo o conforto, um rendimento melhor, tornando assim o seu local de trabalho de uma forma geral, adequado, seguro e confortável.

REFERÊNCIAS

- ARCE, J. E.; MacDONAGH, P.; FRIEDL, R. A. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. *Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 383-391, 2004.
- AKAY, A. E. et al. Determining productivity of mechanized harvesting machines. *Journal of Applied Sciences, Pakistan*, v. 4, n. 1, p. 100-105, 2004.
- BERTE, Leandro. Universidade Federal do Paraná, Março de 2013
- BERTIM, Victor. Faculdade Ciências Agrômicas Botucatu, Agosto de 2010
- BRAMUCCI, Marcelo. Universidade de São Paulo, 2001
- CANTO, J. L.; Diagnóstico da colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do Espírito Santo. 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.
- FAO – Food and Agriculture Organization. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento. Roma: [s.n.], 1978. 171 p.
- Fenner, PT. Estudo descritivo dos acidentes de trabalho em uma empresa florestal [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 1991.
- FONTES, J. M. Desenvolvimento de um sistema informatizado para planejamento e controle de manutenção em máquinas florestais: SIPLAM. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996
- FREITAS, K. E. de, Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada. 27 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.
- 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.
- LeDOUX, C. B. Mechanized systems for harvesting eastern hardwoods Newtown Square: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2010. 13p. (Gen.Tech. Rep. NRS-69)
- LOPES, E.S., et al. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de pinus com cabeçote harvester em diferentes condições operacionais. *Floresta*, Curitiba-PR, v.37, n.3, set./dez., 2007.

MACHADO, C.C. Colheita Florestal. Viçosa – MG, 2002.

MACHADO, C.C. Exploração Florestal. Viçosa – MG, 1985.

MALINOVSKI, J.R., CAMARGO, C.M.S. A Eucaliptocultura no contexto brasileiro, Revista Madeira, Brasília, nº 59, Set., 2001

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

MOREIRA F. M. T. Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2000. 148 p.

NOVAIS, L. F. Análise da Colheita Florestal mecanizada em povoamentos de Eucalyptus spp na região de Coronel Fabriciano – MG. Seropédica, UFRRJ, 2006, 33 f. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

NURMINEM, T., KORPUNEN, H.; UUSITALO, J. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. Silva Fennica v. 40, n. 2, 335–363, 2006.

REZENDE, J.L. et al. Análise técnica e de custos de métodos de colheita e transporte florestal. Lavras: UFLA, 1997. 50 p (Boletim Agropecuário, 22)

SALMERON, A. A mecanização da exploração florestal. Piracicaba-SP, IPEF, Circular Técnica, 1980, 10p.

SANT'ANNA, C. de M. Corte Florestal. In: MACHADO, C.C. (Org.). Colheita Florestal, Livro. Viçosa-MG, UFV, p.55-88, 2002.

SCHNEIDER, P. R. e FINGER, C. A. G. Manejo Sustentado de Florestas Inequiâneas Heterogêneas. Santa Maria-RS. CEPEF, 2000. 195p

SHARMA, A. MOODY, P.E. A máquina perfeita: Como vencer na nova economia produzindo com menos recursos. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 255p

SILVA, R. A. L. da Análise de ferramenta para monitoramento de operações de colheita florestal em tempo real. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Paraná, 2017. 53 p.

SIMÕES, D Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto. 2008. 105f. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências agrônômicas, Botucatu, SP. 2008.

TANAKA, O.P Exploração e transporte da cultura do eucalipto. Informe Agropecuário, n.141, p. 24-30, 1986

TOMASELLI, I. A crise e o setor florestal brasileiro. Referência, n.117, ano XIII. Jul 2011. Disponível em < <http://www.stcp.com.br/noticias/a-crise-e-o-setor-florestalbrasileiro-p217>>. Acesso em 12 de julho de 21

TRINDADE, C., et al. Ferramentas da Qualidade: Aplicação na atividade florestal – 2 ed, Viçosa, Editora UFV, 2007. 158 p

WADOUSKI, L.H. Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita de madeira. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10, 1998

WESTER, F.; ELIASSON, L. Productivity in ûnal felling and thinning for acombined harvester-forwarder (Harwarder). International Journal of Forest Engineering, v.14, n.2, p.45-50, 2003.

Yamashita RY. Avaliação das condições de trabalho e da exposição à vibração do operador de máquinas na colheita florestal [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agronomia Luis de Queiroz; 2002.

<https://colheitademadeira.com.br/>