

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

LCF0683 - Colheita e Transporte de Madeira (2022)

Colheita mecanizada e semimecanizada em áreas declivosas

Prof. Dr. Fernando Seixas

Discentes:

Giovanna Gouveia, 10845398

Letícia de Souza Fazio, 11242860

Martina Werner Goes, 10268297

Piracicaba
Setembro de 2023

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	3
OBJETIVOS.....	5
PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA.....	6
Análise preliminar de riscos.....	8
Liberação de Trabalho Florestal.....	8
PCE (Plano de Controle de Emergência) e PAE (Plano de Atendimento a Emergência).....	8
Rede elétrica.....	9
Diálogo Direto de Segurança (DDS).....	9
Turnos de trabalho.....	9
Módulo de colheita.....	10
Inspeção da área.....	10
Malha viária.....	11
OPERACIONALIZAÇÃO.....	13
Declividade como fator de dificuldade operacional.....	13
Inventário Florestal.....	19
Critérios de colheita.....	20
Microplanejamento.....	22
DERRUBADA MECANIZADA.....	25
Eficiência operacional.....	27
Zona de risco operacional.....	27
Maquinário.....	28
Derrubada e Processamento.....	34
DERRUBADA SEMI-MECANIZADA.....	35
Roçada pré corte.....	35
Derrubada com motosserra.....	36
Técnica do guincho de arraste.....	36
Procedimentos de segurança.....	38
Zona de risco operacional.....	38
Derrubada direcionada.....	39
Produtividade média.....	40
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
Avaliação de riscos.....	42
Conclusão.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

INTRODUÇÃO

Segundo MACHADO et al. (2014), a colheita é a atividade florestal que compreende o preparo e transferência da madeira produzida no espaço de campo até o local de suas destinações finais, sendo seu objetivo contribuir para a transformação da madeira em um produto final. Suas etapas abrangem, então, o corte, em que a árvore é derrubada, seu tratamento, que normalmente inclui seu desgalhamento, destopamento, descascamento e mensuração e traçamento quando a mesma é amostrada. Ainda dentro das atividades, cabe a extração do que restou da área em que foi feito o corte até um pátio intermediário ou mesmo até um carreador, também chamado de transporte primário. Por fim, a operação é finalizada pelo transporte principal que levará a matéria coletada até seu destino de uso, onde é descarregada e acomodada no pátio da indústria (MALINOVSKI, 1988).

No contexto mundial e brasileiro, a atividade de colheita de madeira em florestas pode ser conduzida de várias maneiras, e essas abordagens diferem dependendo dos recursos disponíveis, da localização geográfica, do tipo de vegetação florestal, do clima, topografia, finalidade da madeira, características do solo e do conjunto de máquinas e equipamentos disponíveis, conforme observado por LEITE (2002). Isso se deve ao fato de que cada etapa é profundamente dependente destes fatores para a efetividade, rendimento e produtividade da operação.

É nesse enredo que, seja com a introdução da motosserra nos anos 60 ou mesmo depois com a adaptação das máquinas agrícolas ao emprego florestal nos anos 80, o maquinário foi uma tecnologia importante para elevar a produtividade da colheita. LEITE (2002) ainda enfatiza como a mecanização passou a oferecer benefícios como o incremento da eficiência produtiva e da capacidade de produção, juntamente com a diminuição de incidentes, da despesa associada à colheita e da necessidade de mão de obra.

Ainda com o objetivo de melhoria contínua da colheita, e de todas as outras práticas silviculturais, é imprescindível considerar os elementos técnicos, financeiros, ambientais, biológicos e relacionados à força de trabalho durante o planejamento da atividade, pois esses coeficientes desempenham um papel crucial na melhoria da produtividade, na redução dos gastos e na garantia da satisfação dos operadores. Como bem pontuado por SANT'ANNA et al. (2000), a mecanização evoluiu de ser uma estratégia para diminuir os custos operacionais para se tornar uma ferramenta fundamental na busca pelo aumento da produção, pela gestão

mais eficaz dos recursos disponíveis e pela promoção de melhores condições de trabalho à mão-de-obra envolvida.

SALMERON (1980) determina os fatores que mais influenciam o momento de corte como sendo “a declividade do terreno, o diâmetro das árvores, a densidade do povoamento, a situação do sub-bosque, o tipo de equipamento utilizado e a capacidade e treinamento do operador”. Ainda quanto a topografia, como será aprofundado ao longo deste trabalho, SEIXAS (2002) diz que o perfil do terreno limita a área em que a máquina pode operar, ou seja, a inclinação do solo determina a eficiência do equipamento, sendo que, em geral, para máquinas com esteiras, essa eficiência varia de 50% a 60%.

Na extração o cenário é ainda mais crítico, sendo que o planejamento e maquinário para extração em terrenos íngremes para enfrentar as condições operacionais desafiadoras deve considerar tanto os custos substanciais envolvidos quanto as implicações ambientais, já que a declividade favorece acidentes, arraste de terra, compactação do solo e outras decorrências.

Pensando nos limites que a declividade das áreas de plantio impõe em toda a atividade florestal, as empresas e produtores do setor investem em bom planejamento silvicultural desde o momento de implantação para arcar com melhores condições futuras no momento de colheita, o que traz a reflexão de que a atividade de colheita é holística, global, e, apesar de integrar a “etapa final” de operacionalização, é resultado de todas as escolhas feitas ao longo do ciclo de produção florestal.

OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é sintetizar e avaliar as diversas tecnologias disponíveis para a colheita florestal em terrenos declivosos, com o propósito de identificar aquelas que demonstram maior eficácia, segurança e sustentabilidade. Isso inclui a análise de equipamentos, métodos de extração e sistemas de transporte utilizados nessas circunstâncias específicas.

Além disso, é intenção reunir informações sobre a legislação e normas que regulam a colheita florestal em áreas declivosas, buscando compreender quais são as diretrizes e restrições existentes. A revisão bibliográfica permite uma análise mais completa e embasada sobre as práticas adotadas nesse contexto de produção silvicultural.

PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA

A fim de garantir que a operação será realizada de maneira segura, os seguintes procedimentos devem ser seguidos antes das atividades:

- Realizar Treinamentos da Matriz de Segurança conforme indicado para cada função;
- Realização do Check List diário da máquina – Harvester, Forwarder e/ou Trator;
- Realização do Check List diário da motosserra;
- Ter em mãos o micro planejamento da área;
- Manual Técnico dos equipamentos;
- Operador devidamente treinado e autorizado para operar o equipamento;
- Realizar inspeções prévias nas áreas verificando riscos inerentes a atividade;
- Utilização dos EPIs definidos pela Área de Segurança;
- Durante a realização da atividade, o local deverá ser sinalizado com placas, cones e banner;
- Derrubada de árvores próximo à rede de alta tensão seguir Procedimento de Rede Elétricas;
- Derrubada de árvores próximo às residências e estradas municipais somente será executada com a liberação do Técnico de Segurança do Trabalho e liderança.

Além dos procedimentos que devem ser realizados antes do início das atividades, é necessário a utilização dos EPIs obrigatórios durante todo o período de trabalho e permanência na área de colheita, sendo eles:

- Capacete com jugular e com refletivo nas laterais;
- Óculos de segurança contra impacto (incolor / escuro);
- Camisa com refletivo;

- Protetor auricular tipo plug e/ou concha, para quando houver exposição a ruído fora das máquinas, conforme avaliação ambiental;
- Botina de segurança ou coturno de 45 cm com bico de aço e/ou composite, com solado antiderrapante e palmilha antiperfurante;
- Perneira;
- Capuz de fuga para abelhas;
- Luvas de raspa com cano de 20 cm para o manuseio com o cabo de aço (apenas para realização da atividade);
- A necessidade da utilização de mangote e avental de raspa deve ser avaliada pela equipe operacional e técnica de segurança;
- Luva de vaqueta para demais atividades que necessitem de resistência mecânica;
- Luva com banho nitrílico que ofereça resistência contra corte e química, para manuseio do conjunto de corte (apenas para realização da atividade);
- No período noturno o operador deve fazer o uso da lanterna no capacete (modelo minerador).

Fora a utilização obrigatória dos EPIs outros materiais também garantem uma maior segurança para os colaboradores de colheita, sendo eles:

- Mapa de microplanejamento da área;
- Materiais de sinalização de segurança;
- Rádio de comunicação;
- Guinchos;
- Bandeirolas.

Os treinamentos obrigatórios também devem ser realizados de 2 em 2 anos, com tópicos envolvendo principalmente os itens de segurança, NR 31 (A Norma Regulamentadora 31 é uma regulamentação trabalhista no Brasil que estabelece as normas de segurança e saúde no trabalho rural. Ela foi criada para proteger os trabalhadores rurais, incluindo aqueles envolvidos na agricultura, pecuária, aquicultura, silvicultura e outras atividades relacionadas ao meio rural. Estabelece diretrizes para garantir condições seguras e saudáveis de trabalho no setor agrícola) e NR 12 (A Norma Regulamentadora 12 (NR 12) é uma regulamentação brasileira que estabelece as diretrizes de segurança no trabalho para a utilização de máquinas e equipamentos em diversas indústrias e ambientes de trabalho. A NR 12 visa a proteger a integridade física dos trabalhadores e prevenir acidentes relacionados ao uso de máquinas e equipamentos, e/ou sempre quando ocorrer alteração dos equipamentos).

Análise preliminar de riscos

Consiste no desenvolvimento de uma estimativa, qualitativa e quantitativa de perigo e risco, baseada em técnicas estruturadas para promover a combinação das probabilidade de ocorrência e severidade das consequências de um acidente.

Liberação de Trabalho Florestal

Fica definida a necessidade de emissão da LTF, os seguintes trabalhos: espaço confinado; trabalho em altura acima de dois metros em locais que não possuam acesso fixo permanente munidos das devidas proteções coletivas; trabalho a quente de solda, maçarico, lixadeira; trabalhos em instalações elétricas ou próximos a redes elétricas; movimentação de carga suspensa.

PCE (Plano de Controle de Emergência) e PAE (Plano de Atendimento a Emergência)

Estabelece diretrizes para assegurar o atendimento eficaz em situações de emergências, para os perigos com potencial a vida, meio ambiente e ao patrimônio da empresa; PERIGO / RISCO: Fonte ou situação com potencial para provocar danos em termos

de lesão, doença, dano à propriedade, meio ambiente, local de trabalho ou a combinação destes.

Rede elétrica

A proximidade das operações com as redes elétricas apresentam um certo risco, então deve ser respeitada a distância de segurança da área de servidão conforme a voltagem da rede elétrica. Porém, antes de iniciar as atividades, o supervisor deverá sinalizar (com placa de advertência) os locais que possuem rede elétrica das Unidades Produtivas/Talhões em local de fácil visualização para todos os operadores. A placa deverá ser refletiva, para que possa ser visualizada no período noturno.

Diálogo Direto de Segurança (DDS)

Consiste em uma rápida reunião antes do início das atividades onde acontecem orientações e estímulos para que as atividades sejam executadas de forma correta e segura, seguindo os padrões de segurança da empresa. A realização do DDS na área operacional deve ocorrer, prioritariamente, no início de cada período de turno, em todas as atividades.

A duração recomendável é de 5 a 10 minutos e os temas abordados devem estar coerentes com os desvios mais relevantes, os incidentes mais relatados, a frequência de acidentes, queixas e doenças ocupacionais, as dificuldades mais presentes e as necessidades mais prementes de conscientização e capacitação.

Turnos de trabalho

Pelo alto custo operacional é necessário otimizar as operações de corte envolvendo maquinário, resultando em uma operação de 24 horas por 7 dias na semana, ocasionando então em três turnos diferentes por dia, o primeiro das 08 da manhã às 16 da tarde, depois das 16 às 00 e o último turno da 00 às 8 da manhã. Outro importante ponto é em relação ao conforto do colaborador ao operacionalizar as máquinas, sendo necessário para o bem estar ar condicionado frio durante o dia e ar condicionado quente durante a noite.

Módulo de colheita

Os módulos de colheita são instalações móveis com pontos de apoio aos operadores do corte; O módulo conta com banheiros de ambos os sexos, local adequado para realizar refeições, local seguro e refrigerado para alocação de marmitas, ponto de internet para comunicação externa e galpões com todos os equipamentos de manutenção necessários para os maquinários.



Módulo de colheita - Operação Suzano.

Inspeção da área

O objetivo da inspeção é identificar a presença de colmeias, enxames, animais peçonhentos e árvores mortas. Após esta inspeção deve-se isolar, sinalizar e informar os responsáveis para a retirada dos fatores de perturbação, quando possível. A inspeção deverá ser realizada somente por colaboradores treinados pela segurança, sendo que cada equipe operacional deve possuir no mínimo dois colaboradores treinados para execução dessa atividade.

Malha viária

Segundo Gonçalves & Stape (2002), as estradas podem ser caracterizadas por um número de trechos que permitem o acesso às áreas de produção florestal e transporte de matéria-prima, elas podem ser classificadas em estradas primárias, secundárias e os aceiros.

A etapa de planejamento antes da criação das estradas é de extrema importância. O espaçamento de estradas é definido a partir da demarcação de áreas adequadas para arraste, estratificando elas em volume de madeira por hectare. A distância ótima entre estradas é definida pela distância paralela entre estradas para caminhões que resulta no menor custo por unidade de volume em arraste. Em terrenos declivosos recomenda-se a alocação da estrada principal no fundo do vale ou na parte mais baixa do declive. (SHINZATO, 2023)

As estradas que não estão bem alocadas e/ou estruturadas apresentam um enorme risco de impacto ambiental, envolvendo principalmente a dinâmica de água e sedimentos e aumento de risco à erosão devido a movimentação de solo (SHINZATO, 2023).

A criação e manutenção de estradas representam um custo significativo da operação florestal, as práticas de manutenção, na maioria das vezes, são realizadas antes das operações de colheita e transporte. Dentre as práticas, as mais comuns são o nivelamento do leito carroçável e preenchimentos dos trechos já erodidos pela ação do tempo e tráfego de máquinas. (Zagonel et al., 2008). Para a redução dos fatores de perturbação envolvendo erosão e qualidade da água é recomendado seguir as Melhores Práticas de Manejo (M.P.M), que instruí na identificação dos possíveis solos problemáticos, adequação da localização de estradas com a topografia do local, evitar inclinações acentuadas ou longas, providenciar drenagem adequada (às vezes uso de bidim) e tempo adequado de “descanso” para as novas estradas antes do uso.

As patrôas são usadas normalmente para manutenção de estradas, elas podem trabalhar em aclives e declives, realizando a pavimentação, desgarramento e escarificação, criando taludes e curvas de nível.



Condição das estradas em área de colheita semimecanizada.

OPERACIONALIZAÇÃO

Declividade como fator de dificuldade operacional

Segundo BRINATE (2016) a mecanização é responsável por aumentar o rendimento operacional da colheita, entretanto nem todas as áreas são passíveis de mecanização. A declividade acentuada de algumas áreas produtivas tornam o tráfego de máquinas inviável, resultando na adoção de métodos semimecanizados. ROBERT (2013) constatou a complexidade da operação de colheita em áreas declivosas, sendo necessário um maior número de operadores florestais com capacidade de operação de motosserra. A ocupação destas áreas apresentam uma ótima alternativa ao aproveitamento de áreas degradadas e/ou abandonadas, evitando a lixiviação, erosão e assoreamento dos rios (BANTEL, 2009).

Segundo BRINATE (2016) a inclinação do terreno desempenha um papel fundamental na mecanização florestal, pois áreas excessivamente acidentadas tornam o tráfego de máquinas inviável, uma vez que não foram projetadas para operar nessas condições. De acordo com BURLA (2008), a mecanização para o preparo de solo é possível apenas em terrenos com declividade máxima de 20 graus, uma vez que acima desse limite a operação não é viável.

O estudo de THEES; FRUTIG & FENNER (2011) apresentou que em áreas acima de 25° o harvester de pneus apresenta dificuldades operacionais, mesmo com o solo seco, ocasionando na perda de atrito com o solo. Essa operação resulta em desgaste de máquinas, maior risco de acidentes, danos ambientais e um custo elevado da operação.

As áreas declivosas exigem uma operação de colheita florestal semimecanizada, ou seja, com a utilização de motosserra para o corte das toras. Segundo MACHADO (2014) a mecanização trouxe avanços significativos para a colheita florestal, no entanto, as áreas declivosas ainda representam um dos principais desafios para expandir o nível de mecanização no Brasil. Para BRINATE (2016) a colheita em áreas planas representa a maior porcentagem de tecnologia aplicada, resultando em uma carência de estudos e tecnologias para áreas com dificuldade operacional por conta da declividade, de forma a aumentar a eficiência produtiva, reduzir custos e esforço dos colaboradores. SANT'ANNA (2014) relata

que o corte semimecanizado em áreas declivosas do Brasil representa uma atividade perigosa e de alta exigência física do trabalhador.

As atividades de colheita semimecanizada em áreas declivosas, correspondem a inclinações frontais superiores a 24° até no máximo 35°. Então, os equipamentos para realização das atividades de corte e baldeio com inclinação de 24° devem ser de pneus contendo guincho e esteiras (quando no caso de pneus é interessante que eles tenham correntes para ganho de atrito).

Acima de 35° de inclinação, as atividades de corte ocorrem de forma manual, com o corte projetado para um local onde o harvester poderá realizar o processo da madeira, porém é necessário realizar uma análise de risco envolvendo o posicionamento do colaborador, deslocamento na área, rotas de fuga e atendimento de emergência.

Em áreas acima de 45° a Lei 12.651/2012 considera uma área de APP, sendo possível operar apenas mediante a autorização do órgão ambiental.

Abaixo é possível conferir algumas limitações de maquinários relacionado a dificuldade de operacionalizar em áreas declivosas:

- Corte com Harvester de pneu (6 x 6) sem guincho auxiliar de tração: Harvester de pneu (6x6) sem guincho auxiliar de tração: operar respeitando os limites de declividade lateral máxima de 10°, para declividade frontal seguir as recomendações da tabela abaixo:

Esteira Frontal	Esteira Traseira	Solo Seco		Solo Úmido	
		Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)	Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)

Não	Não	10	10	5	5
Sim	Não	24	24	Sob liberação superior	Sob liberação superior
Sim	*Com uso de corrente	27	30	Sob liberação superior	Sob liberação superior

- Corte com Harvester de pneu (6 x 6) com guincho auxiliar de tração: operar respeitando os limites de declividade lateral máxima de 10°. A partir de 27° de declividade frontal, a máquina deve ser ancorada, podendo trabalhar até a declividade máxima de 35°, seguindo as recomendações da tabela abaixo:

Esteira Frontal	Esteira Traseira	Solo Seco		Solo Úmido	
		Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)	Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)
Sim	*Com uso de corrente	35	Sob Liberação Superior (máx 30°)	27	27

- Harvester de pneu (8x8) sem guincho auxiliar de tração: operar respeitando os limites de declividade lateral máxima de 10°, para declividade frontal seguir as recomendações da tabela abaixo:

Esteira Frontal	Esteira Traseira	Solo Seco		Solo Úmido	
		Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)	Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)
Não	Não	22	22	13	13
Sim	Não	24	24	Sob Liberação Superior	Sob Liberação Superior
Sim	Sim	27	30	22 Sob Liberação Superior	22 Sob Liberação Superior

- Harvester de pneu (8x8) com guincho auxiliar de tração: operar respeitando os limites de declividade lateral máxima de 10°. A partir de 30° de declividade frontal, a máquina deve ser ancorada, podendo trabalhar até a declividade máxima de 35°, seguindo as recomendações da tabela abaixo:

Esteira Frontal	Esteira Traseira	Solo Seco		Solo Úmido	
		Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)	Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)
Sim	Sim	35	35	27 Sob Liberação Superior	27 Sob Liberação Superior

Em relação a dificuldade operacional da atividade de baldeio com o Forwarder, temos as seguintes especificações relacionadas a declividade:

- A carga deve ser feita de acordo com a tabela abaixo respeitando a altura de segurança (30 centímetros) da grade frontal:

Inclinação	Solo Seco	Solo Úmido
	Capacidade de Carga (ton)	Capacidade de Carga (ton)
Até 10°	23	12,5
Até 22°	20	Sob Liberação Superior
Até 27°	18	Sob Liberação Superior

Até 35°	12,5	Sob Liberação Superior
---------	------	------------------------

- Forwarder (sem guincho auxiliar de tração): operar respeitando os limites de declividade lateral máxima de 6°, para declividade frontal seguir as recomendações da tabela abaixo:

Esteira Frontal	Esteira Traseira	Solo Seco		Solo Úmido	
		Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)	Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)
Não	Não	22	22	13	13
Sim	Não	24	24	Sob Liberação Superior	Sob Liberação Superior
Sim	Sim	27	27	22 (Sob Liberação Superior)	22 (Sob Liberação Superior)

- Forwarder (com guincho auxiliar de tração): operar respeitando os limites de declividade lateral máxima de 6°. A partir de 28° de declividade frontal, a máquina

deve ser ancorada, podendo trabalhar até a declividade máxima de 35°, seguindo as recomendações da tabela abaixo:

Esteira Frontal	Esteira Traseira	Solo Seco		Solo Úmido	
		Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)	Traseira Limite Operação - Descida e Subida (°)	Limite Operação - Descida com Saída Planejada (°)
Sim	Sim	35	35	27 (Sob Liberação Superior)	27 (Sob Liberação Superior)

Inventário Florestal

O inventário é realizado no momento pré-corte para o apontamento de volume que será destinado ao corte e validação desse volume em relação a possível compra e venda de madeira, mas antes disso é realizado o inventário florestal contínuo, que tem como objetivo estimar o estoque da empresa em CO₂, quantificar o ativo biológico, suportar o planejamento estratégico, avaliar o risco climático para o futuro e diagnosticar os efeitos que afetam a produtividade.

Além das questões levantadas acima, a realização do inventário auxilia em questões de segurança, identificando áreas de risco como locais propensos a deslizamento de terra, focos de incêndios, enxames de abelhas, etc. Também apresenta uma importância nas áreas

conservadas da fazenda, ajudando a identificar o limite dessas áreas para que não sofram o impacto da colheita.

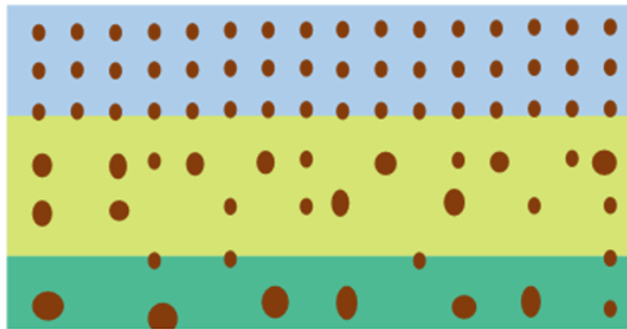
Critérios de colheita

Através da avaliação das imagens LiDAR realizadas pela equipe de Inventário, pode-se identificar a existência de três situações distintas de concentração de árvores comerciais com diferentes idades e diâmetros dispostos na área. O agrupamento, diâmetro ou a distância entre esses exemplares exóticos irá determinar o procedimento de sua remoção (retirada mecanizada ou semimecanizada)

Para definir qual metodologia deverá ser adotada é necessário realizar essa sequência de operacionalização:

- Orientação dos operadores em relação ao planejamento operacional;
- Definição do ponto inicial de derrubada, seguindo uma sequência logística favorável;
- Orientação dos operadores quanto ao local de estocagem de madeira, de acordo com o microplanejamento;
- Análise do modelo a ser adotado
- Avaliação e identificação de possíveis riscos de acidentes, buscando a melhor forma de eliminá-los;

As metodologias descritas neste trabalho são a M1 (mecanizada) e M2 (semimecanizada), no desenho abaixo é possível ver a concentração destes indivíduos e seu diâmetro (restringindo o uso de maquinário).



Metodologia (M1)

Metodologia (M2)

Metodologia (M3)

Figura 1 Croqui com de possíveis situações de *Eucalyptus* sp. em APP ou Reserva Legal nas áreas da empresa. (M1 - Mecanizado); (M2 - Semi mecanizado); (M3 - Erradicação Química).

Numa breve descrição sobre as metodologias, temos que:

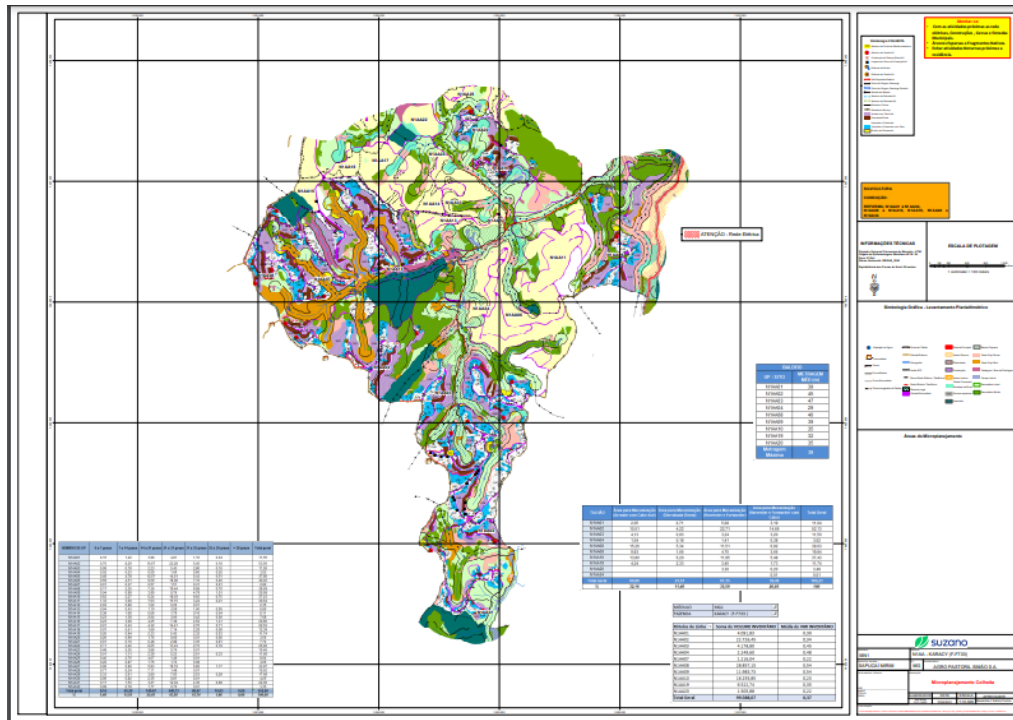
- M1: Árvores comerciais com alta concentração, proveniente do último ciclo de silvicultura, em áreas onde é possível o acesso do maquinário. A remoção será então mecanizada, nesse processo os eventuais trechos onde ocorrem exemplares arbóreos nativos são desviados, de forma a reduzir o impacto da colheita em regenerantes nativos. Representado pela marcação azul na foto abaixo
- M2: Árvores comerciais menos adensadas, com idades variadas, onde a declividade ou diâmetro das toras não possibilita a retirada mecanizada, resultando então numa retirada semimecanizada através da motosserra, reduzindo o impacto nos regenerantes nativos e não travando a operação por conta do diâmetro ser superior ao suportado pelo cabeçote do harvester. Representado pela marcação amarela na foto abaixo



Aplicação de diferentes metodologias de corte.

Microplanejamento

As atividades de microplanejamento são extremamente essenciais para guiar as atividades de corte, independente da metodologia. Os mapas confeccionados são responsáveis por identificação de risco (presença de rede elétrica, erosão, etc), local onde deverá ser direcionado o corte da árvore, locais onde cada maquinário consegue operar através da declividade, garantindo assim segurança e sucesso na operação de colheita.



Exemplo de um mapa de microplanejamento para colheita.

Como exemplo, no mapa de microplanejamento temos informações sobre:

- Local onde o módulo será posicionado
- Abertura de virador
- Construção de rampa;
- Limpeza de caixa de contenção;
- Reforma de bueiro;
- Local onde não é possível depositar madeira;
- Ponto de carga e descarga;
- Sentido do baldeio;
- Abertura de estrada;
- Manutenção de estrada;

- Arraste com cabo 4 x 4
- Derrubada direta
- Harvester e Forwarder com cabo
- Harvester e Forwarder

Além de locais onde será aplicado a condução do próximo ciclo de silvicultura, presença de comunidades próximas a fazenda, locais de captação de água, rede elétrica, quantidade de áreas relacionando hectares com graus por Unidade Produtiva (Exemplo a seguir):

NÚMERO DE UP	0 a 7 graus	7 a 14 graus	14 a 21 graus	21 a 31 graus	31 a 35 graus	35 a 38 graus	> 38 graus	Total geral
N1AA01	0,15	1,42	3,98	4,81	1,16	0,04		11,55
N1AA02	0,70	8,29	16,67	22,28	5,45	0,18		53,56
N1AA03	0,09	0,78	2,23	5,43	2,80	0,16		11,50
N1AA04	0,02	0,53	0,59	1,06	0,80	0,02		3,02
N1AA05	0,46	4,78	12,67	14,01	5,43	0,51		37,86
N1AA06	0,59	4,51	9,59	18,08	7,16	0,46		40,40
N1AA07	0,01	0,37	0,57	1,51	0,31	0,01		2,80
N1AA08	0,17	2,35	7,36	19,44	9,58	0,70		39,59
N1AA09	0,04	0,99	3,99	9,76	4,79	1,01		20,58
N1AA10	0,52	2,27	6,24	18,03	9,62	0,75		37,43
N1AA11	1,33	3,09	7,63	15,15	3,24	0,21		30,64
N1AA12	0,03	0,89	1,22	0,20	0,01			2,35
N1AA13	0,04	0,43	1,10	3,59	1,60	0,05		6,80
N1AA14	0,38	1,68	5,08	1,76	0,16	0,04		9,11
N1AA15	0,23	1,38	2,64	3,00	0,42	0,00		7,68
N1AA16	0,23	3,08	4,25	7,38	4,52	1,41		20,86
N1AA17	0,01	0,43	4,32	14,41	2,76	0,71		22,63
N1AA18	0,07	0,61	1,69	7,14	2,29	0,59		12,39
N1AA19	0,20	0,94	2,33	5,43	2,32	0,53		11,74
N1AA20	0,20	0,99	1,76	0,60	0,01	0,00		3,56
N1AA21	0,01	0,10	0,48	2,98	3,35	0,81		7,74
N1AA22	0,11	2,42	8,05	13,43	2,72	0,18		26,92
N1AA23	0,48	5,35	3,88	0,74	0,01			10,46
N1AA24	0,01	1,11	2,39	5,23	2,61	0,33		11,68
N1AA25	0,40	2,75	4,07	1,40	0,01			8,64
N1AA26	0,22	0,87	1,75	1,74	0,08			4,66
N1AA27	0,06	0,90	5,83	19,19	6,82	1,17		33,97
N1AA28	0,77	6,24	7,11	1,49	0,01			15,62
N1AA29	0,33	2,61	3,80	7,93	2,53	0,29		17,48
N1AA30	0,06	0,82	2,35	0,81	0,01			4,05
N1AA31	0,17	1,53	3,27	12,04	4,36	0,68		22,06
N1AA32	0,09	0,78	1,77	0,70	0,01			3,35
Total geral	8,19	65,29	140,67	240,73	86,97	10,83	0,00	552,69
%	1,48	11,81	25,45	43,56	15,74	1,96	0,00	100,00

DERRUBADA MECANIZADA

Sistemas de colheita

Pela definição de sistema, existe uma intensa interdependência entre todas as operações que são integradas e hierarquizadas dentro de um conjunto que trabalha em prol de um mesmo objetivo, isto é, um sistema. Com base nessa condição, gargalos de produção ocorrem, demonstrando que nem sempre a melhoria de uma atividade é benéfica para o todo, o ritmo e volume de produção devem ser proporcionais a todas as etapas de um sistema.

Para sistemas de colheita, o mesmo se aplica, podendo ser classificados quanto à forma da madeira manipulada na fase de extração, do local de processamento, e do grau de mecanização (SEIXAS et al., 2006).

O sistema de árvores inteiras, em que a árvore é derrubada e transportada sem que seja feito seu seccionamento, foi desenvolvido para funcionar eficazmente tanto em terrenos planos quanto em terrenos acidentados. SALMERON (1980) salienta como vantagem notável desses sistemas a facilidade com que permitem o aproveitamento integral da árvore, simplificando consideravelmente o transporte primário. Além disso, essa estratégia de colheita pode ser realizada com maquinário mais simples, o que leva a menos interrupções, uma maior capacidade operacional e requer operadores com menos experiência ou menor necessidade de treinamento.

No mais, os investimentos e despesas operacionais tendem a ser mais acessíveis por unidade de produção, principalmente devido à menor necessidade de mão-de-obra. Isso, por sua vez, impulsiona níveis mais elevados de produção de forma geral.

No entanto, SEIXAS enfatiza o maior desafio a ser superado como o transporte de nutrientes, uma vez que a retirada de árvores inteiras leva consigo biomassa composta por galhos e folhas, que se deixadas no campo, como ocorre em outras situações, contribuem como fonte de energia. Neste sistema, portanto, a reposição desta perda de nutrientes deve ser feita futuramente por meio de fertilização mineral. Fora outras vantagens de fazer a manutenção dos resíduos vegetais nas áreas de plantio, como garantir bem-estar estrutural e físico para o solo, promover atividade microbiana e até mesmo adaptar a produção a estratégias mais modernas de silvicultura, como o cultivo mínimo.

Outras questões também envolvem o peso das árvores e sua casca, sendo que a avaliação precisa do peso total dessas peças volumosas (árvores inteiras) e a identificação de seu centro de gravidade desempenham um papel crucial na seleção dos métodos e equipamentos técnicos para a extração de madeira.

Quando se trata de áreas com topografia mais íngreme, o período necessário para concluir as operações de colheita é substancialmente maior em comparação com outras circunstâncias, prolongando o ciclo operacional (RIBEIRO et al., 200-).

VAZ (2007) inclui como gargalos de produção, que podem prolongar a duração das operações de colheita florestal, o tipo de terreno e o nível de sub-bosque e presença vegetal. Ambos desempenham um papel significativo no aumento do tempo necessário para concluir a tarefa, isto é, na eficiência operacional, visto que contribuem para o acúmulo de uma quantidade substancial de resíduos sólidos no terreno e, por isso, influem nas fases de colheita e transporte que representam os principais custos associados à exploração de madeira. Dessa forma, o sistema de árvores inteiras pode ser uma solução interessante para aumentar o rendimento do maquinário indo em contrapartida à declividade do terreno.

Outros sistemas ainda podem ser adequados aos terrenos declivosos, como o sistema de toras longas cujas vantagens são quase as mesmas que os sistemas de árvores inteiras. Segundo BLINN et al., 2000; apud LEINONEN, 2004, essa estratégia foi desenvolvida principalmente para terrenos mais acidentados, sendo que seu transporte primário deve utilizar equipamentos de maior potência devido ao peso e às dimensões das toras trabalhadas. A toragem, descascamento e seleção são feitos na estrada ou em um pátio intermediário de processamento, o que diminui os riscos associados ao processamento em área de corte.

Em terrenos inclinados, algumas empresas optam por adotar práticas como o guinchamento e/ou o arraste das pilhas de madeira. Por outro lado, a extração de toras longas demanda um planejamento meticuloso, visando minimizar os custos associados a essa operação e otimizar a colheita de madeira em áreas com declives acentuados. No contexto brasileiro, a extração mecanizada de toras longas é predominantemente realizada por meio de tratores skidders, de acordo com ARCE, MACDONAGH e FRIEDL (2004).

A operação pode ainda ser realizada por meio de "tombo" manual, isto é, lançar toras de 2,20 metros de comprimento morro abaixo, em direção às margens das estradas, com a condição das distâncias não ultrapassarem 70 metros em terrenos com inclinações superiores

a 30%. Esse método geralmente resulta em uma média de rendimento de 10 a 12 toneladas por homem por dia (SEIXAS, 1987). No entanto, a CENIBRA (1991) enxerga essa técnica apenas como uma solução alternativa na ausência de outras soluções economicamente viáveis, já que é essencialmente rudimentar.

Eficiência operacional

WADOUSKI (1987) diferencia as variáveis que podem influenciar a eficiência das máquinas, categorizando-as em duas categorias: aquelas que podem ser prontamente identificadas e quantificadas de forma direta, e as que exigem uma abordagem mais indireta. Entre os fatores de identificação direta, estão os volumes de madeira a serem retirados, a extensão da área de exploração, as características dos troncos, a proporção e o diâmetro dos galhos, a topografia do terreno, a composição do solo e suas localizações geográficas, a infraestrutura de transporte, as distâncias médias de arraste, os padrões e distribuição das precipitações pluviométricas e as demandas por diferentes tipos de produtos madeireiros.

Por outro lado, existem diversas outras variáveis que são mais difíceis de serem precisamente determinadas (indiretas) e a magnitude de seu impacto nas operações deve ser estimada. Fatores como a susceptibilidade à erosão do solo, a estabilidade de áreas inclinadas, a qualidade, aptidão e disponibilidade da mão de obra, as exigências específicas do manejo florestal, os riscos de compactação do solo e a possibilidade de mudanças climáticas abruptas impõem certas restrições, que podem ser mais ou menos severas, à aplicação dos sistemas de colheita de madeira, dependendo da interação desses fatores.

Complementando WADOUSKI, VAZ (2007) inclui como gargalos de produção que podem prolongar a duração das operações de colheita florestal, como a distância percorrida em terrenos mais íngremes e a densidade da área em questão.

Zona de risco operacional

SEIXAS (2008) salienta como a topografia do terreno desempenha um papel crucial na determinação do equipamento adequado a ser utilizado, tendo um impacto direto na eficiência da máquina escolhida. É fundamental considerar a capacidade máxima de trabalho

de cada maquinário, levando em conta a inclinação e os obstáculos naturais do terreno, como já havia sido documentado por WADOUSKI (1987) e VAZ (2007).

Problemas como erosão e dificuldades de regeneração podem tornar impraticável o uso de certos equipamentos que, em teoria, poderiam operar em inclinações específicas (SEIXAS, 2008). Um exemplo disso é a restrição de operar tratores de esteiras em inclinações superiores a 50-60%, como visto em especificações pois acima desse limite, a construção de estradas ou trilhas se torna desaconselhável devido aos altos custos envolvidos na construção, na remoção de solo fértil e nos riscos de erosão (CONWAY, 1976).

Maquinário

Pensando nas limitações impostas pelo declive do terreno, cabe ao planejamento florestal empregar o melhor maquinário no sistema de corte escolhido, seja ele o de árvores inteiras ou toras longas. À exemplo do **Feller Buncher** cujas restrições estão relacionadas à inclinação do terreno, onde existe um limite em torno de 35% de inclinação que resulta em uma redução na eficiência da operação, como visto anteriormente. As condições ideais para o uso de equipamentos maiores incluem terrenos com inclinações de até 10%, um mínimo de 750 árvores por hectare e um volume médio de madeira entre 0,23 e 0,28 m³ por árvore (SEIXAS, 2008). De acordo com CONWAY (1976), quando a inclinação do terreno é inferior a 10%, a máquina funciona melhor ao seguir os contornos naturais da superfície e em inclinações mais acentuadas, a máquina deve operar subindo ou descendo o declive. Gingras (1988) constatou que o declive afetou a produção quando excedeu 15% na máquina sem capacidade de nivelamento e 35% na máquina com nivelamento.



Feller Buncher de esteira em área declivosa. John Deere Brasil.

No que diz respeito ao uso do **Skidder**, o autor MACHADO (1984) ressalta uma série de fatores cruciais para garantir a máxima eficiência operacional. Primeiramente, é importante considerar a inclinação do terreno, que deve variar de 30% a favor da direção do declive e 10% no sentido contrário, a fim de otimizar o desempenho. Outro ponto relevante é a necessidade de selecionar um trator florestal que esteja em conformidade com a capacidade de carga a ser rebocada. Isso é essencial para garantir uma operação eficaz. A habilidade e o desempenho do operador são igualmente cruciais, uma vez que podem impactar significativamente o rendimento, chegando a influenciar em até 40%. Por último, mas não menos importante, é crucial manter a pressão dos pneus em níveis adequados, levando em consideração as condições do solo e o tipo de terreno, para assegurar um funcionamento eficiente.

RIBEIRO et al. (200-) estudou o uso de **Clambunk Skidder** (de garra) na extração mecanizada de madeira em áreas declivosas e concluiu que a eficiência do maquinário é resultado da influência da inclinação do terreno ao longo do tempo necessário para percorrer as distâncias mencionadas anteriormente. É evidente que, em distâncias menores de extração, onde o terreno é ondulado e a floresta tem uma alta taxa de produção, o Clambunk Skidder demonstrou ser mais eficaz quando comparado com os mesmos parâmetros aplicados a uma floresta de baixa produtividade.

Por outro lado, em distâncias de extração maiores, especialmente em florestas de classe 1, a máquina mostrou um desempenho superior em terrenos mais suaves, com inclinações inferiores a 9 graus. Portanto, RIBEIRO et al. (200-) concluiu que as variáveis tempo, inclinação do terreno e distância de extração são fatores significativos que afetam o processo de extração de madeira, desempenhando um papel relevante na operação de colheita florestal.



Clambunk Skidder em declive. Revista Cultivar.

Na pesquisa de produtividade do trator florestal **Chocker Skidder** (de cabo) na extração de madeira em terrenos declivosos de LOPES et al. (2015), o Skidder de cabo demonstrou uma disponibilidade mecânica média de 92,1%, um valor notavelmente alto, apesar das manutenções corretivas realizadas, pois é uma máquina com baixa vida útil (1.057 horas) e pouca necessidade de reparos mecânicos. No entanto, a disponibilidade técnica foi consideravelmente menor, atingindo apenas 66,0%, devido a interrupções operacionais e não operacionais frequentes, resultando em uma eficiência operacional média de apenas 60,7%. Esse número é inferior ao relatado em outros estudos, como o de SANTOS et al. (2013), que alcançou uma eficiência operacional média de 78,3%, e o de FIEDLER et al. (2008), que registrou 73,2%.

Analisando o impacto das variáveis declividade do terreno e distância de extração na produtividade do Skidder de cabo, observou-se que o desempenho da máquina diminuiu à medida que a declividade e a distância de extração aumentaram, uma situação comum nesse tipo de operação como os outros autores relataram. No entanto, a declividade do terreno teve um efeito mais significativo sobre a produtividade nas distâncias mais curtas de extração, com diferenças notáveis na produtividade em distâncias de até 100 metros, enquanto acima de 100 metros não houve diferenças substanciais na produtividade com base na declividade (LOPES et al., 2015).



Chocker Skidder. Tigercat.

Já quanto à colhedora **Harvester**, ROBERT et al. (2013) em avaliação do desempenho operacional do Harvester 911.3 X3M em áreas declivosas, percebeu que, em todas as categorias de declividade avaliadas, a produtividade do maquinário não mostrou diferenças estatisticamente significativas, mantendo um volume médio de 27,4 m³ por hora em todas as parcelas, sugerindo que esse modelo é adequado para operações em terrenos acidentados. Além disso, a direção de deslocamento durante o corte não teve impacto na produtividade, proporcionando uma vantagem em relação ao método atual que envolve retornos sem realizar cortes.

No ciclo operacional da máquina estudada, a etapa que mais demanda tempo é o traçamento, que representa, em média, 24% do tempo total do ciclo. Em contraste com um estudo anterior conduzido por FERNANDES et al. (2013), que utilizou um Harvester com

rodados de pneus equipados com semi-esteiras e encontrou menor produtividade em declividades entre 20,1° e 30°, este estudo de ROBERT et al. (2013) não encontrou diferenças de produtividade significativas em diferentes classes de declividade. Isso sugere que a adaptação estrutural das esteiras no modelo Harvester 911.3 X3M pode ser a principal razão para a falta de variação na produtividade em terrenos íngremes.



Harvester 911.3 X3M. Komatsu Florestal.

Segundo SEIXAS (2008), o carregador hidráulico dos **Forwarder**, que pode ser instalado tanto na parte traseira do veículo como na dianteira, tem uma capacidade de carga que varia de 300 a 1800 kg por ciclo e um alcance que vai de 3 a 12 metros. Eles são capazes de operar em terrenos irregulares com uma inclinação máxima de cerca de 30%, ou até 60% se forem movidos na direção do declive, o que os torna atrativas escolhas para esse cenário. Contudo, são equipamentos que têm um preço de compra relativamente alto e requerem florestas com boa produtividade para valer o investimento, além de exigir por operadores qualificados. As distâncias médias de transporte costumam ficar entre 200 e 300 metros, com rendimentos operacionais em torno de 30 m³ por hora (SEIXAS, 1978; SOUZA et al., 1988).

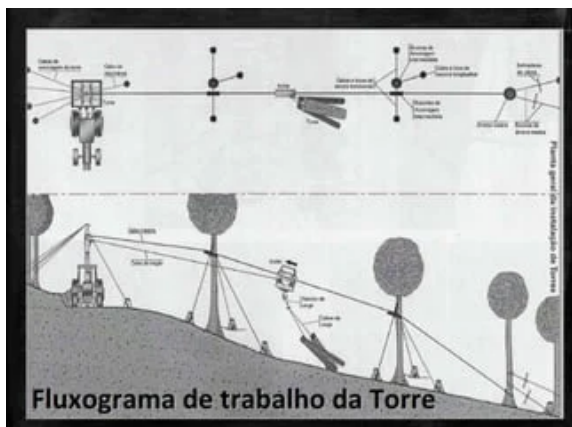
As empresas e produtores ainda podem optar por outras soluções, algumas mais econômicas e outras de maior investimento. À exemplo a adaptação do **guincho de arraste**, feita por RIBEIRO & SOUZA (1992), que modificaram um guincho de arraste com uma

capacidade de 12 toneladas integrado a uma carreta. Eles também incorporaram um cabo de retorno para reduzir a carga física sobre o ajudante, que precisaria levar o cabo de aço até a pilha de madeira. Isso se tornou necessário devido às extensas distâncias de arraste e às inclinações acentuadas do terreno.

Apesar dos guinchos de arraste representam uma alternativa econômica, surgem debates consideráveis sobre os impactos ambientais associados a essa prática, uma vez que intensificam a degradação do solo ao criar sulcos ao longo das trilhas durante o arraste da madeira. Isso resulta na exposição do terreno, tornando-o vulnerável a processos erosivos.

VOLPATO et al. (1991) também adaptaram um **trator agrícola** para favorecer a operação em declive. O guincho de arraste TMO-33t acoplado possuía um tambor que acomodava até 200 metros de cabo de aço com um diâmetro de 5/8 polegadas. A eficácia foi maior em distâncias de arraste inferiores a 50 metros, estrada com largura superior a 4 metros, equipe composta por um operador e quatro ajudantes e terreno com inclinação superior a 60%. Os autores estimaram rendimento operacional máximo de 33,93 toneladas por hora, com um custo mínimo de US\$ 0,74 por tonelada.

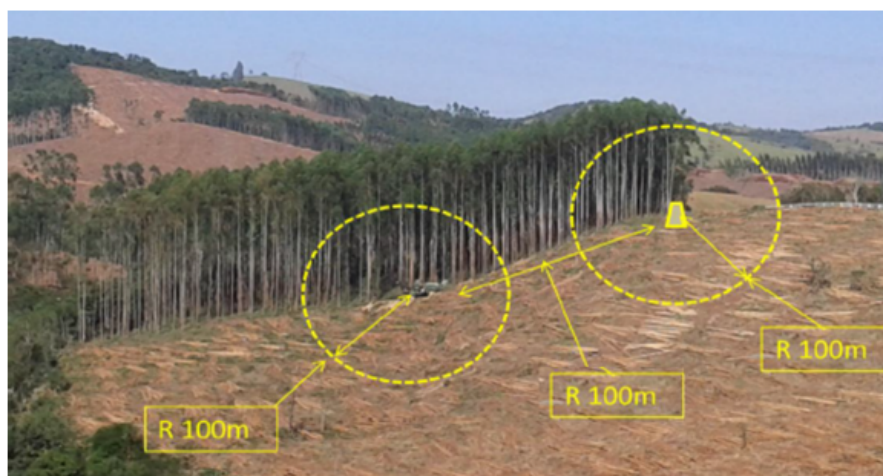
Se maiores investimentos forem possíveis, uma alternativa é o uso de **cabos aéreos** cuja utilização no Noroeste dos Estados Unidos tem viabilizado a colheita de madeira em terrenos em que era considerada inviável. Embora tenham um custo operacional considerável, os cabos podem ser vistos como uma solução eficaz tanto do ponto de vista técnico quanto ambiental. Isso se deve à sua utilidade principalmente onde a criação de estradas é mais desafiadora, além de possibilitarem a minimização do contato da madeira com o solo durante a extração, uma diminuição considerável de impactos ambientais que outros sistemas de maquinário usualmente causam em declividade e mesmo em terrenos mais planos.



Esquema de cabos aéreos e Cabo Aéreo K301H. PENZSAUR.

Derrubada e Processamento

Se escolhida a colhedora Harvester, o que envolve o processamento de árvores de pequeno e médio porte dentro das áreas demarcadas no mapa de microplanejamento, deve-se garantir o respeito aos seus limites. SEIXAS (2008) enfatiza que a operação só pode ser realizada em condições que máquinas, veículos e pessoas estão fora da zona de risco de 100 metros, como mostra a figura a seguir. É essencial orientar a queda dessas árvores de modo a prevenir danos às áreas de conservação, assegurando a remoção das árvores com precaução.



Área de risco operacional do Harvester em declive. Fonte: SEIXAS (2008).

DERRUBADA SEMI-MECANIZADA

Em áreas de relevo acidentado surge um desafio significativo relacionado à mecanização, necessitando o desenvolvimento de técnicas de colheita específicas para tais regiões. A finalidade principal disso é a redução de custos e a otimização das operações de colheita florestal. Nesses tipos de terrenos prevalece o método de corte semimecanizado (BRINATE, 2016).

A implementação de projetos florestais em áreas de relevo acidentado traz consigo uma série de benefícios tanto para o meio ambiente quanto para as comunidades locais. Isso inclui melhorias na qualidade do solo, na disponibilidade de água, na conservação da biodiversidade e no bem-estar das pessoas. Ademais, representa uma alternativa eficaz para a recuperação de áreas degradadas, prevenindo problemas como a lixiviação, erosão do solo e assoreamento dos corpos d'água (Bantel, 2009).

Roçada pré corte

Realizar a roçada do sítio florestal é uma etapa importante na preparação para qualquer trabalho de corte de árvores em terrenos acidentados. A roçada manual é menos efetiva e pode ser mais perigosa nessas áreas, quando comparada com a roçada semimecanizada. Esta é uma técnica de manejo da vegetação rasteira, por meio de motoroçadeiras ou enxadas rotativas, que permite cortar grandes áreas em pouco tempo, tornando o trabalho eficiente e produtivo.

Roçar a vegetação rasteira permite a melhor visualização da área, possibilita a identificação de obstáculos como rochas e troncos, facilita o acesso, o transporte de ferramentas e a própria movimentação dos operadores. Também é importante para melhorar as propriedades químicas do solo, uma vez que a vegetação rasteira se tornará matéria orgânica para aquela área.

Remover essa vegetação ajuda a minimizar os riscos e é fundamental para a segurança dos operadores, além de preparar a área para o corte, que nesse caso, também será semimecanizado.

Derrubada com motosserra

A inclinação do terreno desempenha um papel determinante na viabilidade da mecanização florestal. Em áreas íngremes a operação de máquinas torna-se impraticável, uma vez que estas não foram projetadas para funcionar sob tais condições (BRINATE, 2016). De acordo com Burla (2008) a inclinação máxima aceitável para operações mecanizadas de preparo do solo é de 20°, acima disso a mecanização torna-se inviável.

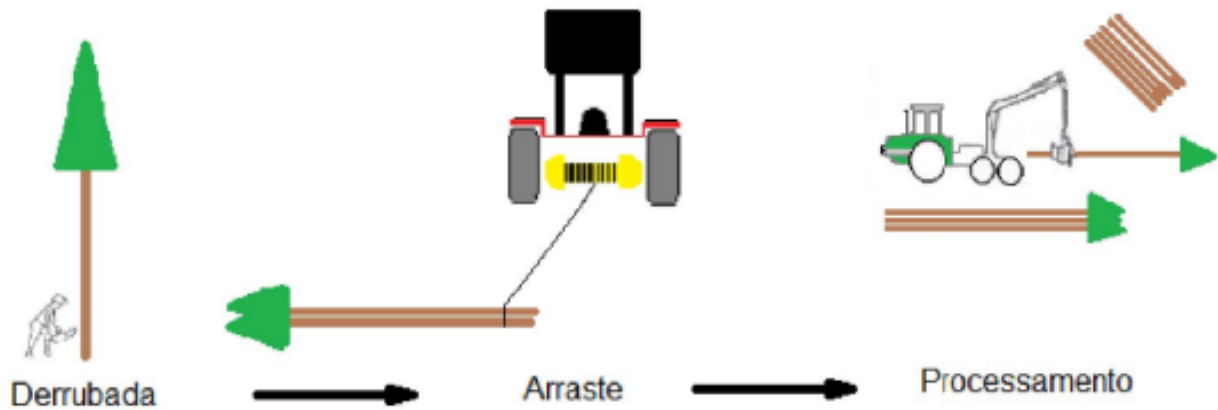
Por conta das restrições impostas pelo terreno inclinado, o corte semimecanizado surge como uma solução adotada nas áreas declivosas do Brasil. Embora essa atividade seja de certa forma perigosa e exija demanda física elevada, sua popularidade é atribuída à baixa necessidade de investimento inicial, à produtividade individual e à adaptabilidade a locais de difícil acesso (SANT'ANNA, 2014).

Entretanto, para conduzir com segurança o corte semimecanizado é essencial realizar uma preparação inicial dos funcionários, com objetivo de pontuar todos os riscos e medidas preventivas de segurança. É essencial que os operadores de motosserra sigam rigorosamente os protocolos de segurança estabelecidos.

Técnica do guincho de arraste

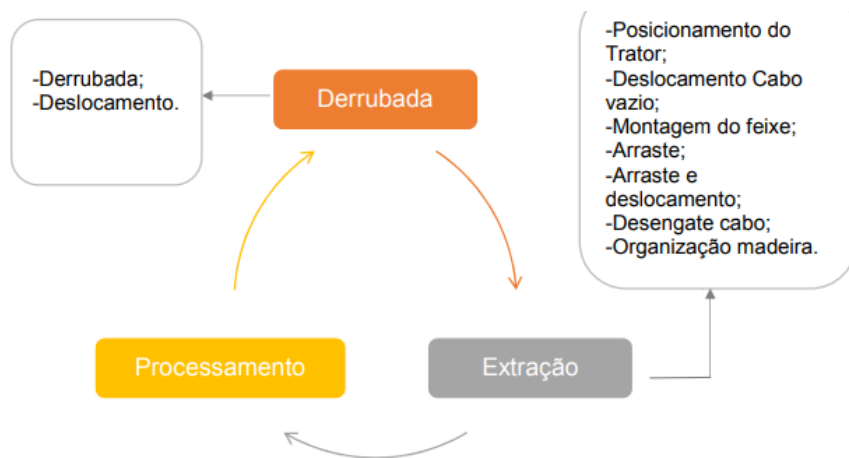
A técnica do guincho de arraste envolve o transporte da madeira do interior do talhão florestal até o local de armazenamento, mantendo contato total ou parcial com o solo. Após a realização do corte das árvores, o próximo passo é a extração da madeira, ou seja, o deslocamento das toras até a estrada ou um ponto de estocagem intermediário. Essa tarefa pode ser executada por meio de métodos manuais ou mecanizados (BRINATE, 2016).

No Brasil, a extração florestal em áreas montanhosas se destaca pelo uso de máquinas e equipamentos como o trator agrícola com guincho arrastador, trator agrícola com guincho arrastador suspenso, forwarders com semi esteiras adaptadas, skidders e sistemas de cabos aéreos (ROBERT et al., 2013).



Colheita semimecanizada extraída por guincho de arraste. Fonte: BRINATE, I. B. (2016).

O sistema de extração na colheita semimecanizada, usualmente aplicado em áreas declivosas, é o de árvores inteiras. Neste, a árvore é derrubada e arrastada até a margem da estrada, onde é processada por um harvester.



Esquema operacional do corte semimecanizado extraído por guincho arrastador. Fonte: BRINATE, I. B. (2016).

Procedimentos de segurança

Seguindo os procedimentos de corte misto da Suzano (2021), o atual tópico e os próximos dois seguintes (zona de risco operacional e derrubada direcionada) foram redigidos tendo-o como base.

Para garantir operações seguras e eficientes de corte com motosserra em áreas florestais, é fundamental seguir um conjunto de procedimentos fundamentais. Isso inclui a realização de um Check List para garantir que a motosserra esteja em perfeitas condições de funcionamento, o planejamento das áreas de derrubada levando em consideração as normas ambientais, a capacitação e autorização adequada do operador. Além disso, realizar uma inspeção prévia da área de trabalho, devidamente equipado com Equipamentos de Proteção Individual (EPIs).

Durante o transporte da motosserra, é importante se atentar aos declives do terreno, mantendo sempre o corpo ereto e o sabre do equipamento para frente. Tomar cuidado com a lâmina, principalmente durante a afiação. Nunca ligar a motosserra sem estar fixada no chão, atenção durante o abastecimento de combustível e usar luvas durante todo o processo. Outra questão essencial para a segurança do operador é nunca forçar, acelerar ou utilizar as mãos, uma vez que há risco de rebote, resultando em um acidente grave.

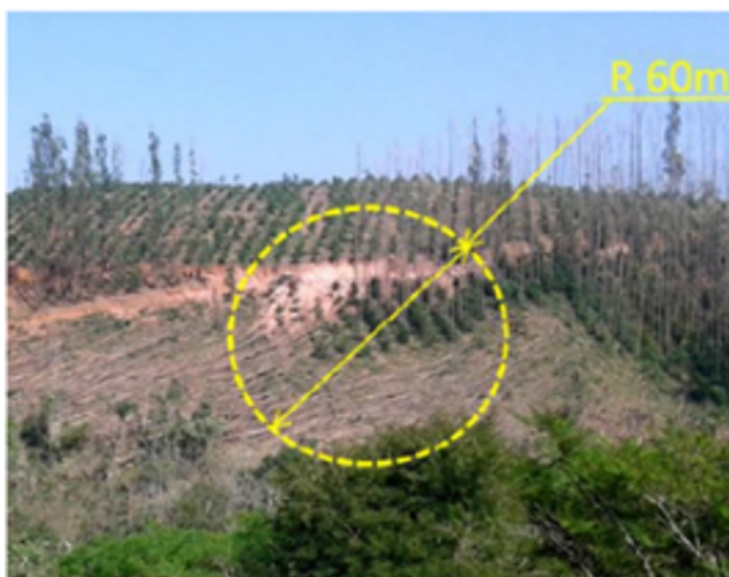
Zona de risco operacional

Na operação da motosserra, recomenda-se manter uma distância segura de 60 metros do local onde o corte está ocorrendo, para garantir a segurança dos envolvidos na operação, além disso é importante seguir algumas diretrizes essenciais que serão dissertadas a seguir.

Primeiro, o motosserrista deve limpar os troncos que serão cortados, removendo cipós, cupins e outros obstáculos quando necessário. Além disso, o operador da motosserra deve avaliar a árvore, levando em conta características como a forma do tronco, o peso da copa e a direção das galhadas, bem como as condições ambientais, como a direção do vento, para determinar o melhor direcionamento da queda.

É importante identificar duas rotas de fuga com base na direção da queda da árvore, sempre que possível essas rotas devem ser preparadas, removendo qualquer obstáculo que possa atrapalhar.

No início do corte o operador deve segurar a motosserra com firmeza e com as duas mãos, nunca deve-se considerar a derrubada concluída se houver árvores penduradas. O corte deve ser finalizado apenas quando todas as árvores estiverem no chão, garantindo a segurança de todos os envolvidos na operação.



Zona de risco operacional. Fonte: Procedimento de corte misto, Suzano (2021).

Derrubada direcionada

No contexto das operações de colheita florestal, especialmente em áreas onde a queda natural de árvores pode representar riscos para plantações comerciais, florestas nativas, redes elétricas ou áreas habitadas, é necessário adotar um método de derrubada que permita um controle preciso sobre a direção em que as árvores caem. Esse método de derrubada, que envolve o uso de tratores com cabos e guinchos, visa direcionar a queda das árvores de forma segura e controlada.

Para a execução eficaz dessa técnica, é necessária uma equipe composta por três membros: o motosserrista, o auxiliar e o tratorista. O motosserrista desempenha um papel

central na operação, sendo responsável por identificar as árvores alvo com base em um planejamento prévio, avaliar a adequação de cada árvore para o corte, decidir qual tipo de corte deve ser empregado, determinar a direção da queda da árvore e estabelecer as duas rotas de fuga que devem ser preparadas para garantir a segurança de todos.

O auxiliar atua em colaboração com o motosserrista, auxiliando na localização das árvores a serem derrubadas e na amarração dos cabos necessários. Por sua vez, o tratorista desempenha um papel fundamental ao posicionar o trator a uma distância segura, geralmente equivalente à distância de duas árvores, antes do início da derrubada.

O processo de derrubada segue uma sequência de etapas planejadas:

- Seleção da árvore alvo.
- Avaliação das árvores secundárias próximas para evitar problemas como engaiolamento, enroscamento ou lascamento durante a queda.
- Aproximação do trator até a árvore e amarração do cabo realizada pelo auxiliar.
- Recuo do trator para a distância estabelecida, mantendo uma margem segura entre as árvores.
- O auxiliar se afasta para evitar qualquer risco associado à queda da árvore, permanecendo a uma distância segura.
- O motosserrista, o único que permanece na zona de abate, inicia o corte.
- O tratorista arrasta a árvore com o cabo até a área pré-determinada para a queda.

Essa técnica de derrubada oferece um nível elevado de controle sobre o processo, minimizando riscos para as operações florestais e para a área. Ela representa um exemplo de práticas seguras e eficazes que devem ser adotadas na colheita florestal, assegurando a segurança dos funcionários e a minimização de danos ambientais.

Produtividade média

A colheita e o transporte de madeira em áreas montanhosas ou com terreno acidentado geralmente apresentam menor produtividade em comparação com áreas de relevo plano.

Essas condições desafiadoras resultam em desgaste acentuado das máquinas, aumento do risco de acidentes, impactos ambientais negativos e custos mais elevados em termos de planejamento e gestão da atividade (THEES; FRUTIG; FENNER, 2011).

Por outro lado, a técnica de corte com guincho de arraste é mais produtiva e segura do que os métodos tradicionais em áreas críticas. A irregularidade do terreno nessas áreas representa um risco significativo para o operador que realiza o traçamento das árvores, já que torna o posicionamento seguro mais difícil e aumenta o potencial de engaiolamento e enganchamento da madeira, o que poderia representar ameaças para a segurança do operador durante a atividade (BRINATE, 2016).

Em resumo, a técnica do guincho de arraste é mais eficaz tanto em termos de produtividade quanto de segurança, especialmente em áreas de terreno crítico, e também resulta em menor desgaste das máquinas, tornando-a uma escolha vantajosa em operações de colheita florestal em condições desafiadoras.

Além disso, o planejamento de estradas é fundamental para obter maior produtividade das técnicas, especialmente em áreas acidentadas. A atividade de arraste é impactada pelo volume e largura das estradas, tornando essencial o planejamento prévio antes do plantio florestal. Isso envolve uma distribuição adequada das estradas ao longo do talhão, com prioridade para a parte inferior, além de garantir maior largura, especialmente nos locais de arraste e armazenamento de madeira (BRINATE, 2016).

As produtividades da extração por meio da técnica de guincho de arraste, conforme calculadas na dissertação de BRINATE (2016), alcançaram 1,98 m³.HE-1 em condições normais e 2,28 m³.HE-1 em condições críticas. Esses resultados foram inferiores ao mencionado por SEIXAS e CASTRO (2014), utilizando o mesmo modelo de guincho, onde registraram rendimentos operacionais máximos de 4,76 m³.HE-1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Avaliação de riscos

A exemplo do estudo de aplicação do processo de avaliação de risco em atividades de colheita florestal semimecanizada e mecanizada feito por BERMUDES et al. (2020) é possível observar um comparativo entre as estratégias que podem ser adotadas e suas decorrências. No trabalho foi adotada a metodologia conhecida como Processo de Avaliação de Risco em Colheita Florestal (PARCF), desenvolvida por Bermudes em 2018. Essa metodologia compreende três etapas: identificação do risco, análise para compreender sua natureza e determinar seu nível, e avaliação para comparar os resultados da análise e avaliação com critérios legais para determinar sua aceitabilidade.

Durante a análise, foi enfatizada a compreensão dos riscos, seus níveis e a consideração das legislações pertinentes, recomendando medidas de controle de acordo com as normas da ABNT - 2018. O preenchimento do PARCF, durante a análise, identificou a origem dos riscos com o propósito de proteger os trabalhadores e propor medidas de controle para eliminar os elementos que podem gerar riscos.

A análise identificou cinco riscos de categoria alta, destacando a necessidade crucial de aplicar e manter medidas de controle rigorosas nessas atividades para garantir a proteção dos empregados e cumprir as exigências das normas regulamentadoras. A avaliação concluiu que as atividades eram de risco aceitável, desde que fossem seguidos protocolos, incluindo treinamentos, procedimentos estabelecidos previamente, manutenção de máquinas e uso de equipamentos de proteção individual.

No aspecto humano e social, observou-se que o motosserrista tinha uma experiência de 36 meses, enquanto o ajudante trabalhava nessa atividade há 12 meses. Ambos possuíam Atestado de Saúde Ocupacional (ASO) adequado à sua tarefa, eram treinados e expressaram satisfação com a profissão, além de realizar levantamento manual de carga de até 10 kg.

O Processo de Avaliação de Risco em Colheita Florestal (PARCF) foi aplicado no planejamento das atividades de trabalho, tanto em operações semimecanizadas quanto mecanizadas. Esse processo envolveu a identificação dos níveis de risco, a consideração dos requisitos legais nacionais e uma análise abrangente. Para atividades semimecanizadas, a

avaliação revelou um espectro de riscos, variando de baixos a altos, com operações de corte usando motosserra sendo identificadas como de risco mais elevado. A importância de manter e aplicar controles de risco, como treinamento e uso de equipamentos de proteção, foi enfatizada para garantir a segurança dos trabalhadores e atender às regulamentações.

No contexto da colheita mecanizada, a avaliação de risco revelou uma gama semelhante de riscos, com atividades de corte e carregamento de árvores e o deslocamento da máquina sendo consideradas de alto risco. Apesar desses riscos, a análise final indicou que as atividades são possíveis, desde que sejam seguidos protocolos rigorosos, incluindo treinamento, procedimentos pré-estabelecidos e manutenção adequada das máquinas. Além disso, essa pesquisa ofereceu informações valiosas sobre as condições de trabalho no setor florestal, contribuindo para a prevenção de riscos à saúde e integridade dos trabalhadores e para o cumprimento das normas governamentais, enquanto também pode auxiliar no aprimoramento do modelo de gestão de segurança e saúde do trabalho no setor.

Concomitante a isso, NASCIMENTO et al. (2017), também avaliando os riscos da operação em áreas declivosas, de forma quantitativa, em que foram medidos os níveis de ruído e temperatura e feita a análise da postura dos trabalhadores, determinou que a ocupação de motosserrista apresentava os riscos inerentes mais elevados e de maior gravidade. Quanto aos movimentos parciais, atividades como corte da árvore, derrubada e desgalhamento foram identificadas como as mais arriscadas. Concluiu-se que uma gestão eficaz de riscos é fundamental para a sustentabilidade econômico-social das empresas florestais, especialmente em áreas de terreno acidentado, onde os riscos são agravados.

Conclusão

A colheita florestal é um processo complexo que envolve várias etapas interdependentes em um sistema integrado. A eficiência nesse sistema é essencial, mas melhorar uma atividade isoladamente nem sempre é benéfico para o processo como um todo. O ritmo e volume de produção devem ser proporcionais em todas as etapas.

Como visto no trabalho, a topografia do terreno desempenha um papel fundamental na colheita florestal. Terrenos íngremes podem apresentar desafios significativos, prolongando o ciclo operacional. A escolha do método de colheita é crucial e varia em função de muitos

fatores, sendo as abordagens possíveis: sistema de árvores inteiras, toras longas, seja com maquinários de guinchamento, tratores skidders, Harvester e Forwarder, entre outros, cada um com suas vantagens e desvantagens.

A eficiência operacional é um fator crítico quando num cenário de área declivosa, e seus diversos condicionantes, como o tipo de terreno, densidade da vegetação, inclinação e distância de extração, devem ser considerados no planejamento. Independentemente da escolha de maquinário, é essencial respeitar os limites de conservação das áreas demarcadas no mapa de microplanejamento para evitar danos ambientais, ao mesmo tempo que deve-se visar o máximo da eficiência operacional a fim de diminuir custos.

A segurança é uma prioridade em todas as etapas dessas operações, desde a preparação até a colheita propriamente dita. Os operadores de motosserra e guincho de arraste devem seguir rigorosamente os procedimentos de segurança estabelecidos, garantindo que os equipamentos estejam em perfeitas condições de funcionamento e que sejam usados Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequados.

Além disso, é essencial que os operadores estejam bem treinados e cientes dos riscos envolvidos. Em relação à produtividade, embora a colheita florestal em terrenos acidentados geralmente apresente desafios que resultam em menor eficiência em comparação com áreas de relevo plano, a técnica do guincho de arraste se destaca como uma opção mais produtiva e segura, especialmente em condições críticas. O planejamento adequado das estradas desempenha um papel crucial na melhoria da produtividade, garantindo a distribuição adequada das estradas ao longo do talhão.

Cabe retornar a reflexão levantada no início do trabalho de que a atividade de colheita é holística, global. Principalmente numa situação limitante como áreas declivosas, nota-se a importância de assegurar boas práticas silviculturais durante todo o processo de produção, pois, só assim é possível assegurar uma colheita sustentável. Mais uma vez, em teoria a colheita pode integrar apenas a “etapa final” de operacionalização, no entanto, na prática, é resultado de todas as escolhas feitas ao longo do ciclo de produção florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANTEL, C. A. Aproveitamento de propriedades rurais de topografia acidentada ou de pequena e média dimensão na produção florestal. 2009.

BERMUDES, Wanderson Lyrio et al. Aplicação do processo de avaliação de risco em atividades de colheita florestal semimecanizada e mecanizada. Vértices, 2020.

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

BRINATE, I. B. COLHEITA SEMIMECANIZADA DE EUCALIPTO EM ÁREAS DECLIVOSAS. 2016.

BRINATE, Igor Batista. Colheita semimecanizada de eucalipto em áreas declivosas. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Jerônimo Monteiro, 2016.

BURLA, E.R. Avaliação técnica e econômica do “harvester” na colheita do eucalipto. 2008. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008

BURLA, Everson Ramos. Avaliação técnica e econômica do harvester na colheita do eucalipto. 2008.

CHETTINO, Stanley. Precarização do trabalho: riscos e agravos à saúde e segurança ocupacional dos trabalhadores na colheita florestal em propriedades florestais. 2016.

DE OLIVEIRA, JOYCE LUIZE CAETANO; DE OLIVEIRA, FELIPE MARTINS. ANÁLISE TÉCNICA DA EXTRAÇÃO DE MADEIRA DE PINUS EM ÁREA DECLIVOSA. Revista Scientia Rural-ISSN 2178-3608, v. 1, 2020.

dez.2002.

DINIZ, Carlos Cezar Cavassin et al. Desempenho de um feller buncher em extrema variação da declividade do terreno. Advances in Forestry Science, v. 5, n. 3, p. 381-384, 2018.

GOMES, Caio Augusto Fidelix Carneiro et al. Influência da declividade na produtividade e altura de tocos no corte de Pinus taeda L. por Harvester. Revista Técnico-Científica, n. 13, 2018.

LEITE, A.M.P.; SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C. Terceirização. In: MACHADO, C.C. Colheita florestal. Viçosa: UFV, 2002. cap. 15, p. 423-44.

LEITE, Elton da Silva et al. Análise técnica e de custos do corte florestal semimecanizado em povoamentos de eucalipto em diferentes espaçamentos. Cerne, v. 20, p. 637-643, 2014.

LEITE, Elton da Silva et al. Utilização de guindaste na extração de madeira em região montanhosa. Revista Árvore, v. 36, p. 195-201, 2012.

LEITE, N. B. O Setor Florestal Brasileiro. Disponível em: <http://www.sbs.org.br> – Workshop SBS, 2003. Rio de Janeiro/RJ. Acesso em setembro de 2023.

LOPES, Eduardo Silva; DINIZ, Carlos Cavassin. Produtividade do trator florestal chocker skidder na extração de madeira em terrenos declivosos. Floresta, v. 45, n. 3, p. 625-634, 2015.

NASCIMENTO, Kauê Augusto Oliveira; CATAL, Rodrigo Eduardo. Dimensionamento e classificação de riscos da colheita florestal em relevo declivoso. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, p. 28-33, 2017.

OLIVEIRA JÚNIOR, Ezer Dias de; SEIXAS, Fernando. Análise energética de dois sistemas mecanizados na colheita do eucalipto. Scientia Forestalis, v. 70, p. 49-57, 2006.

RIBEIRO, Naiara Maria Araújo Rios et al. USO DE CLAMBUNK SKIDDER NA EXTRAÇÃO DE MADEIRA MECANIZADA EM ÁREAS DECLIVOSAS.

ROBERT, R. C.G.; SILVA, F. A. P. C.; ROCHA, M. P. da ; AMARAL, E. J. do ; GUEDES, I. L. . Avaliação do Desempenho Operacional do harvester 911.3 X3M em Áreas Declivosas. Floresta e Ambiente, v. 20, p. 183-190, 2013.

ROLOFF, Cássio; TÉCNICO EM FLORESTAS, Curso. Apostila de mecanização florestal. CEEPR, Visconde de São Leopoldo, 2019.

SALMERON, A.; RIBEIRO, R.S. Colheita mecanizada de eucaliptos em regiões acidentadas. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., Curitiba, 1997. Anais. Curitiba: UFPr, FUPEF, 1997, p. 165-181.

SALMERON, A. Mecanização da exploração florestal. Circular Técnica, IPEF, Piracicaba, (88):1-10, jan. 1980.

SANT'ANNA, C. M. Corte. In: Machado, C.C. (Ed.) Colheita Florestal. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 74-105

SANT'ANNA, C.M.; MALINOVSKI, J.R. Avaliação da segurança no trabalho de operadores de motosserra no corte de eucalipto em região montanhosa. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 75-84. 2002.

SEIXAS, F; CASTRO, G. P. Extração. In: Machado, C.C. (Ed.) Colheita Florestal. 3 e.d. Viçosa, MG: UFV, 2014. p. 106-161.

SHINZATO, Emily Tsiemi et al. Priorização de operações de manutenção de estradas florestais por meio de indicadores hidrológicos. Scientia Forestalis, v. 51, p. 1-13, 2023.

SILVA, Viviane Farias et al. Análise dos impactos do ciclo de vida: estudos de casos. 2022.

THEES, O.; FRUTIG, F.; FENNER, P. Colheita de madeira em terrenos acidentados. – Recentes desenvolvimentos técnicos e seu uso na Suíça. In: XVI SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SISTEMA DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 16. 2011, Campinas, SP. Anais.... Campinas, SP, 2011. P. 125-146.