

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/327751163>

COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL

Book · January 2018

CITATIONS

0

READS

7

1 author:



[Carla Krulikowski Rodrigues](#)

Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO)

26 PUBLICATIONS 3 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Tese de doutorado [View project](#)

CARLA KRULIKOWSKI RODRIGUES

COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL



2018

COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL

CARLA KRULIKOWSKI RODRIGUES

2018

CARLA KRULIKOWSKI RODRIGUES

COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL

1ª edição

**Curitiba
Edição do Autor
2018**

Copyright © 2018, Carla Krulikowski Rodrigues

ISBN: 978-85-924196-2-2

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou transmitida por qualquer meio de comunicação para uso comercial sem a permissão escrita da detentora dos direitos autorais. A publicação ou partes dela podem ser reproduzidas para propósito não comercial na medida em que a origem da publicação e a autoria sejam reconhecidas.

Ficha Catalográfica

R696c Rodrigues, Carla Krulikowski, 1989 –
Colheita e transporte florestal / Carla Krulikowski Rodrigues. –
Curitiba : [s.n.], 2018.
68 p. : il.

ISBN: 978-85-924196-2-2

1. Colheita florestal. 2. Madeira – Transporte. 3. Máquinas florestais. I. Título.

CDD 634.9
CDU 634.0.37

APRESENTAÇÃO

Prezado(a) leitor (a),

Neste livro ‘Colheita e Transporte Florestal’ são abordados conceitos, definições, atividades e métodos utilizados na colheita e no transporte florestal.

Assim, procuramos desenvolver e/ou aperfeiçoar as seguintes competências:

- Conhecer os principais conceitos e definições relacionados à colheita e transporte florestal.
- Identificar as etapas da colheita florestal e avaliar o papel de cada uma delas no atendimento das metas de serviço de abastecimento de madeira;
- Conhecer a classificação dos sistemas de colheita da madeira;
- Conhecer as formas de planejamento e gestão da colheita e transporte florestal;
- Identificar os modais de transporte aplicados ao setor florestal; e
- Conhecer as leis relacionadas ao transporte rodoviário.

Ao final deste livro, pretende-se que você tenha desenvolvido a habilidade necessária para o bom desempenho profissional na área de Colheita e Transporte Florestal, de forma a identificar as principais atividades desenvolvidas que garantam o abastecimento de madeira de indústrias e unidades consumidoras.

SUMÁRIO

ETAPAS DA COLHEITA FLORESTAL	1
CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE COLHEITA DA MADEIRA.....	28
PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA DA MADEIRA.....	37
TRANSPORTE FLORESTAL.....	55

ETAPAS DA COLHEITA FLORESTAL

INTRODUÇÃO

A colheita da madeira é uma atividade importante no setor florestal produtivo. Esta deve ser bem planejada e gerida, de forma a garantir a qualidade dos serviços e produtos, pois, quando não executada de forma adequada, pode comprometer a produtividade, elevar os custos operacionais e de produção, colocar em risco todo o trabalho silvicultural realizado e comprometer as atividades posteriores.

Define-se colheita florestal como o conjunto das operações efetuadas no maciço florestal, que visam preparar e levar a madeira até o local de transporte, fazendo-se o uso de técnicas e padrões estabelecidos, com a finalidade de transformá-la em produto final (MACHADO et al., 2014). Dependendo da empresa, também podem estar envolvidas as atividades de planejamento, descarregamento da madeira no pátio da indústria e sua comercialização.

A colheita florestal é composta pelas etapas de corte (derrubada, desganhamento, descascamento, traçamento, destopamento e pré-extração), extração e carregamento (MACHADO et al., 2014). Portanto, pode-se afirmar que a colheita é o trabalho executado desde o preparo das árvores para o abate até o transporte para o local de uso final (CONWAY, 1976).

A colheita florestal sempre foi de grande atenção por parte das empresas consumidoras de madeira, devido a sua alta representatividade nos custos de produção, à elevada demanda de mão de obra e, também, pela natureza desgastante do trabalho, juntamente com o elevado nível de riscos de acidentes. Em alguns casos, os custos de colheita e transporte florestal representam mais de 50% do custo total da madeira posto fábrica (MACHADO et al., 2014).

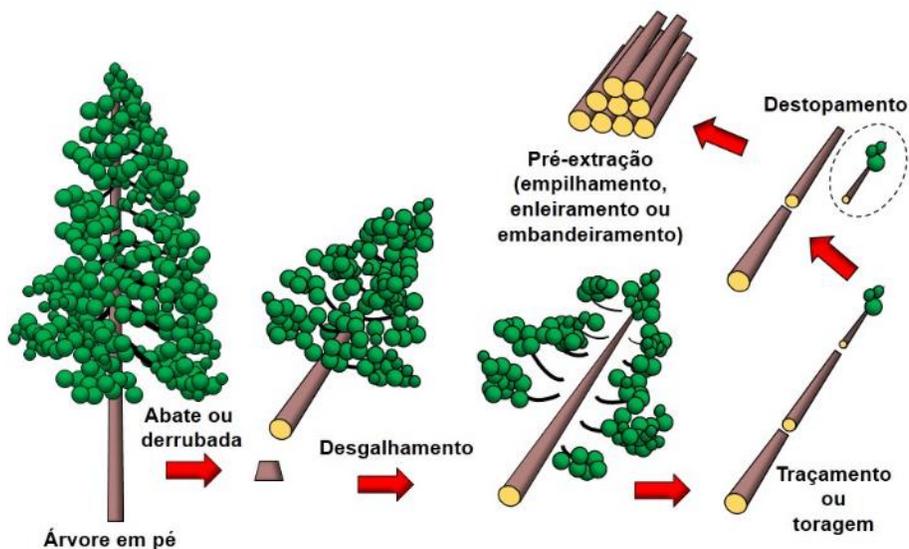
Dentro deste contexto, inicia-se o planejamento da colheita florestal pela seleção dos métodos a serem utilizados e a escolha adequada das máquinas e equipamentos, garantindo a execução da operação de acordo com a qualidade requerida, conforto e segurança dos trabalhadores e otimização dos recursos disponíveis. Outra questão que deve ser levada em consideração é a diversidade de fatores que influenciam na colheita florestal, que podem estar relacionadas às características do terreno, dos povoamentos, às condições climáticas, entre outras, e que, conseqüentemente, afetam a produtividade e os custos de produção (MALINOVSKI et al., 2006).

Devido à complexidade da colheita florestal, foi elaborado este material para que você possa conhecer melhor as suas etapas, os métodos que podem ser utilizados e alguns fatores de influência nas operações. Desta maneira, você se tornará um profissional capaz de planejar a colheita florestal, buscando antecipar os problemas que a afetam, proporcionando maior produtividade e os menores custos para a sua execução.

CORTE FLORESTAL

O corte é a primeira etapa da colheita florestal e tem grande influência na realização das operações subsequentes. Esta etapa refere-se a todo processamento da árvore para tornar possível a sua retirada da área. Ela compreende as operações de derrubada, desgalhamento, descascamento (opcional), destopamento, traçamento e pré-extração (empilhamento/enleiramento/embaideiramento) (Figura 1) (SANT'ANNA, 2014).

Quando o corte florestal é realizado pelo método manual e semimecanizado, as fases são executadas de forma agrupada e conforme sequencia descrita anteriormente. Entretanto, no método mecanizado, as fases podem ocorrer separadamente, devido aos diferentes locais onde são executadas (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).



Em que: Derrubada = ato ou efeito de cortar a árvore, jogando-a no chão; Desgalhamento = ato de tirar os galhos da árvore; Destopamento = ato de tirar o topo da árvore; Traçamento = seccionamento do fuste em toras; Enleiramento = ato de formar leiras; Empilhamento = ato de formar pilhas; e Embandeiramento = ato de formar bandeiras.

Figura 1. Fases do corte florestal.

Fonte: A autora.

Métodos

Os métodos referem-se aos meios utilizados para executar as fases presentes no corte florestal. Estes podem ser classificados em: manuais, semimecanizados e mecanizados. Além disso, pode ocorrer o corte por meio de métodos combinados, onde são consorciados mais de um método de execução, sendo um método diferenciado para cada fase.

Corte florestal manual

O método manual caracteriza-se pelo uso de equipamentos não-motorizados e pela força física do homem na execução das fases do corte (Figura 2). Muito utilizado no passado, este método aos poucos foi substituído pelo método semimecanizado a partir da década de 1960, com a chegada das primeiras motosserras.

O corte manual compreende as atividades de derrubada, desgalhamento, traçamento e empilhamento no mesmo local. Os fustes são traçados em comprimentos que facilitam a extração, o carregamento e o descarregamento.

A vantagem deste método é o baixo custo de aquisição e manutenção dos equipamentos. Entretanto, apresenta a necessidade de elevado esforço físico e riscos de acidentes, bem como utiliza mão-de-obra com baixa qualificação e proporciona baixa produtividade (MACHADO, 1983; SANT'ANNA, 2014).

O corte manual pode ser realizado com as seguintes ferramentas:

- Machado: derrubada, desgalhamento e traçamento;
- Traçador e serra de arco: derrubada, desgalhamento e traçamento;
- Foice, facão, machete, terçado, entre outros: desgalhamento.



Figura 2. Corte manual de árvore com machado.

Fonte: Pixabay (2013).

Corte florestal semimecanizado

O corte semimecanizado foi muito utilizado no passado. Hoje, o seu uso se limita às regiões onde não é possível a mecanização, devido a topografia acidentada e as condições específicas do solo ou das dimensões das árvores (ROBERT, 2012). O método semimecanizado tem como característica o uso de motosserra para a execução da derrubada, desgalhamento e traçamento das árvores (Figura 3). Este pode ter ou não, o

auxílio de ferramentas manuais para a execução do desgalhamento (SANT'ANNA, 2014).



Figura 3. Corte semimecanizado.

Fonte: A autora.

As vantagens do corte florestal semimecanizado são: (1) baixo custo de aquisição; (2) limite do diâmetro de corte elevado; (3) possibilidade de uso em qualquer tipo de terreno; (4) execução de todas as fases do corte com uma só máquina; e (5) elevada produção individual, se comparado ao corte manual. Como desvantagens, podem-se citar: (1) elevados riscos de acidentes e esforço físico; (2) ergonomia inadequada; (3) baixa produtividade em relação ao mecanizado; e (4) impossibilidade de trabalhar em turnos.

Para realizar o corte semimecanizado é necessário que os operadores recebam treinamentos adequados para executarem as operações de corte com qualidade, elevada produtividade e segurança. Além disso, é necessário que os operadores utilizem os equipamentos de proteção individual (EPI's) recomendados, tais como: capacete, protetor auricular, protetor facial, vestimenta sinalizadora, luvas, calças com proteção e botas antiderrapante com proteção.

Para saber mais sobre segurança do trabalho com motosserras, acesse a NR12, no site do Ministério do Trabalho.

Link: <http://www.trabalho.gov.br/images//Documentos/SST/NR/NR12/NR12.pdf>

Mecanizado

O método mecanizado é caracterizado pelo uso de máquinas na execução nas operações de derrubada, desgalhamento, traçamento e pré-extração. Este método tem como vantagens: (1) alto rendimento das operações; (2) segurança da produção e bom potencial de reação; (3) maior segurança e ergonomia aos operadores; (4) possibilidade de trabalhos em turnos; e (5) redução dos custos de produção. Enquanto as desvantagens são: (1) elevado investimento na aquisição de equipamentos; (2) necessidade de operadores capacitados; (3) boa estrutura de manutenção mecânica e assistência técnica; e (4) limitação quanto aos diâmetros máximo e mínimo das árvores (SANT'ANNA, 2014).

O corte mecanizado pode ser realizado pelas seguintes máquinas:

- *Feller*: trator florestal derrubador;
- *Feller-buncher*: trator florestal derrubador-empilhador;
- *Harvester*: trator florestal derrubador-processador;
- *Slingshot*: trator derrubador-acumulador-processador;
- *Tree-puller*: arrancador de árvores;
- *Delimber*: trator florestal desganhador;
- *Delimber-buncher*: trator florestal desganhador-acumulador;
- *Feller-skidder*: trator florestal derrubador-arrastador.
- *Harwarder*: trator florestal derrubador-processador-autocarregável.

Principais máquinas utilizadas no Brasil

No Brasil, geralmente são utilizadas duas máquinas no corte florestal mecanizado, sendo o *harvester* e o *feller buncher*. Um dos principais motivos para o uso destas máquinas é o sistema de colheita utilizado, a produção, e, principalmente, a exigência industrial para o dimensionamento das toras

que devem seguir o comprimento e o diâmetro pré-determinado (ROBERT, 2012).

Harvester

O *harvester* pode ser definido como um trator derrubador, desganhador, traçador e empilhador, podendo os rodados serem de pneus ou esteiras, uma escavadeira ou trator agrícola com cabeçote *harvester* adaptado (Quatro 1).

Feller buncher

O *feller buncher* pode ser conceituado como um trator derrubador empilhador, composto por tratores de pneus ou esteiras (Figura 4), com implementos frontais, capaz de acumular feixe de árvores durante a operação de corte, enquanto o cabeçote que não apresenta esta característica é denominado apenas de *feller*.

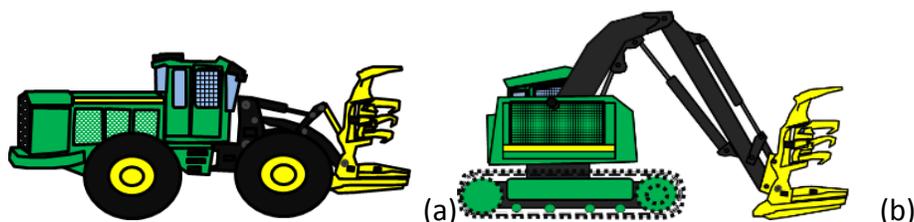


Figura 4. Feller buncher no corte florestal. Rodado de pneus (a); e rodados de esteiras (b).

Fonte: A autora.

Quadro 1. Tipos de configurações do *harvester*.

Máquina	Descrição
 <p>Harvester de pneus</p>	<p>Características Relevantes</p> <ul style="list-style-type: none">• Adaptado para trabalhar na floresta;• Maior velocidade de deslocamento;• Declividade longitudinal até 28 graus (53%);• Elevado valor de aquisição; e• Boa produtividade. <p>Possíveis Desvantagens</p> <ul style="list-style-type: none">• Baixo valor de revenda; e• Especificidade da operação.
 <p>Harvester de esteiras (Purpouse Build)</p>	<p>Características Relevantes</p> <ul style="list-style-type: none">• Elevada produtividade;• Aplicação em florestas de maior volume;• Menor compactação do solo;• Menor velocidade de deslocamento;• Máquina mais alta e com maior visibilidade; e• Cabine de aplicação florestal. <p>Possíveis Desvantagens</p> <ul style="list-style-type: none">• Maior desgaste da esteira (terrenos arenosos);• Maior valor de aquisição; e• Maior consumo de combustível.
 <p>Harvester esteiras (Escavadeira Florestal)</p>	<p>Características Relevantes</p> <ul style="list-style-type: none">• Menor valor de aquisição;• Menor consumo de combustível;• Maior valor de revenda; e• Diversas aplicações. <p>Possíveis Desvantagens</p> <ul style="list-style-type: none">• Menor velocidade de deslocamento; e• Declividade longitudinal máxima de 20°.
 <p>Harvester em trator agrícola</p>	<p>Características Relevantes</p> <ul style="list-style-type: none">• Menor valor de aquisição;• Opção para o pequeno produtor; e• Possibilidade de trabalho em desbaste. <p>Possíveis Desvantagens</p> <ul style="list-style-type: none">• Baixa produtividade;• Limitado ao terreno declivoso; e• Máquina não projetada para aplicação florestal.

Fonte: Sant'anna (2014); Seixas; Batista (2014).

Os implementos de corte podem ser de três tipos: disco, sabre e tesoura, em que, juntamente com os braços acumuladores, todos são acionados por sistema hidráulico (Figura 5) (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).



(a) Disco



(b) Sabre



(c) Tesoura

Figura 5. Tipos de implemento do *Feller buncher*.

Fonte: A autora; Engetel; MFRural.

O *Feller buncher* de disco é formado por um motor hidráulico que gira um disco de metal denteado no seu perímetro. A espessura do disco é de aproximadamente 50 mm, com rotação de 1.500 rpm e capaz de cortar a árvore apenas com um toque. O *Feller* direcional (de sabre) realiza o corte similar ao efetuado com motosserra, por meio do motor hidráulico. No Brasil, não são acumuladores, portanto, efetuam o corte e depositam a árvore diretamente no solo. Enquanto o *feller buncher* de tesoura pode sofrer variações quanto ao número de lâminas e sentido de corte (com uma lâmina o movimento é de guilhotina e introduzida frontalmente na árvore; e com duas lâminas os movimentos podem ser laterais simultâneos ou lâmina fixa e outra móvel) (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

Fatores de influência no corte

O corte florestal pode ser afetado por diversas variáveis de influência, que afetam direta ou indiretamente na qualidade das operações, no meio ambiente, na segurança operacional e nos custos de produção.

Quando conhecidas, estas variáveis podem ser utilizadas para realizar a previsão imediata e direta ou indiretamente da produtividade e dos custos de produção.

Podem-se mencionar alguns fatores de influência na etapa de corte florestal:

a) Características do terreno:

- 1) pedregosidade;
- 2) subbosque;
- 3) capacidade de sustentação do solo; e
- 4) declividade.

b) Características dos povoamentos:

- 1) espécie florestal;
- 2) idade do povoamento;
- 3) espaçamento do plantio;
- 4) altura da árvore;
- 5) peso da árvore;
- 6) diâmetro médio da base da árvore;
- 7) volume individual e por hectare;
- 8) número árvores por hectare;
- 9) quantidade de galhos; e
- 10) bifurcação.

c) Regime de manejo:

- 1) corte raso; e
- 2) desbaste.

d) Ergonomia das máquinas

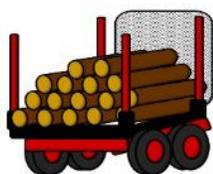
e) Condições climáticas

f) Perfil e experiência do operador

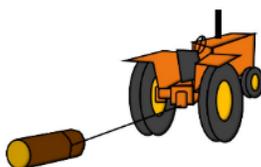
EXTRAÇÃO FLORESTAL

A extração florestal refere-se à movimentação da madeira desde o local de corte até a estrada, carreador ou pátio intermediário (SEIXAS, 2014), sendo uma etapa subsequente ao corte florestal. O termo extração pode ser

substituído por alguns sinônimos, que estão relacionados ao modo realizado ou o tipo de equipamento utilizado (Figura 6). Estes podem ser classificados da seguinte forma: **(a) Baldeio**: extração da madeira com a ausência de contato das toras com solo, realizado através do uso de plataformas; **(b) Arraste**: extração de madeira onde uma parte, ou o todo, apoia-se sobre o solo; e **(c) Suspenso**: extração da madeira com contato parcial, total ou nulo com o solo.



(a) Baldeio



(b) Arraste



(c) Suspenso

Figura 6. Formas de extração florestal.

Fonte: A autora.

Outra forma de denominar a extração florestal é por meio do termo **(d) transporte direto**, onde a extração da madeira e transporte são realizados simultaneamente, ou seja, o veículo que irá realizar o transporte é carregado diretamente dentro do talhão. Um exemplo é o veículo *Timber hauler*, que será descrito mais adiante.

Métodos

Extração manual

A extração da madeira pelo método manual consiste em utilizar a força do homem para remover a madeira de dentro do talhão até a beira da estrada. Normalmente, é feita por pequenos prestadores de serviço que trabalham no sistema de toras e toretes, geralmente, em desbaste. Nas grandes empresas florestais, o método manual não é mais empregado, porém, historicamente, foi muito utilizado no início das suas atividades de colheita (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

Neste método são aplicadas toras de pequenas dimensões, variando de 1 a 2 m de comprimento, para facilitar o seu manuseio, geralmente, utilizadas para energia (KANTOLA; HARSTELA, 1994). Esta extração pode ser feita da seguinte forma: **(a) carregamento manual e arraste;** **(b) tombamento;** e **(c) calhas** (Figura 7).



(a) Carregamento



(b) Tombamento



(c) Calhas

Figura 7. Tipos de carregamento manual.

Fonte: FAO (1973).

Para a aplicação do método manual de extração, deve-se considerar distâncias pequenas, podendo variar de 20 a 25 m para o carregamento manual, e 70 m para o tombamento, somada a uma declividade superior a 30%, pois, é uma forma de aproveitar a situação, levando a madeira morro a baixo (SEIXAS, 2014).

Outra forma de realizar a extração manualmente é por meio de escorregamento por gravidade, onde as toras deslizam sobre o terreno, utilizando equipamentos simples, como calhas, que podem ser feitas de madeira, metal ou plástico (KANTOLA; HARSTELA, 1994; MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998). Neste método, exige-se que a declividade do terreno seja superior a 40% e restrita ao sistema de toras curtas. A desvantagem deste método é o tempo consumido com a montagem, desmontagem e transporte do material, podendo ser de até 20% do tempo total (SEIXAS, 2014).

Extração com animais

A extração com animais foi uma prática muito comum na região Sul do Brasil, principalmente em pequenas empresas ou por pequenos prestadores de serviços, limitando-se a locais acidentados de difícil mecanização e em operações de desbaste (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998; SEIXAS, 2014). Este método decresceu com o aumento da mecanização. Entretanto, em alguns países são promovidas a sua utilização, por reduzir o escoamento de divisas necessárias para a importação de máquinas, bem como, apresentam custos inferiores ao método mecanizado (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Os animais utilizados na extração florestal podem ser bois, búfalos, burros, mulas, cavalos, camelos e elefantes, dependendo do país a ser considerado (KANTOLA; HARSTELA, 1994). Tais animais podem levar cargas em suas costas, sendo utilizados como animais de carga, ou podem puxar cargas mais pesadas, sendo denominados de animais de tração. Se houver grande demanda de movimentação de carga, é possível aplicar vários animais de tração atrelados juntos (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Para o uso de animais na extração florestal, deve-se considerar que os mesmos sejam treinados, que tenham um rigoroso controle de doenças e adequado programa de alimentação, bem como, considerar a capacidade de trabalho dos animais dentro de uma jornada de trabalho (KANTOLA; HARSTELA, 1994).

Extração mecanizada

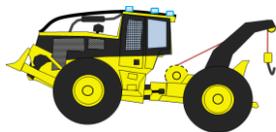
Skidder

O *skidder*, também conhecido como trator florestal arrastador, tem a função de extrair e agrupar toras de grande comprimento ou fuste. Composto por uma máquina de chassi articulado, pode possuir tração 4x4, 6x6 ou 8x8 e rodados de pneus ou esteiras, sendo a distância de extração econômica entre 120 a 180 m para esteiras e de até 400 m para pneus. Esta máquina pode ser utilizada em terrenos com declividade de até 40%.

Os principais tipos de tratores florestais arrastadores estão apresentados na Figura 8, sendo: **(a) Trator florestal arrastador com garra (*Grapple Skidder*)** que apresenta o implemento de garra hidráulica, também denominada de grua, para executar o carregamento; **(b) Trator florestal arrastador com cabos (*Chocker Skidder*)**, sendo composto de um sistema de guincho e suporte na parte traseira que possibilita elevar a carga de madeira, suspendê-la parcialmente em relação ao solo e realizar o guinchamento; e **(c) Trator florestal arrastador com garra invertida (*Clambunk Skidder*)**, cujo sistema de garra hidráulica apresenta uma abertura superior, que tem como finalidade prender o feixe de toras para realizar o arraste (ROBERT, 2012).



(a) *Grapple Skidder*



(b) *Chocker Skidder*



(c) *Clambunk Skidder*

Figura 8. Tipos de *skidders*.

Fonte: A autora.

Forwarder

O *forwarder*, também conhecido como trator florestal autocarregável, foi projetado para trabalhar com baldeio no sistema de toras curtas (Figura 9). É constituído por uma máquina de chassi articulado, de tração 4x4, 6x6 ou 8x8, possuindo uma grua hidráulica e rodados de pneus ou esteiras (ROBERT, 2012). São máquinas versáteis, com bom desempenho em terrenos com declividade de até 30%, podendo inserir um guincho de tração auxiliar (GTA) para trabalhar em declividades mais acentuadas (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998; LOPES et al., 2016). Sua área de trabalho é delimitada pelo alcance, capacidade da grua e tamanho da garra. Sua capacidade de carga pode variar de 8 a 20.000 kg, sendo dependente da configuração dos fueiros (CARMO et al., 2015).



Figura 9. Forwarder.

Fonte: A autora.

Trator agrícola com carreta ou autocarregável

Este meio de extração florestal consiste em um trator agrícola comum e uma carreta, podendo possuir uma grua hidráulica para executar o carregamento (Figura 10) (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998). É uma alternativa de baixo custo de aquisição, entretanto, apresenta limitações quanto à topografia e rendimento mais baixo, se comparado ao *forwarder*. Pode transportar toras de 2,5 a 5,0 m, com carga líquida de 7,5 t e apresentar produtividade média de $18 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ a uma distância de 300 m.



Figura 10. Trator agrícola com carreta.

Fonte: A autora.

Trator agrícola com guincho arrastador

Neste método de extração, a carga é guinchada do local de corte até o trator (Figura 11). Como vantagens, esta máquina apresenta baixo valor de aquisição e boa disponibilidade de assistência técnica. Entretanto, sua performance é inferior aos dos tratores florestais (KANTOLA; HARSTELA, 1994). A distância de arraste deve variar de 50 a 100 m, com declividade

inferior a 60%. Considerada uma equipe de um tratorista e quatro ajudantes, o rendimento médio é de $20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

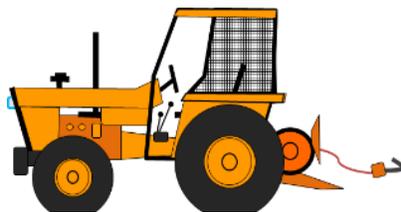


Figura 11. Trator agrícola com guincho arrastador.

Fonte: A autora.

Extração com cabos

É possível realizar a extração florestal por meio de cabos, utilizando equipamentos composto por múltiplos carretéis e tambores que operam a partir de uma posição estacionária (Figura 12) (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998). Denomina-se este equipamento como *Yarder* e a praça de trabalho de *Yarding*, consistindo em uma grua ou guincho que transfere a força para as toras por meio de um ou mais cabos de aço flexíveis, onde podem elevar parcialmente ou totalmente as toras (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998).

Indicado para terrenos de elevada inclinação, este equipamento varia de acordo com o alcance do cabo, velocidade de deslocamento vazio e carregado, potência e tração do cabo, altura da torre e presença ou ausência de cabeçote acoplado na torre.

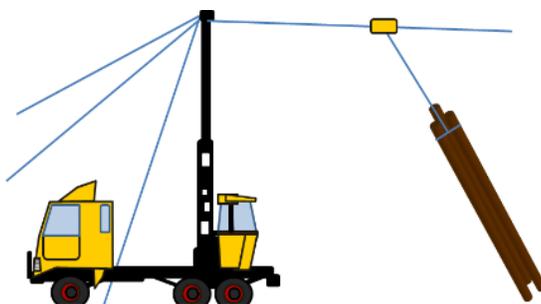


Figura 12. Extração com cabos aéreos.

Fonte: A autora.

Extração com helicópteros

Este método é aplicado em situações de difícil acesso, reduzindo ao máximo os impactos ambientais com as construções de estradas e transporte convencional em terrenos mais sensíveis (SEIXAS, 2014). Como vantagens, este método apresenta habilidade para movimentação de cargas verticalmente; facilidade na colocação de carga ou gancho de madeira precisa; ciclos rápidos; capacidade de voar com ventos de até 90 km h⁻¹; e facilidade de pousar ou aguardar no caso de visibilidade reduzida ou tempestades. As principais desvantagens são o alto custo de aquisição e de operacionalização.

Shovel Logger – Apoio no arraste

Esta máquina tem como finalidade realizar o apoio nas operações de arraste em pontos críticos do talhão, por meio da movimentação de feixes e remonte de pilhas para o *Skidder*. Além disso, é possível utilizá-la no carregamento de veículos (Figura 13).



Figura 13. *Shovel Logger.*

Fonte: Tigercat.

Timber Hauler

Composto por uma máquina articulada com compartimento de carga, reboque e uma grua para realizar o carregamento e o descarregamento, tem a função de transportar toras do local de corte para o pátio da indústria (Figura 14) (MACHADO et al., 2014). Pode-se denominar a operação de transporte direto, sendo este método aplicado quando há

dificuldade de acesso dos caminhões, devendo transportar em curtas distâncias e em baixa velocidade, sendo uma carga de 25 a 40 t.



Figura 14. Timber hauler.

Fonte: Truckfax (2010).

Fatores de influência na extração florestal

Os fatores de influência na extração florestal são:

a) Características do talhão:

- 1) relevo;
- 2) condições do solo;
- 3) pedregosidade;
- 4) altura de tocos; e
- 5) leiras.

b) Características do estaleiro:

- 1) altura;
- 2) largura;
- 3) comprimento; e
- 4) sortimento.

c) Características dos povoamentos:

- 1) densidade do povoamento; e
- 2) peso, volume e comprimento da madeira.

d) Regime de manejo

e) Distância de extração

f) Organização das pilhas

g) Área útil da garra

CARREGAMENTO E DESCARREGAMENTO

O carregamento refere-se à operação em que a madeira é colocada no veículo de transporte, sendo o meio de ligação entre a extração e o transporte principal. Enquanto o descarregamento ocorre quando se retira a madeira do veículo de transporte no local de utilização final, pátios ou unidades de processamento (MINETTE et al., 2014).

Métodos

Manual

Este método utiliza mão-de-obra braçal, sendo recomendado para sistemas de toras curtas, de pequeno diâmetro e com baixo peso específico, pois, caso contrário, pode não ser viável técnica, econômica e ergonomicamente (Figura 15). Esse modelo demanda o maior esforço físico dos trabalhadores, sendo maiores as possibilidades de acidentes.



Figura 15. Carregamento manual de madeira.

Fonte: Minette et al. (2014).

Semimecanizado

Pode ser realizado das mais diversas maneiras, como auxílio de animais, catracas, pequenos tratores agrícolas e veículos particulares (caminhonetes). Este método deve ser utilizado em situações específicas,

onde as condições climáticas e a superfície do solo possibilitem a viabilidade técnico-econômica, pois as toras devem conseguir rolar sobre a superfície do solo com o apoio de cabos de aço acionados por animais, ou por pequenos tratores ou por caminhão de transporte.

Mecanizado

Carregadores mecânicos com pneus

São empregados principalmente nas operações em florestas nativas da Amazônia, sendo recomendados por serem operados relativamente de forma fácil, embora necessitem que o local de operação possua superfície do solo com boa qualidade suporte. É constituído por um trator de pneus, onde é acoplado um garfo ou uma garra que pega a tora e a coloca no veículo de transporte, servindo também para fazer empilhamento de madeira nos pátios (Figura 16) (MINETTE et al. 2014).



Figura 16. Carregador mecânico com pneus.

Fonte: Colheita de Madeira.

Carregadores mecânicos com esteiras

São empregados principalmente em operações em florestas plantadas, sendo compostos por tratores com gruas hidráulicas desenvolvidas para manuseio de toras, com grande capacidade de carga, maior alcance da grua e giro contínuo, que proporcionam maior conforto e segurança ao operador (Figura 17) (MINETTE et al. 2014).



Figura 17. Carregador mecânico com esteira.

Fonte: Tigercat.

Forwarder

Conforme descrito anteriormente, no item Extração Florestal, esta máquina pode realizar o carregamento de veículos durante o seu descarregamento, reduzindo a quantidade de máquinas presente no campo. Entretanto, nestas situações podem ocorrer perdas de eficiência operacional da máquina.

Caminhões autocarregáveis

São caminhões adaptados com grua, sendo utilizados para carga, descarga e transporte em distâncias médias. Possuem menor capacidade de carga, devido ao peso do equipamento de suporte da grua e necessitam de maior aproximação da pilha (Figura 18) (MINETTE et al.; 2014).



Figura 18. Caminhão autocarregável.

Fonte: Colheita de Madeira.

Carregadores frontais

Os carregadores frontais sobre máquinas são equipamentos robustos muito ágeis e versáteis, onde as garras podem apresentar até 1,7 m de área útil. São pouco utilizados para o carregamento direto da madeira nos estaleiros, uma vez que estes são mais comuns nos pátios das indústrias consumidoras.

Carregadores fixos

São equipamentos adaptados com gruas hidráulicas de maior capacidade de carga que os sistemas móveis (Figura 19). Normalmente, são mais utilizados no descarregamento, devido ao maior volume de madeira que chega em um único pátio, mas também podem ser empregados para o carregamento em pátios de carga e nas proximidades dos talhões que recebem maior quantidade de madeira (MINETTE et al. 2014).



Figura 19. Carregador florestal fixo.

Fonte: Motocana.

Descarregadores móveis

São máquinas pneumáticas utilizadas no descarregamento com braço e grua hidráulica que abraçam a madeira por cima da carga e prendendo-a. Depois de presa, parte da madeira do compartimento de carga ou, dependendo da situação, toda ela é levantada e transportada até o pátio ou local de utilização final, onde será depositada (MINETTE et al. 2014).

Pontes rolantes

São sistemas muito utilizados no descarregamento em fábricas de celulose e papel. Normalmente, uma grua presa por um guindaste móvel situado debaixo de uma ponte abraça toda a madeira do comprimento do veículo de transporte, transportando-a para o local de utilização final (Figura 20) (MINETTE et al., 2014).



Figura 20. Grua em uma ponte rolante.

Fonte: Ponte Fábrica de Celulose (2011).

Guindastes

Neste método, a grua de alta capacidade de carga é sustentada por braços hidráulicos fixos de elevados tamanhos e cabos com maiores diâmetros. Estes guindastes são usados com muita frequência em portos (Figura 21) (MINETTE et al., 2002).

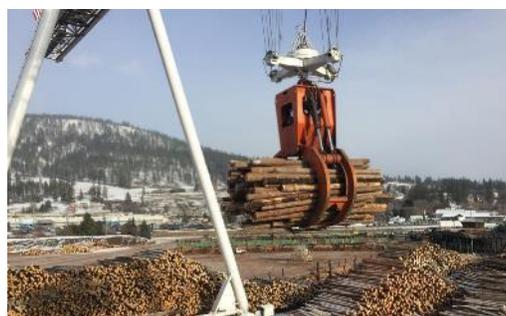


Figura 21. Guindaste no carregamento e descarregamento de madeira.

Fonte: NW News Network (2016).

Fatores influentes

Os fatores de influência no carregamento e descarregamento são:

- a) Comprimento das toras;
- b) Peso específico da madeira;
- c) Fator de empilhamento;
- d) Volume do feixe e organização da pilha de toras;
- e) Área útil da garra;
- f) Tempo de ciclo da grua; e
- g) Disponibilidade dos veículos de transporte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste módulo, foram apresentadas todas as etapas da colheita florestal, incluindo as fases de corte, as formas de extração e os métodos de corte, extração, carregamento e descarregamento. Isto está expresso resumidamente em um fluxograma na Figura 22.

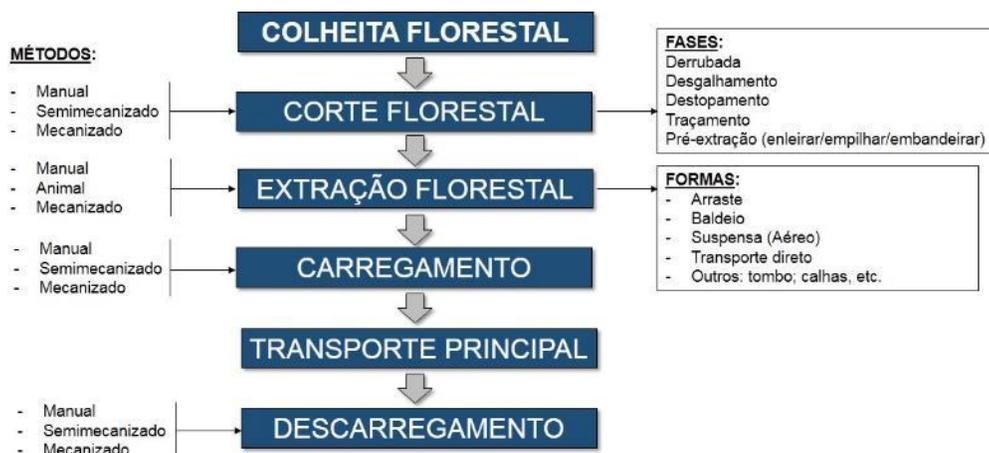


Figura 22. Fluxograma das etapas da colheita florestal.

Fonte: A autora.

REFERÊNCIAS

CARMO, F. C. A.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. Otimização do uso do trator florestal *forwarder* em função da produtividade, custos e

capacidade de carga. **Árvore**, v. 39, n. 3, p. 561-566, 2015.

COLHEITA DA MADEIRA. **Caminhão autocarregável**. Disponível em: <colheitademadeira.com.br/fotos/caminhao_autocarregavel_-_tmo/>. Acesso em: 23 Mai. 2017.

COLHEITA DA MADEIRA. **Carregador frontal Volvo l180f High-Lift**. Disponível em: <colheitademadeira.com.br/wp-content/uploads/2011/08/img_55.jpg >. Acesso em: 23 Mai. 2017.

CONWAY, S. **Loggin practices, principles of timber harvesting systems**. San Francisco: Miller Freeman Publication. 1976. 416 p.

ENGETEL. **Feller direcional**. Disponível em: <www.engetel.com/feller_direcional.htm>. Acesso em: 23 Mai. 2017.

FAO. **Logging and log transport in man-made forest in developing countries**. Rome: [s.n.], 1974. 134 p.

KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de tecnologia apropriada às operações florestais em países em desenvolvimento: Parte II**. Programa de treinamento florestal publicação n. 19. Direção Nacional de Educação Vocacional do Governo da Finlândia. Helsinki, 1988. Tradução: ROSOT, M. A. D. Curitiba: UFPR, 1994.

LOPES, E. S.; TONHATO, L.; RODRIGUES, C. K.; SERPE, E. L. Declividade do terreno e distância de extração na produtividade do *forwarder* com guincho de tração auxiliar. **Nativa**, v. 4, n. 6, p. 347-352, 2016.

MACHADO, C. C. **Exploração florestal: parte II**. 2 ed. Viçosa: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1983.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2014. 543 p.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de pinus na região Sul do Brasil**. 1 ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. 1998. 138 p.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do

povoamento e do planejamento operacional florestal. **Floresta**, v. 36, n. 2, p. 169-182, 2006.

MFRural. **Tesoura Feller Rotokran**. Disponível em: <www.mfrural.com.br>. Acesso em: 23 Mai 2017.

MINETTI, L. J.; SOUZA, A. P.; FIEDLER, N. C.; SILVA, E. N. Carregamento e descarregamento. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2015. 543 p.

MOTOCANA. **Carregador de base fixa**. Disponível em: <www.motocana.com.br/2016/produtos.php?linha=florestal>. Acesso em: 23 Mai. 2017.

NW News Network. **Northwest timber industry hit hard by heavy fall rains**. 2016. Disponível em: <nwnewsnetwork.org/post/northwest-timber-industry-hit-hard-heavy-fall-rains>. Acesso em: 23 Mai. 2017.

PIXABAY. 2013. Disponível em: <pixabay.com/pt/lenhador-homem-machado-esgotar-199694/>. Acesso em: 23 Mai. 2017.

PONTE FÁBRICA DE CELULOSE. 2011. Disponível em: <i.ytimg.com/vi/oDQrSqKy0W8/hqdefault.jpg>. Acesso em: 23 Mai. 2017.

ROBERT, R. C. G. **Guia prático de operações florestais na colheita de madeira**. 1 ed. Curitiba: Ed. Do Autor, 2012. 112 p.

SANT'ANNA, C. M. Corte. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2014. 543 p.

SEIXAS, F. Extração. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2014. 543 p.

SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Comparação técnica e econômica entre harvesters de pneus e com máquina base de esteiras. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 185-191, 2014.

SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *Pinus sp.* com *Harvester*. **Árvore**, v. 34, n. 4, p. 745-753, 2010.

TIGERCAT. **Shovel logger**. Disponível em: <www.tigercat.com/pt-pt/produto-pt/shovel-logger-ls855c/>. Acesso em: 23 Mai. 2017.

TIGERCAT. **T250D Loader**. Disponível em: <www.tigercat.com/product/>

t250d-loader/>. Acesso em: 23 Mai. 2017.

TRUCKFAX. **Road Trip Report #4**. 2010. Disponível em: <truckfax.blogspot.com.br/2010/09/road-trip-report.html>. Acesso em: 23 Mai. 2017.

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE COLHEITA DA MADEIRA

INTRODUÇÃO

Neste capítulo, iremos apresentar as classificações dos sistemas de colheita da madeira. Para isso, inicialmente, iremos definir o que é sistema, as formas de classificação e se aprofundar sobre a classificação utilizada no Brasil proposta pela FAO (1977).

O termo sistema é definido como conjunto formado por elementos e processos (STÖHR, 1976). Esta palavra sugere **planejamento, método e ordem**, compreendendo um **grupo de componentes** que estão interligados e contribuem para alcançar um objetivo comum, sendo caracterizado por uma sequência, lugar e objeto de trabalho (MALINOVSKI, 1981).

O sistema de colheita de madeira compreende um **conjunto de elementos e processos que envolvem a cadeia de produção e todas as atividades parciais**, desde a derrubada até a madeira posta no pátio da indústria transformadora (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998). Pode-se dizer que os sistemas de colheita de madeira são um **conjunto de operações** que podem ser realizadas em um só local ou locais distintos e que devem estar **perfeitamente integradas entre si**, de modo a permitir um **fluxo constante de madeira**, evitando-se pontos de estrangulamento e **levando os equipamentos a sua máxima utilização** (MACHADO et al., 2014).

Estes sistemas podem variar de acordo com algumas variáveis, como: relevo, padrão da floresta, sortimento e objetivo da madeira, além dos tipos de máquinas e equipamentos utilizados. A partir destas, pode-se escolher as melhores técnicas, sendo elas manuais, semimecanizadas ou mecanizadas (ROBERT, 2012). Os sistemas podem ser classificados de três formas: (1) quanto ao local onde se realiza o processamento final do material lenhoso; (2) quanto ao grau de mecanização; e (3) quanto à forma da madeira na fase de extração (FAO, 1977).

CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE COLHEITA

Quanto ao local onde é realizado o processamento final do material lenhoso:

- a) Sistema de processamento no local de derrubada;
- b) Sistema de processamento na estrada florestal;
- c) Sistema de processamento nos pátios (permanentes ou temporários); e
- d) Sistema de processamento na indústria.

Quanto ao grau de mecanização:

O grau de mecanização foi discutido no Capítulo 1, referente as etapas de colheita de madeira, sendo os três citados a seguir:

- a) Sistema manual: todas etapas com trabalhos manuais;
- b) Sistema mecanizado: todas as etapas com máquinas; e
- c) Sistema semimecanizado: combinação dos anteriores.

Quanto à forma da madeira na fase de extração:

- a) Sistema de toras curtas (*Cut-to-length*)

Este sistema de colheita de madeira é o mais antigo no Brasil e muito utilizado em países escandinavos. É caracterizado pela realização de todos os trabalhos, como desgalhamento, destopamento, traçamento e descascamento (opcional), no próprio local onde as árvores são abatidas (Figura 1). As toras resultantes têm comprimento máximo de 6 m, que são enleiradas e empilhadas no mesmo local (MALINOVSKI et al., 2014).

Há situações onde são produzidas toras de um metro de comprimento, feitas em pequenas propriedades, onde a extração é manual ou por animais, em que este produto é destinado a energia, como carvão. O pequeno comprimento das toras deve-se ao elevado esforço físico dos trabalhadores. No entanto, grandes empresas produtoras de carvão utilizam comprimento de toras maiores, por ter um sistema mecanizado (MALINOVSKI et al., 2014).

NO INTERIOR DO TALHÃO:

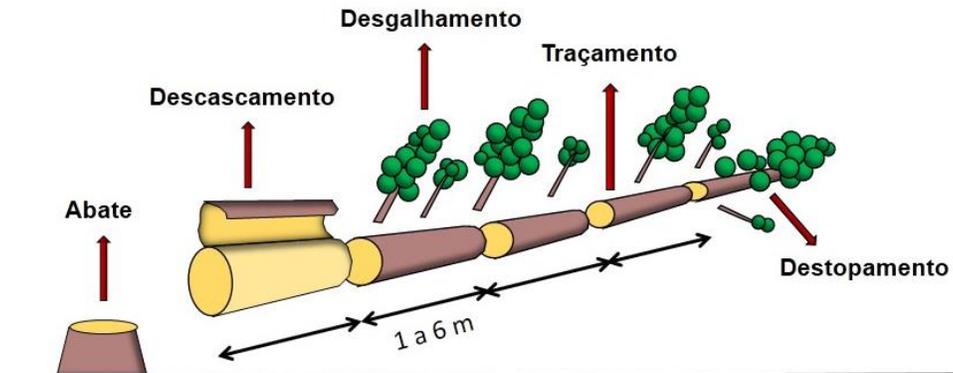


Figura 1. Operações desenvolvidas com as árvores no sistema de colheita de toras curtas.

Fonte: A autora.

Não se recomenda este sistema para regiões com topografia acentuada, porém a sua vantagem é que possui pequenas operações, sem necessidade de estaleiros, e menor número de máquinas, reduzindo assim os custos de movimentação, quando comparados a outros sistemas. Outra vantagem deste sistema é o baixo impacto negativo ao meio ambiente, no que se refere aos solos, pois os resíduos permanecem no local da colheita (SZYMCZAK et al., 2014). Pois como a madeira é processada no local de derrubada, os resíduos da colheita permanecem no talhão e estes servem como tapete, protegendo o solo das passadas das máquinas, minimizando a compactação, além disso, reduz a exportação de nutrientes.

A madeira dependendo do sistema pode sair apoiada sobre uma plataforma, e assim, diminuir a formação de processos erosivos, pois desta forma não risca o solo. Facilidade no manuseio de toras, permitindo a mecanização. Além disso, este sistema é eficiente no regime de desbaste, pois proporciona menores danos às árvores remanescentes se comparados a outros sistemas de colheita de madeira, como de fuste e árvores inteiras (SYUNEV et al., 2009).

Quando mecanizado, o sistema é composto pelo *harvester* e *forwarder*, que realizam a operação de corte e extração florestal, respectivamente. Antigamente, mencionava-se que estas máquinas eram restritas para locais com declividade acentuada, entretanto, existem novas tecnologias que podem ser aplicadas a este tipo de situação.

b) Sistema de fuste ou de toras longas (*Tree-length*)

O sistema de fuste é o mais utilizado nos países da América do Norte, podendo ser encontrado em empresas do Sul do Brasil influenciadas pelos investidores norte-americanos (MALINOVSKI et al., 2014). Caracteriza-se este sistema pelas árvores derrubadas, desgalhadas e destopadas no interior do talhão, sendo, em seguida, o fuste ou as toras longas extraídas para a margem da estrada ou pátio intermediário para o processamento final da madeira (Figura 2).

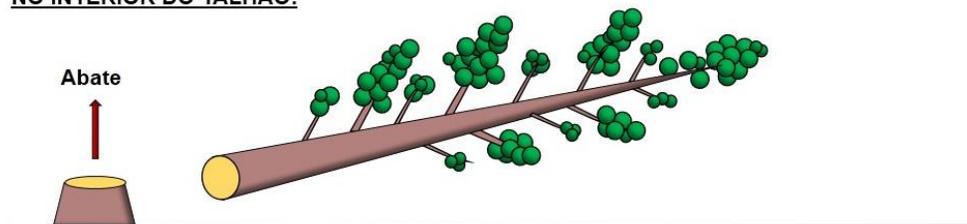
Este sistema encontra-se no meio termo entre sistema de toras curtas e árvores inteiras, podendo ser utilizado em terrenos planos, suavemente ondulado e acidentados, bem como acompanhados de *feller-buncher*, motosserra, *skidder* ou *mini-Skidder*.

As vantagens deste sistema estão na maior eficiência em condições de topografia desfavorável, sendo maior em áreas íngremes; maior eficiência em árvores de maior volume ($> 0,5 \text{ m}^3$), florestas mais pesadas; e maior rendimento devido ao menor manuseio da madeira. As desvantagens estão na necessidade de planejamento eficiente das operações, evitando pontos de estrangulamento (não tem onde colocar madeira, restrições onde colocar a máquina, devido a densidade alta do talhão, ou mesmo o transporte ineficiente); requer maior grau de mecanização, máquinas pesadas de maior potência para carregar o fuste, dificuldade maior do que tirar toras; menor eficiência no desbaste, pois danifica as remanescentes; e maiores danos ao meio ambiente, em termos de compactação do solo (MALINOVSKI et al., 2014).

c) Árvores inteiras (*Full-tree*)

O sistema de árvores inteiras foi desenvolvido por norte-americanos e implica na derrubada e no arraste das árvores para a margem da estrada ou do pátio intermediário, visando o seu posterior processamento (Figura 3). Este sistema requer elevado grau de mecanização, podendo ser utilizado tanto nos terrenos planos como nos acidentados.

NO INTERIOR DO TALHÃO:



NA MARGEM DO TALHÃO:

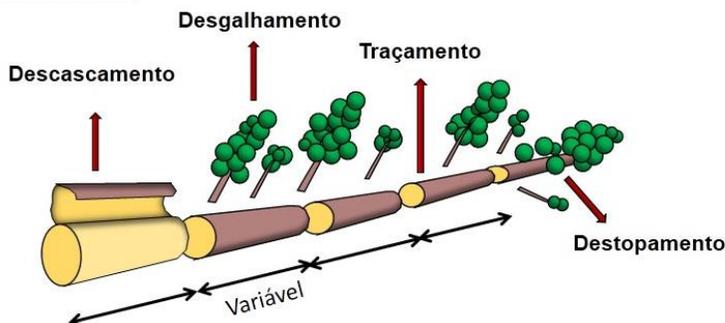


Figura 3. Operações desenvolvidas com as árvores no sistema de árvores inteiras.

Fonte: A autora.

Quando mecanizado, este sistema pode ser composto por *feller buncher*, *skidder* e *harvester*; *feller*, *skidder* e motosserra; motosserra, trator agrícola adaptado e motosserra, motosserra, cabo aéreo (torre) e *harvester*, entre outros. Há tendência em usar pneus, devido à maior velocidade, pois as máquinas se desenvolvem bem em áreas limpas. Além disso, a ausência de resíduos facilita a preparação do solo.

Para Machado e Castro (1985), as vantagens do sistema de toras longas são: área fica limpa de resíduos, diminuindo o risco de incêndios; utilização da biomassa como fonte energética; e concentração de várias operações em um único ponto, o que permite maior controle das operações e, conseqüentemente, maior rendimento operacional, em comparação com o sistema de toras curtas.

As desvantagens do sistema estão na maior exportação de nutrientes e maiores compactações do solo, com maior possibilidade de ocorrência dos processos erosivos, carregamento de material do solo. Há necessidade de planejamento eficiente das operações e no manejo de resíduos, retirando-os rapidamente. O processamento das árvores exige planejamento do transporte, pois, se não houver, a máquina não processa e/ou carrega, gerando acúmulo de madeira e prejudicando as máquinas anteriores. Além de necessitar de maior grau de mecanização, com máquinas de grande porte com maior potência, para transportar as árvores inteiras.

d) Árvores completas (*Whole-tree*)

O sistema de árvores completas tem por objetivo a retirada da árvore, inclusive com parte do seu sistema radicular, sendo em seguida levada para a margem da estrada ou pátio para o processamento (Figura 4).

Existem poucas tecnologias apropriadas para o uso deste sistema, o qual implica também na retirada de biomassa, que provavelmente, seria prejudicial para a manutenção da produtividade dos sítios. Desta forma, este sistema não contribui para a reciclagem de nutrientes, além disso, é responsável pela exposição de grande área de solo às intempéries, agravando os processos erosivos. Este sistema pode ser considerado de alto poder impactante, principalmente no que se refere ao meio físico e biológico.

operações do corte florestal. As desvantagens são: limitação com relação ao percentual de folhagem e/ou casca processado; emprego limitado às condições topográficas, edáficas e climáticas; e necessidade, muitas vezes, de grandes investimentos em equipamentos sofisticados.

Quanto ao tempo em que a madeira permanece no campo

a) Sistema quente de colheita da madeira

Neste sistema, todas as etapas da colheita são realizadas em curto espaço de tempo, com pouca espera entre uma etapa e outra, onde a madeira mantém a umidade verde preservada. Esta condição é desejável em alguns produtos, como madeira para produção de papel em sistema termomecânico, pois, proporciona melhores rendimentos, bem como, madeira serrada, como no caso de pinus, para evitar a contaminação da com fungos, também denominado de mancha azul (MALINOVSKI et al., 2014).

b) Sistema frio de colheita da madeira

Neste sistema, as etapas da colheita de madeira podem ser desenvolvidas após um tempo de espera entre uma etapa ou outra. Isto proporciona estoque de madeira no campo, fazendo com que sua umidade seja perdida, sendo utilizado em empresas que necessitam de madeira seca. Como exemplos, menciona-se a geração de produtos para papel com processamento por sulfato, chapas de partículas e carvão vegetal. Como vantagem, este sistema apresenta ganho no transporte florestal, pelo fato de transportar menor volume de água, entretanto, a estocagem de material seco no campo pode aumentar o risco de incêndio em pilhas de madeira (MALINOVSKI et al., 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, pudemos verificar os critérios na definição dos sistemas de colheita de madeira, sendo o local de processamento da madeira, o grau de mecanização e o estado das árvores após a sua derrubada.

Os principais sistemas utilizados são: toras curtas; toras longas; árvores inteiras e cavaqueamento. UM sistema de colheita é denominado de quente quando as toras são retiradas rapidamente da área de colheita (até 5 dias), e frio quando as toras permanecem no campo por longo período de tempo, formando estoque de madeira no campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Planning forest roads and harvesting systems**. Rome: FAO, 1977. 148 p.

MACHADO, C. C.; CASTRO, P. S. **Exploração florestal**, 4. Viçosa: UFV, 1985. 32 p. (Apostila).

MALINOVSKI, J. R. Considerações básicas no planejamento da colheita de madeira. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMA DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 3. 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 93-100.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A. Sistemas. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2014. 543 p.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de pinus na região Sul do Brasil**. 1 ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. 1998. 138 p.

ROBERT, R. C. G. **Guia prático de operações florestais na colheita de madeira**. 1 ed. Curitiba: Ed. Do Autor, 2012. 112 p.

STÖHR, G. W. D. Análise de sistema de exploração e transporte em florestas plantadas. **Revista Floresta**, Curitiba, p. 57-76, 1976.

SZYMCZAK, D. A.; BRUN, E. J.; REINERT, D. J.; FRIGOTTO, T.; MAZZALIRA, C. C.; LÚCIO, A. D.; MARAFIGA, J. Compactação do solo causada por tratores florestais na colheita de *Pinus taeda* L. na região sudoeste do Paraná. **Árvore**, v. 38, n. 1, p. 641-648, 2014.

SYUNEV, V.; SOKOLOV, A.; KONOVALOV, A. **Comparison of wood harvesting methods in the Republic of Karelia, Metlan työraportteja**. Working Papers 120. Helsinki: Finnish Forest Research Institute, 2009. 117 p.

PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA DA MADEIRA

PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES DE COLHEITA DA MADEIRA

Define-se planejamento como uma técnica de racionalização, que tem por objetivo agrupar ideias, definir ações e suas sequências, com a finalidade de controlar as variáveis para alcançar os resultados almejados.

O planejamento das operações florestais possui algumas funções importantes: (1) eliminar as contradições interna e determinar a sequência lógica das ações; (2) quantificar as potencialidades dos recursos físicos; (3) encontrar as melhores alternativas; e (4) definir a hierarquia dos níveis de risco para tomadas das decisões.

O planejamento tem como função a busca de sistemas operacionais adaptados às condições locais, proporcionando a otimização das máquinas, aumento da produtividade e redução dos custos operacionais. Este tem por finalidade a antecipação e a resolução de problemas que possam surgir, estabelecer rotinas, otimizar os recursos disponíveis, bem como garantir a segurança dos operadores florestais.

Métodos de planejamento

Existe três métodos de planejamento, sendo eles: **(1) tentativa:** baseia-se em fatos ocorridos no passado; **(2) imitativo:** baseia-se em informações obtidas de outras empresas, podendo proporcionar erros, devido às informações serem de situações distintas; e **(3) científico:** baseia-se em dados reais obtidos e a aplicação de pesquisa operacional e sistema de informação geográfica.

Tipos de planejamento quanto a temporalidade

Existem três tipos de planejamento, sendo eles: **(1) planejamento estratégico:** refere-se ao planejamento de longo prazo; **(2) planejamento**

gerencial ou tático: refere-se ao planejamento de médio prazo; e **(3) planejamento operacional:** refere-se ao planejamento de curto prazo (MACHADO; LOPES, 2014).

a) Planejamento estratégico

Este tipo de planejamento refere-se à um longo período de tempo, que pode variar de 10 a 20 anos. Nele, definem-se o manejo a ser aplicado, o consumo de madeira e as áreas para colheita em cada horizonte de planejamento, bem como o número de talhões disponíveis e a necessidade de compra de madeira no mercado.

Neste nível, são confeccionadas planilhas de inventário e mapas das áreas, selecionados os sistemas de colheita e determinada a localização do projeto a ser colhido. Os cenários são estudados com base em critérios técnico-econômicos, onde as informações irão direcionar o planejamento gerencial e operacional.

b) Planejamento gerencial ou tático

Após definidos os projetos, distribuídas as cotas mensais, por meio da localização e volume de madeira a ser colhido, o planejamento gerencial tem a função de verificar a sequência da colheita, a qualidade das estradas, definir os maquinários e equipamentos, distância média do transporte, determinar os rendimentos e os custos.

Este tipo de planejamento é dividido em dois subtipos, conforme o nível abrangido, podendo ser de projeto ou de talhão.

b.1) Macroplanejamento: É o planejamento ao nível de projeto. Nele, determinam-se os custos e os rendimentos das operações, identifica-se as características topográficas e a alocação das estradas e estabelece-se as áreas críticas para condições climáticas desfavoráveis, bem como determina-se a realização do orçamento anual.

Controle

O controle é muito importante no gerenciamento das operações, sendo a base para as tomadas de decisões. Esta etapa acompanha-se a execução das operações, tendo por objetivo: atender o requerimento de matéria-prima da indústria; fornecer informações para fins gerenciais e operacionais; alimentar o sistema de controle de custos; manter a integração dos diversos níveis hierárquicos; compor a base de dados do sistema de planejamento; fornecer informações para pagamento de pessoal e treinamento; e assegurar o cumprimento do plano estratégico da empresa.

Variáveis de influência no planejamento florestal

No planejamento, há diversas variáveis de influência que podem ser previsíveis ou não. Nas previsíveis, podemos mencionar as características do povoamento, do relevo, da densidade de estradas e das condições climáticas. As não previsíveis se referem as variações climáticas bruscas e as alterações impostas pela indústria.

Variáveis de influência no macroplanejamento

- a) Topografia: sentido de corte, equipamentos de extração, equipamentos de transporte e distância de extração;
- b) Declividades: máquinas e equipamentos de extração ou baldeio, máquinas ou equipamentos de transporte e operação (noturna/diurna);
- c) Rota de caminhões: melhorias a serem feitas nas estradas (leitos/curvas), cascalhamento dos pontos críticos, pontes e definições das sequências operacionais de corte dos talhões;
- d) Locação das obras necessárias: estradas, pontes e bueiros;
- e) Definição das áreas com extração prejudicada pelas estações chuvosas: definir épocas propícias para o corte, distância de extração, máquinas e equipamentos para a extração;

- f) Produção de madeira do projeto: dimensionamento do tempo de trabalho e dimensionamento dos locais de estoque;
- g) Produtividade: dimensionamento das equipes de trabalho e número de máquinas, equipamentos disponíveis e necessários, rendimento das máquinas, e equipamentos e ferramentas;
- h) Locação das áreas para depósito: pátios e margens das estradas;
- i) Planejamento dos pátios para estocagem: dimensões em função do volume de madeira a ser depositada e acessos; e
- j) Necessidades de equipamentos para apoio: máquinas, veículos e equipamentos.

Variáveis de influência no microplanejamento

- a) Estimativa do volume de madeira do talhão: conhecimentos dos volumes para os diferentes usos que se destinam (serraria, celulose, energia, entre outros);
- b) Marcação, numeração e indicação dos eitos amostrais: verificação do volume real;
- c) Estimativa da produtividade: a classificação da produtividade pode definir o uso de métodos diferentes na realização da colheita;
- d) Definição do sentido de corte: marcação das linhas de corte;
- e) Rotas para extração: aproveitar acidentes naturais no terreno, aproveitar o alinhamento do plantio e trilhas de extração preferencialmente sobre a galhada;
- f) Determinação das distâncias de extração: talhão/carreador e talhão/pátio intermediário;
- g) Localização dos equipamentos de apoio no campo;
- h) Localização no mapa dos acidentes do talhão: erosão, curvas de nível, buracos, barrancos, bacias de contenção e atoleiros; e
- i) Classificação da floresta: determinação das tarifas para terceiros e determinação da tabela de prêmio por produção.

Sistemas computacionais

O planejamento florestal pode ser auxiliado por sistemas computacionais e técnicas de pesquisa operacional. Os sistemas podem ser: Timber RAM, FORPLAN, IMPLAN, MAGIS, SPECTRUS, TEAMS e STALS, contudo, SNAP (*Scheduling and Network Analysis Program*) é o mais completo. A maioria destes sistemas foram desenvolvidos com modelos de programação linear.

As técnicas de pesquisa operacional podem ser usadas como ferramentas de tomada de decisão para otimizar a colheita florestal, podendo ser: programação linear, programação inteira, programação dinâmica, simulação e PERT/CPM, onde o PERT envolve aspectos probabilísticos e o CPM aspectos determinísticos. Os sistemas de informações geográficas também são ferramentas que auxiliam no planejamento florestal.

GESTÃO DAS OPERAÇÕES FLORESTAIS

Análise operacional

A análise operacional auxilia na gestão das operações de colheita da madeira, sendo feita por meio de estudo de tempos e movimentos, em que são cronometrados os elementos do ciclo operacional e determinado os tempos produtivos e improdutivos. Esta análise tem por finalidade determinar a eficiência operacional, as disponibilidades mecânica e técnica e a produtividade efetiva, que podem auxiliar na análise de custos.

Com base nos dados obtidos, é possível calcular a eficiência operacional das máquinas, sendo representada pela porcentagem do tempo efetivamente trabalhado e expresso por:

$$EO = \frac{Te}{(Te + Ti)} \times 100$$

Em que: EO = eficiência operacional (%); Te = tempo de trabalho efetivo (horas); e Ti = tempo de interrupções (horas).

A disponibilidade mecânica se refere à aptidão da máquina para trabalhar em perfeitas condições de uso, a fim de desempenhar sua função produtiva de acordo com condições preestabelecidas, durante um dado intervalo de tempo (FONTES e MACHADO, 2014). Portanto, considera-se como a porcentagem de tempo de trabalho programado em que a máquina está mecanicamente apta a realizar o trabalho produtivo. Esta pode ser expressa pela seguinte equação:

$$DM = \frac{TE}{(TE + TM)} \times 100$$

Em que: DM = disponibilidade mecânica (%); TE = tempo de trabalho efetivo (hora); e TM = tempo de manutenção (hora).

A disponibilidade técnica é a porcentagem de tempo efetivamente trabalhando, desconsiderando o tempo consumido por paradas operacionais, sendo expressa pela seguinte equação:

$$DT = \frac{he}{(he + hp)} \cdot 100$$

Em que: DT = disponibilidade técnica (%); he = horas efetivas de trabalho (h); e; hp = horas paradas operacionais (h).

A produtividade efetiva é calculada pela razão do volume de madeira (cortada/processada/extraída) na unidade de tempo consumido durante um ciclo operacional, sendo expressa pela seguinte equação:

$$Pr = \frac{V}{Tc}$$

Em que: Pr = produtividade (m^3/he); V = volume de árvores ou toras produzidas no ciclo operacional (m^3); e Tc = tempo do ciclo operacional (he).

Análise de custos

Para determinar o custo de produção de máquinas é necessário, primeiramente, entender a importância da sua produtividade, pois, por meio dela, se obtém o indicador da necessidade de racionalização do trabalho, o que proporciona melhorias dos métodos e sistemas e define o treinamento da mão-de-obra. Conhecer a produtividade das máquinas auxilia no planejamento das operações florestais, no dimensionamento do maquinário, e obtém-se a previsão do tempo para execução da operação. Além disso, auxilia no gerenciamento e no controle da produção, por meio do conhecimento da quantidade produzida em determinado período de tempo e do pagamento de pessoal.

Aumentar a produtividade é possível por meio da eficiência no aproveitamento do tempo de operação. Isto é possível por meio da redução dos tempos improdutivos, por meio de melhoria dos métodos e sistemas de trabalho, planejamento e controle das operações, manutenção eficiente das máquinas e equipamentos, treinamento dos operadores, seleção adequada de máquinas e equipamentos e melhoria das condições de trabalho.

Custo operacional

O custo operacional refere-se ao somatório de todos os custos resultantes da aquisição e operação da máquina, expresso em horas efetivas de trabalho. Este é composto pelos custos de maquinário, pessoal e administrativo.

Existem três formas de cálculo, sendo o real, a estimativa e o contábil. O real é utilizado somente por meio dos valores reais no cálculo do custo operacional. Neste método, o maquinário já foi utilizado em toda sua vida útil econômica e já se conhece todos os parâmetros do maquinário, podendo ser chamado de *custo à posteriori*.

O método por estimativa é utilizado por meio de valores estimados no cálculo do custo operacional. Neste método, a empresa ainda não adquiriu o maquinário e pode ser chamado de *custo a priori*. Por fim, o cálculo contábil é utilizado por meio de valores reais e estimados no custo

operacional, ou seja, a empresa já adquiriu o maquinário, mas desconhece alguns parâmetros devido ao pouco tempo de uso.

Definições

- a) **Custos fixos ou propriedade (CF):** são os custos relacionados com a aquisição da máquina, não variando com as horas de operação. Ocorrem caso a máquina esteja ou não em operação;
- b) **Custos variáveis ou de operação (CV):** são os custos resultantes do uso da máquina, variando proporcionalmente com a quantidade produzida ou com as horas de uso da máquina;
- c) **Custo da mão de obra (MO):** corresponde ao custo com salário (incluindo encargos sociais do operador da máquina mais o salário de ajudante(s) envolvido(s) no trabalho, se houver);
- d) **Custos diretos (CD):** corresponde ao somatório dos custos fixos, semifixos, variáveis e de mão de obra, ou seja, o somatório dos custos relacionados com a máquina;
- e) **Custos administrativos (CAD):** são os custos referentes à supervisão, trabalhos administrativos (contadores, secretários, entre outros). Por convenção, o custo de administração é calculado com uma percentagem dos custos diretos (8 a 12%);
- f) **Vida econômica da máquina (H):** é aquela em que se utiliza a máquina de forma produtiva, sem aumento excessivo dos custos de manutenção e reparos. É expressa em horas efetivas de trabalho;
- g) **Horas efetivas de uso (hf):** são as horas de uso que a máquina atinge, em média, durante um ano;
- h) **Horas de trabalho efetivo (he):** o período de tempo corresponde a uma hora em que a máquina realiza um trabalho produtivo, sem interrupções;
- i) **Depreciação (Dp):** é a perda do valor da máquina devido o tempo e uso. É a recuperação do investimento original da máquina, devido à perda de seu valor com o passar do tempo e uso. Representa o capital de reserva para aquisição de nova máquina;

- j) Juros (J):** corresponde ao investimento médio anual relacionado com o custo de oportunidade que seria ao capital;
- k) Seguro (S):** são os custos devido ao uso ou posse das máquinas, equipamentos ou instalações, dado aos constantes perigos a que estão expostos. Caso não existem informações, usa-se de 5 a 10% do valor de aquisição ou investimento;
- l) Abrigo (A):** uma cota que corresponde aos juros do capital investido na construção do galpão ou garagem, bem como sua conservação por um ano;
- m) Impostos (I):** corresponde aos valores anuais relacionados com a propriedade da máquina;
- n) Custo de Manutenção e Reparos (CMR):** refere-se ao custo de mão-de-obra de oficina, peças de reposição e outros materiais. Calculado normalmente em função da depreciação; e
- o) Custo Operacional Total (CT):** determinado por meio do somatório dos custos fixos, semifixos, variáveis e de administração de cada máquina ou equipamento.

Fórmulas de cálculo – A seguir são apresentadas as fórmulas de cálculo para determinação dos custos operacionais e de produção pelo método contábil, conforme metodologia proposta por Miyata (1980).

A - Custos da Máquina e/ou Equipamento

A1 - Custos Fixos

a) Depreciação:

$$Dp = \frac{(Va - Vr)}{(N \times he)}$$

Em que: Dp = depreciação (R\$/he); Va = valor de aquisição da máquina + equipamento (R\$); Vr = valor residual da máquina + equipamento (%); N =

vida útil econômica estimada da máquina + equipamento (anos); e he = horas efetivas de trabalho por ano

$$he = \frac{Nd \times d \times Nt(100 - TD)}{100}$$

Em que: he = horas efetivas de trabalho por ano; Nd = número de dias trabalhados por ano (dias/ano); d = duração do turno de trabalho (horas); Nt = número de turnos de trabalho por dia; e TD = tolerância para demoras e dias improdutivos (%).

b) Juros e seguros:

$$JS = \frac{IMA \times i}{he}$$

Em que: JS = custos de juros + seguros (R\$/he); IMA = investimento médio anual (R\$); e i = taxa de juros + seguros anuais (%).

$$IMA = \frac{(Va - Vr) \times (N + 1)}{2 \times N} + Vr$$

A2 - Custos Variáveis

a) Combustível (Co): é o custo referente ao consumo de combustível (óleo diesel) pelo motor por hora.

$$Co = Pu \times c$$

Em que: Co = custo de combustíveis (R\$/he); Pu = preço de um litro de óleo diesel (R\$/l); e c = consumo de óleo diesel por hora (l/h).

b) Lubrificantes e Graxas (L): é o custo referente ao consumo de óleo lubrificante e graxa. Pode ser calculado com base no percentual dos custos de combustível.

“harvesters”: 65% - “forwarder”: 30% - “skidder”: 25% e “feller-buncher”: 30%.

$$L=IL \times Co$$

Em que: L = custo de óleos lubrificantes e graxas (R\$/he); IL = índice de custos de óleos lubrificantes e graxas (%); e Co = custos de combustíveis (R\$/he).

c) Óleo hidráulico (OH): É o custo referente ao consumo de óleo hidráulico. Este pode ser calculado com base no índice de 50% dos custos com combustíveis, adotado para todas as máquinas.

$$OH=IOH \times Co$$

Em que: OH = custo de óleo hidráulico (R\$/he); IOG = índice de custos de óleo hidráulico (%); e Co = custos de combustíveis (R\$/he).

d) Pneus ou esteiras (PE): os custos de pneus referem-se aos reparos e recapagens dos pneus originais ou à sua substituição por jogos novos e completos durante a vida útil da máquina. Com relação às esteiras, este custo refere-se à aquisição de um par de esteiras.

$$PE= \frac{Npe \times Vpe}{H}$$

Em que: PE = custo de pneus ou esteiras (R\$/he); Npe = número de pneus ou par de esteiras; Vpe = valor de um pneu ou um par de esteiras (R\$); e H = vida útil do pneu ou esteira (he).

B - Custo de Mão-de-Obra

a) Manutenção e Reparos (ME): refere-se ao custo de mão-de-obra de oficina, peças, etc. Calculado em função da depreciação, sendo que para o “forwarder” e “skidder”, usa-se o índice de 60% dos custos da depreciação:

$$ME = IME \times Dp$$

Em que: ME = custo de manutenção e reparos (R\$/he); IME = índice de custos de manutenção e reparos (%); e Dp = depreciação da máquina (R\$/he).

Máquinas com sistemas hidráulicos: “harvester” e “feller-buncher”:

$$ME = \left(\frac{Vm}{N \times he} \right) \cdot 0,50 + \left(\frac{Vi}{N \times he} \right) \cdot 0,25$$

Em que: ME = custo de manutenção e reparos (R\$/he); Vm = valor de aquisição da máquina-base (R\$); Vi = valor de aquisição do implemento (R\$); N = vida útil econômica estimada da máquina (anos); e he = horas efetivas de trabalho por ano.

b) Transporte de Pessoal (CTP): são os custos referentes ao transporte de pessoal até o local de trabalho. Estes podem ser obtidos dividindo-se o custo mensal pelas horas totais trabalhadas no mês.

c) Transporte de Máquinas (CTM): são os custos referentes ao transporte de máquinas até o local das operações. Estes podem ser obtidos dividindo-se o custo mensal pelas horas totais trabalhadas no mês.

d) Remuneração de Pessoal (CRP): são os custos referentes aos salários diretos acrescidos dos encargos sociais e benefícios (13º salário, férias, assistência médica, alimentação, EPI's, vestuário etc.

$$CRP = \left(\frac{S \times np \times 12}{he} \right) \cdot ES + \left(\frac{DS \times np \times 12}{he} \right)$$

Em que: CRP = custo de remuneração de pessoal (R\$/he); S = salário-base do operador (R\$/mês); np = número total de operadores para cada máquina; ES = encargos sociais (%); e DS = despesas sociais (assistência médica, alimentação, EPI's etc.) (R\$).

C - Custo de Administração: índice (K) varia de 5 a 15% dos custos da máquina e de pessoal.

Custo Operacional Total

$$CT = CF + CV + CAD$$

Em que: CT = custo operacional total da máquina (R\$/he); CF = custos fixos (R\$/he); CV = custos variáveis (R\$/he); e CAD = custo de administração (R\$/he).

Custos de Produção

$$CPr = \frac{CT}{Pr}$$

Em que: CPr = custo de produção da máquina (R\$/m³); CT = custo operacional da máquina (R\$/he); e P = produtividade da máquina (m³/he).

EXEMPLO: A seguir segue um exemplo prático dos cálculos de Custo Operacional e Produção de uma máquina de colheita de madeira.

Em um FELLER DIRECIONAL COM CABEÇOTE SATCO, considere os seguintes dados para a realização dos cálculos de custo operacional e de produção:

- Número de turnos de trabalho: 2
- Duração do turno de trabalho: 8 horas
- Dias úteis de trabalho por mês: 24
- Dias úteis de trabalho por ano: 288
- Eficiência operacional da máquina: 85%
- Produtividade efetiva da máquina: 50 m³/hora
- Valor de aquisição da máquina+cabeçote: R\$ 860.000,00
(Máquina base: R\$ 620.000,00 / Cabeçote Satco: R\$ 240.000,00)
- Valor de revenda (residual) da máquina+cabeçote: 20%
- Vida útil da máquina+cabeçote: 6 anos

- Taxa de juros anual: 8%
- Taxa de seguros anual: 4%
- Número de pneus da máquina: -
- Preço de 1 pneu: -
- Vida útil do pneu: -
- Salário-base do operador: R\$ 2.500,00 / mês
- Número de operadores da máquina: 2
- Encargos sociais: 80%
- Despesas sociais: R\$ 600,00 / operador / mês
- Quilometragem no transporte de pessoal: 3.500 km / mês
- Quilometragem no transporte da máquina: 100 km / mês
- Preço por km no transporte de pessoal: R\$ 1,50 / km
- Preço por km no transporte de máquina: R\$ 8,50 / km
- Custo de administração: 8%
- Consumo de óleo diesel: 20 litros / hora
- Preço do óleo diesel: R\$ 2,50 / litro
- Preço do lubrificante e graxa: R\$ 15,00 / litro
- Índice de lubrificante e graxa: 65%
- Preço do óleo hidráulico: R\$ 18,00 / litro
- Índice de óleo hidráulico: 50%

Resolução:

A1 - Custos Fixos

a) Depreciação

$$he = \frac{288 \times 2 \times 8(100-15)}{100} = 3.916,80$$

Depreciação da máquina e implemento

$$Dp = \frac{(860.000,00 - 172.000,00)}{(6 \times 3.916,80)} = R\$ 58,55/he$$

b) Juros e seguros

$$\text{IMA} = \frac{(860.000 - 172.000) \times (6 + 1)}{2 \times 6} + 172.000 = \text{R\$ } 573.333,33$$

$$\text{JS} = \frac{573.333,33 \times (0,08 + 0,04)}{3.916,80} = \text{R\$ } 17,57/\text{he}$$

A2 - Custos Variáveis

a) Combustível (Co):

$$\text{Co} = 20 \times 2,5 = \text{R\$ } 50/\text{he}$$

b) Lubrificantes e Graxas (L):

$$\text{L} = 0,65 \times 20 = 13 \text{ litros} \times 15 = \text{R\$ } 195,00$$

c) Óleo hidráulico (OH):

$$\text{OH} = 0,50 \times 20 = 10 \times 18 = \text{R\$ } 180,00/\text{he}$$

B - Custo de Mão-de-Obra

a) Manutenção e Reparos (ME):

$$\text{ME} = \left(\frac{620.000}{6 \times 3.916,8} \right) \cdot 0,50 + \left(\frac{240.000}{6 \times 3.916,8} \right) \cdot 0,25 = \text{R\$ } 2,63/\text{he}$$

b) Transporte de Pessoal (CTP):

$$\text{CTP} = \frac{3.500 \times 1,50}{3.916,8} = \text{R\$ } 1,34/\text{he}$$

c) Transporte de Máquinas (CTM):

$$CTP = \frac{100 \times 8,50}{3.916,8} = R\$ 0,22/he$$

d) Remuneração de Pessoal (CRP):

$$CRP = \left(\frac{2.500 \times 2 \times 12}{3.916,8} \right) \times 0,8 + \left(\frac{600 \times 2 \times 12}{3.916,8} \right) = R\$ 15,93/he$$

C - Custo de Administração:

$$CF = 58,55 + 17,57 = R\$ 76,12/he$$

$$CV = 50,00 + 195,00 + 180,00 + 2,63 + 1,34 + 0,22 + 15,93 = R\$ 445,12/he$$

$$CAD = (CF + CV) \times K$$

$$CAD = (76,12 + 445,12) \times 0,08 = R\$ 41,70/he$$

Custo Operacional Total

$$CT = CF + CV + CAD$$

$$CT = 76,12 + 445,12 + 41,70$$

$$CT = R\$ 562,94/he$$

Custos de Produção

$$CPr = \frac{562,94}{50} = R\$ 11,26/m^3$$

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foi possível obter o conhecimento do planejamento da colheita florestal e da gestão, por meio da análise operacional e de custos

das máquinas e equipamentos de colheita de madeira. Tais metodologias agregam na otimização de recursos disponíveis, garantem o aumento da produtividade e a redução dos custos de produção.

Infelizmente, poucas empresas utilizam metodologias eficientes de planejamento, como as científicas, ferramentas computacionais, técnicas de pesquisa operacional e sistemas de informações geográficas, que podem auxiliar na tomada de decisão, garantindo que a empresa atinja os seus objetivos.

REFERÊNCIAS

FONTES, J. M.; MACHADO, C. C. Manutenção mecânica. In: MACHADO, C.C. In: **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, 2014. 543 p.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. Planejamento. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, 2014. 543 p.

TRANSPORTE FLORESTAL

MODAIS DE TRANSPORTE FLORESTAL

O transporte é um serviço de consumo intermediário, que tem por finalidade movimentar cargas entre diferentes locais, contribuindo para diminuir as distâncias e permitir o intercâmbio de bens de consumo (MACHADO et al., 2011). Por transporte florestal, entende-se como a movimentação de produtos madeireiros com origem florestal até o centro consumidor.

Historicamente, predominavam-se três métodos de transporte florestal: aquaviário, rodoviário e o ferroviário. Atualmente, ainda se acrescentam os métodos dutoviário e aeroviário, mas por motivos econômicos, são pouco utilizados.

a) Aquaviário: refere-se àquela realizada em rios e mares e que muitas vezes necessita da combinação com outra modalidade.

b) Ferroviário: refere-se ao transporte realizado por vagões, locomotivas e trilhos com trajetos delineados.

c) Rodoviário: caracteriza-se pelo uso de veículos em rodovias, sendo recomendado para trajetos de curtas e médias distâncias.

d) Aéreo: caracteriza-se pela movimentação de mercadorias pelo ar, por meio de aviões, helicópteros e balões.

e) Dutoviário: caracteriza-se pela utilização da força da gravidade ou pressão mecânica por meio de duto. Para o setor florestal, aplica-se o modal na forma de cavacoduto.

TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Entende-se como transporte florestal a movimentação de madeira das margens do talhão ou pátio intermediário até o local de consumo (MACHADO et al., 2011). Quando realizado pelo transporte rodoviário, este modal apresenta algumas terminologias específicas, e também, algumas normas legais que serão apresentadas a seguir (BRASIL, 1997).

Terminologias aplicadas ao transporte rodoviário

- a) **Veículo:** qualquer meio utilizado para transportar cargas de um lugar para outro.
- b) **Caminhão:** veículo automotor destinado ao transporte de carga superior a 1.500 kg, limitado a uma carga máxima por eixo (Figura 1).

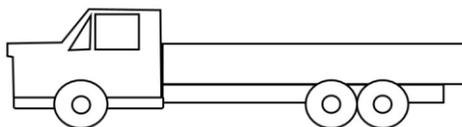


Figura 1. Caminhão.

Fonte: A autora.

- c) **Cavalo-mecânico:** unidade tratora destinada a tracionar um ou mais semi-reboques (Figura 2).

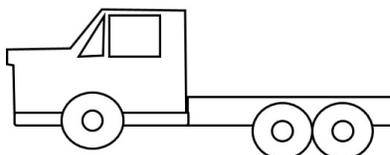


Figura 2. Cavalo mecânico.

Fonte: A autora.

- d) **Reboque:** veículo de dois ou mais eixos, que se move tracionado por um veículo automotor (Figura 3).

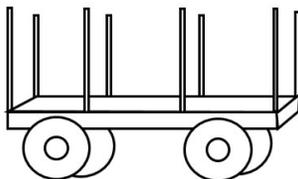


Figura 3. Reboque.

Fonte: A autora

- e) **Semirreboque:** veículo de um ou mais eixos traseiros, que se move articulado e apoiado na unidade tratora (Figura 4).

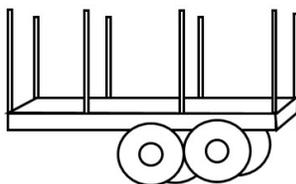


Figura 4. Semirreboque de dois eixos.

Fonte: A autora.

- f) **Veículo articulado:** veículo composto de duas unidades, sendo a primeira uma unidade tratora e a segunda um semirreboque (Figura 5).

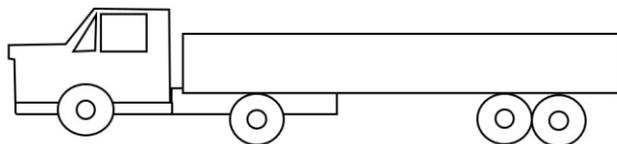


Figura 5. Veículo articulado.

Fonte: A autora.

- g) **Veículo conjugado:** veículo composto de duas ou mais unidades, sendo a primeira uma unidade tratora e a(s) outra(s) reboque(s) ou semirreboque(s) (Figura 6).

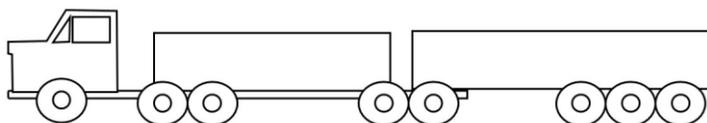


Figura 6. Veículo conjugado utilizado no transporte florestal.

Fonte: A autora.

- h) **Tara de veículo:** peso do veículo vazio e com todos os equipamentos necessários ao serviço no qual vai operar. Para efeitos de cálculo, deve-se pesar o veículo nas condições mencionadas, acrescentando os pesos do motorista e de 3/4 de combustível no(s) tanque(s) (Figura 7).

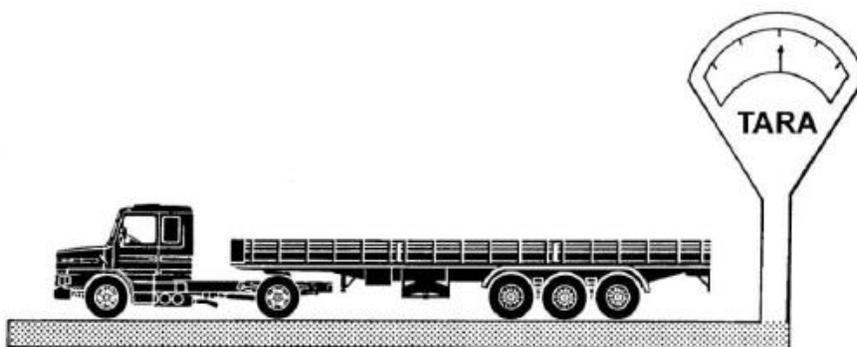


Figura 7. Tara de um veículo de transporte.

Fonte: Scania *apud* Machado et al. (2011).

- i) **Carga útil:** peso total da carga a ser transportada de uma única vez, por um determinado veículo, ou o peso total do veículo menos a tara.
- j) **Peso específico da carga:** peso unitário da carga a ser transportada.

No caso florestal, pode-se expressar o peso específico em kg/m^3 ou t/m^3 . Por exemplo, se o peso de 1 m^3 de determinada carga é de $0,7\text{t}$, o seu peso específico será de $0,7 \text{ t/m}^3$.

- k) Volume útil:** volume máximo que o veículo oferece para acondicionamento da carga, o qual é dado pela seguinte expressão:

$$Vu = C \times L \times H$$

Em que: Vu = volume útil (m^3); C = comprimento do compartimento de carga do veículo (m); L = largura do compartimento de carga do veículo (m); e H = altura do compartimento de carga do veículo (m).

O produto do volume útil pelo peso específico da carga é denominado carga útil máxima. Todavia, nem sempre o peso ou o volume máximo permitido é atingido, pois ambos estão diretamente ligados ao tipo de carga a ser transportada.

- l) Peso bruto total (PBT):** peso máximo (carga + tara) que o veículo-trator (cavalo-mecânico) e, ou, caminhão suporta, de acordo com a potência do motor, a resistência dos chassis, a suspensão e os eixos, como pode ser visto na Figura 8. O PBT é especificado pelo fabricante.

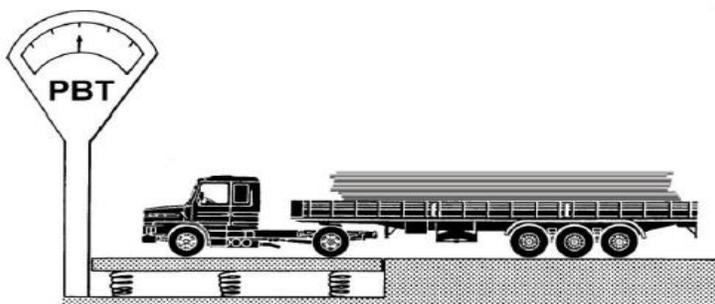


Figura 8. Peso bruto total de um cavalo-mecânico com tração 4x2.

Fonte: Scania *apud* Machado et al. (2011).

m) Peso bruto total combinado (PBTC): peso máximo que uma combinação veicular suporta, de acordo com a potência do motor, a resistência dos chassis, a suspensão e os eixos (Figura 9).



Figura 9. Peso bruto total combinado de um veículo articulado.

Fonte: Scania *apud* Machado et al. (2011).

- n) Capacidade de carga por eixo:** peso máximo que cada eixo pode receber, de acordo com sua resistência, atendendo à legislação vigente.

- o) Capacidade máxima de tração (CMT):** máximo de peso total (PBT ou PBTC) que um veículo pode tracionar (Figura 10). Existem duas CMTs: a técnica (especificada pelo fabricante) e a calculada. A CMT técnica pode ser encontrada nos manuais dos fabricantes, sendo baseada em considerações sobre a resistência dos elementos de transmissão e potência do motor, condições de aderência e greide da estrada; enquanto a CMT calculada é baseada nas condições operacionais do veículo.

- p) Quinta-roda:** sistema de acoplamento rápido de semi-reboque, localizado sobre o eixo-trator da unidade tratora (Figura 11).

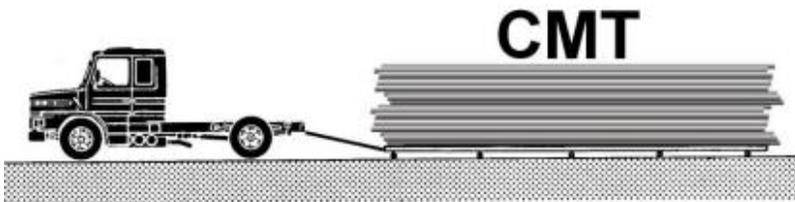


Figura 10. Capacidade máxima de tração.
 Fonte: Scania *apud* Machado et al. (2011).

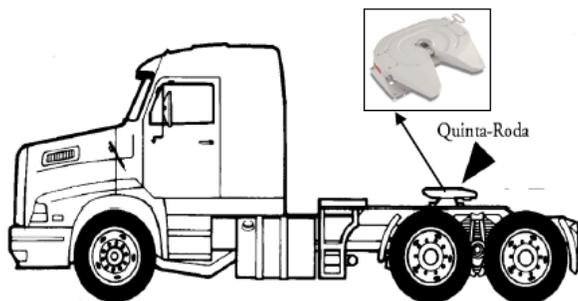


Figura 11. Posicionamento da quinta-rodinha em um cavalo-mecânico.
 Fonte: Volvo *apud* Machado et al. (2011).

q) Suspensão: conjunto de molas e outros elementos que suportam o quadro do chassi sobre os eixos e atenuam ou suprimem as trepidações provenientes do deslocamento do veículo. As suspensões com mais de um eixo podem ser de dois tipos:

- Em tandem (conjugados): É um tipo de suspensão na qual o conjunto de eixos é conjugado, podendo ser do tipo "bogie" ou "balancim" (Figura 12).

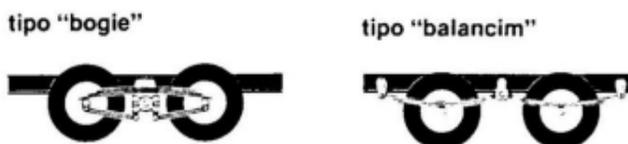


Figura 12. Suspensão em tandem.
 Fonte: Machado et al. (2011).

- Não-tandem: tipo de suspensão na qual o conjunto é formado de eixos independentes (Figura 13).



Figura 13. Suspensão não-tandem.

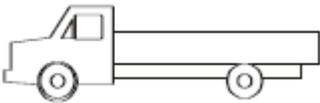
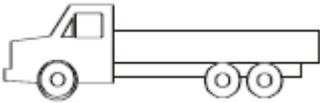
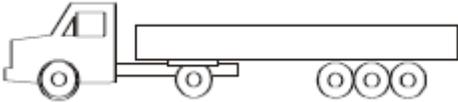
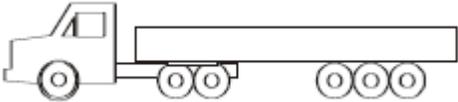
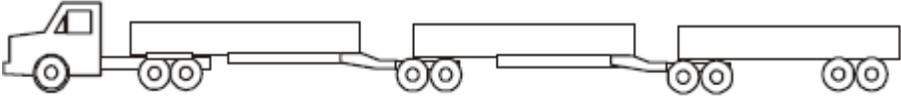
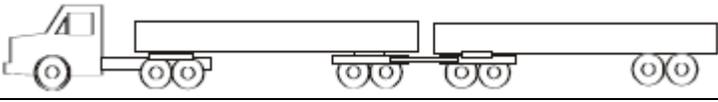
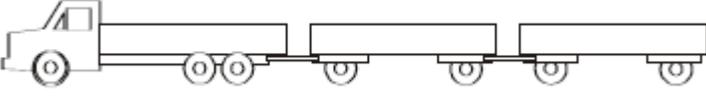
Fonte: Machado et al. (2011).

VEÍCULOS UTILIZADOS NO TRANSPORTE FLORESTAL RODOVIÁRIO

Os veículos utilizados no transporte florestal rodoviário podem ser classificados de duas formas, conforme apresentado na Tabela 1.

- a) **Caminhão:** constitui-se de uma única unidade tratora e transportadora, com tração do tipo 4x2, 4x4, 6x2 ou 6x4;
- b) **Articulado (carreta):** composto de uma unidade tratora (cavalo-mecânico), com tração 4x2 ou 6x4 e um semirreboque;
- c) **Conjugado (biminhão):** constitui-se de um caminhão e um reboque (caminhão + reboque);
- d) **Bitrem:** combinação de um cavalo-mecânico e dois semirreboques (cavalo-mecânico + semirreboque + semirreboque);
- e) **Tritrem:** combinação de um cavalo-mecânico e três semirreboques (cavalo-mecânico + semirreboque + semirreboque + semirreboque);
- f) **Rodotrem:** combinação de um veículo articulado e um reboque (cavalo-mecânico + semirreboque + reboque); e
- g) **Treminhão:** combinação de um caminhão com dois reboques (caminhão + reboque + reboque).

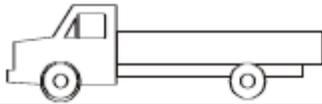
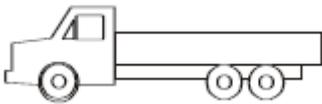
Tabela 1. Classificação dos veículos utilizados no transporte florestal rodoviário

a)	
b)	
c)	
d)	
e)	
f)	
g)	

NORMAS LEGAIS PARA O TRANSPORTE RODOVIÁRIO

A Lei da Balança, popularmente conhecida, estabeleceu a carga máxima por eixo. Para eixos isolados com quatro pneus, o peso permissível é de 10 t, enquanto para eixos isolados com dois pneus, podendo ser direcional ou não, o peso admissível é de 6 t (Tabela 2).

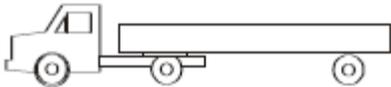
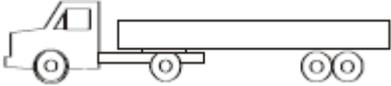
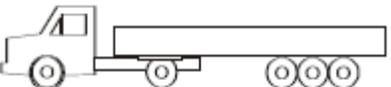
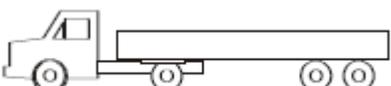
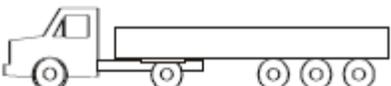
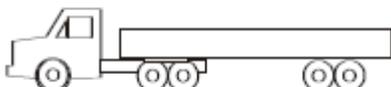
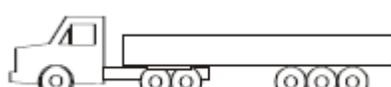
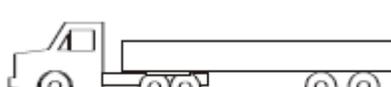
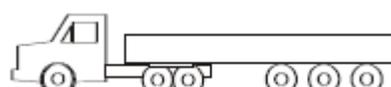
Tabela 2. Peso máximo para veículos simples

	Veículo	Carga máx. por eixo (t)	PBT (t)
Caminhão		6 + 10	16
		6 + 17	23

Considera-se eixo isolado aquele que apresenta distância acima de 2,4 m entre eles. Para dois eixos de quatro pneus cada é admissível uma carga máxima de 17 t se forem em tandem, e 15 t caso não sejam. Se um dos eixos tandem possuem apenas dois pneus, a carga máxima será de 13,5 t, quando a distância for superior a 1,2 m e inferior ou igual a 2,4 m. Se a distância for inferior a 1,2 m, a carga máxima cai para 9 t.

Para um conjunto em tandem de três eixos de quatro pneus cada a carga máxima admissível é de 25,5 t. Enquanto para conjuntos em tandem de dois ou três eixos de quatro pneus, a diferença de peso bruto entre eixos mais próximos não pode exceder a 1.700 kg. Tanto os limites de peso por eixo quanto os de peso bruto só prevalecem se todos os pneumáticos de um mesmo conjunto de eixos forem da mesma rodagem e calçarem rodas do mesmo diâmetro.

Tabela 3. Peso máximo de veículo articulado

	Veículo	Carga máx. por eixo (t)	PBTC (t)
		6 + 10 + 10	26
Cavalo- mecânico 4x2 e eixos em tandem		6 + 10 + 17	33
		6 + 10 + 25,5	41,5
Cavalo- mecânico 4x2 e distância entre eixos maior que 2,4 m		6t + 10t + (10t + 10t)	36
		6t + 10 t + (10t + 10t + 10t)	46 (com AET)
Cavalo- mecânico 6x4 e eixos em tandem (balancim ou bogie)		6t + 17t + 10t	33
		6t + 17t + 17t	40
		6t + 17t + 25,5t	48,5 (com AET)
Cavalo- mecânico 6x4 e distância entre eixos maior que 2,4 m		6t + 17t + (10t + 10t)	43
		6t + 17t + (10t + 10t + 10t)	53 (com AET)

AUTORIZAÇÃO ESPECIAL DE TRÂNSITO (AET)

Segundo a Resolução 211/06, as combinações de veículos de carga (CVC), que apresentarem mais de duas unidades, incluída a unidade tratora, com peso bruto total acima de 57 t, ou com comprimento total acima de 19,80 m, só poderão circular portando Autorização Especial de Trânsito (AET). Para a obtenção da AET para a CVC, o PBTC deve ser igual ou inferior a 74 toneladas; o comprimento deve ser superior a 19,8 m e máximo de 30 m, quando o PBTC for inferior ou igual a 57 t; ou apresentar comprimento mínimo de 25 m e máximo de 30 metros, quando o PBTC for superior a 57 t.

A CVC deverá ser dotada de tração dupla (6x4), para veículos com PBTC superior a 57 t. Em veículos com PBTC inferior a 57 t, a unidade tratora poderá ser de tração simples, porém equipada com 3º eixo (6x2). Estas CVC também deverão ser capazes de vencer aclives de 6%, com coeficiente de atrito pneu/solo de 0,45, resistência a rolamento de 11 kgf/t e rendimento de transmissão de 90%.

O tráfego destas combinações também está restrito a algumas condições, como a existência de faixa adicional para veículos lentos em pistas de mão-dupla, nos segmentos de aclive superior a 5% e comprimento acima de 600 m. O trânsito de CVC poderá ser apenas no período diurno com sua velocidade máxima de 80 km/h. Em casos especiais, as CVC podem trafegar em períodos noturnos, desde que as vias sejam de pista dupla e duplo sentido de circulação, dotadas de separadores físicos e que possuam duas ou mais faixas de circulação no mesmo sentido.

Em pistas simples, as CVC somente poderão circular no período noturno, após analisados os seguintes requisitos: I - volume de tráfego no horário noturno de no máximo 2.500 veículos; II - traçado de vias e suas condições de segurança, especialmente no que se refere à ultrapassagem dos demais veículos; III - distância a ser percorrida; IV - colocação de placas de sinalização em todo o trecho da via, advertindo os usuários sobre a presença de veículos longos.

Para se obter uma AET, o transportador deverá apresentar um projeto técnico da CVC, demonstrando a planta dimensional da combinação,

cálculo demonstrativo da capacidade da unidade tratora vencer rampa de 6%, gráfico demonstrativo das velocidades que a unidade tratora poderá desenvolver em aclives de 0 a 6%, capacidade de frenagem, desenho do arraste e varredura, com o respectivo memorial de cálculo, e um laudo técnico do engenheiro responsável, atestando as condições de estabilidade e segurança da CVC.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foram apresentadas as terminologias utilizadas no transporte rodoviário, tais como: veículo, caminhão, cavalo mecânico, reboque, semirreboque, veículo articulado, veículo conjugado, tara do veículo, carga útil, peso específico da carga, volume útil, peso bruto total, peso bruto combinado, capacidade de carga por eixo, capacidade máxima de tração, quinta-roda e suspensão.

Foram apresentados os tipos de veículos utilizados no transporte florestal rodoviário, sendo: caminhão, articulado, biminhão, bitrem, tritrem, rodotrem e treminhão. Juntamente, com as normas legais para o transporte, dentre elas Lei da Balança, que permite identificar a carga máxima por eixo de um veículo, e a Resolução 211, que estabelece os requisitos necessários à circulação de CVC.

REFERÊNCIAS

CONTRAN. **Resolução nº 210/06 de 13/11/2006**. Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências. Brasília, 2006a. 7p.

CONTRAN. **Resolução nº 211/06 de 13/11/2006**. Requisitos necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga – CVC, a que se referem aos arts. 97, 99 e 314 do Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, 2006b. 7 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Planning forest roads and harvesting systems**. Rome: FAO, 1977. 148 p.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. B.; MACHADO, R. R. **Transporte rodoviário florestal**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2011. 217 p.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2014. 543 p.