



LCF 683 - COLHEITA E TRANSPORTE DE MADEIRA

Aula 5. EXTRAÇÃO



Conteúdo

- Introdução
- Fatores de influência
- Sistemas de transporte primário
 - Manual, animal, skidder, forwarder, trator agrícola, guincho, calhas, cabos aéreos, helicópteros etc.
- Considerações gerais sobre tratores florestais

1. Extração - Introdução

- Movimentação da madeira desde o local de corte até o carreador, a estrada ou um pátio intermediário.
- Arraste ou apoiada sobre plataforma.



1. Extração - Introdução

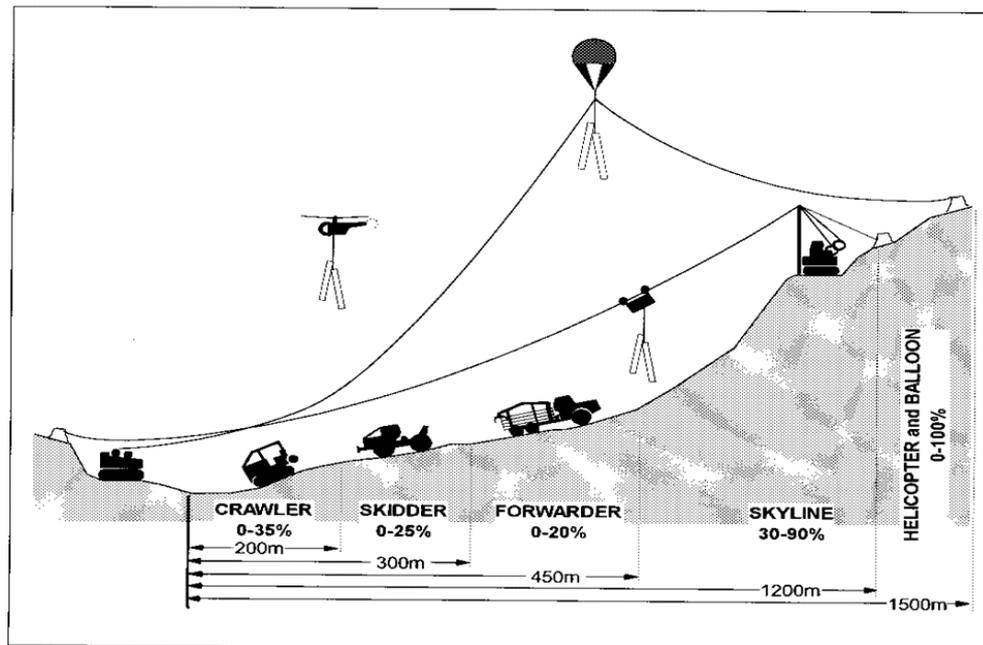
- Manual ou animal
- Equipamentos agrícolas adaptados
- Direto até o centro de consumo
- Caminhões



“Tir

2. Fatores de Influência

- Densidade do talhão
- Topografia





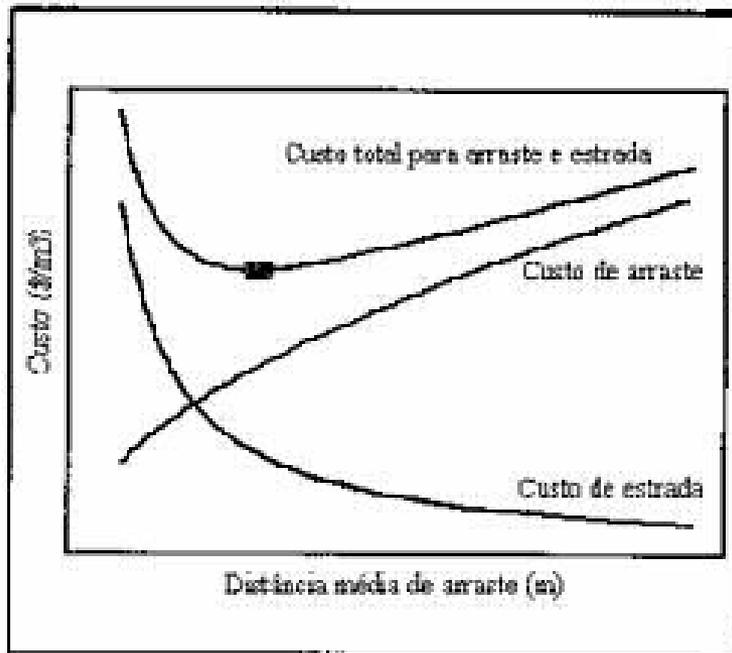
■ Tipo de solo

Coeficientes de tração para pneus e esteiras de acordo com o tipo de solo.

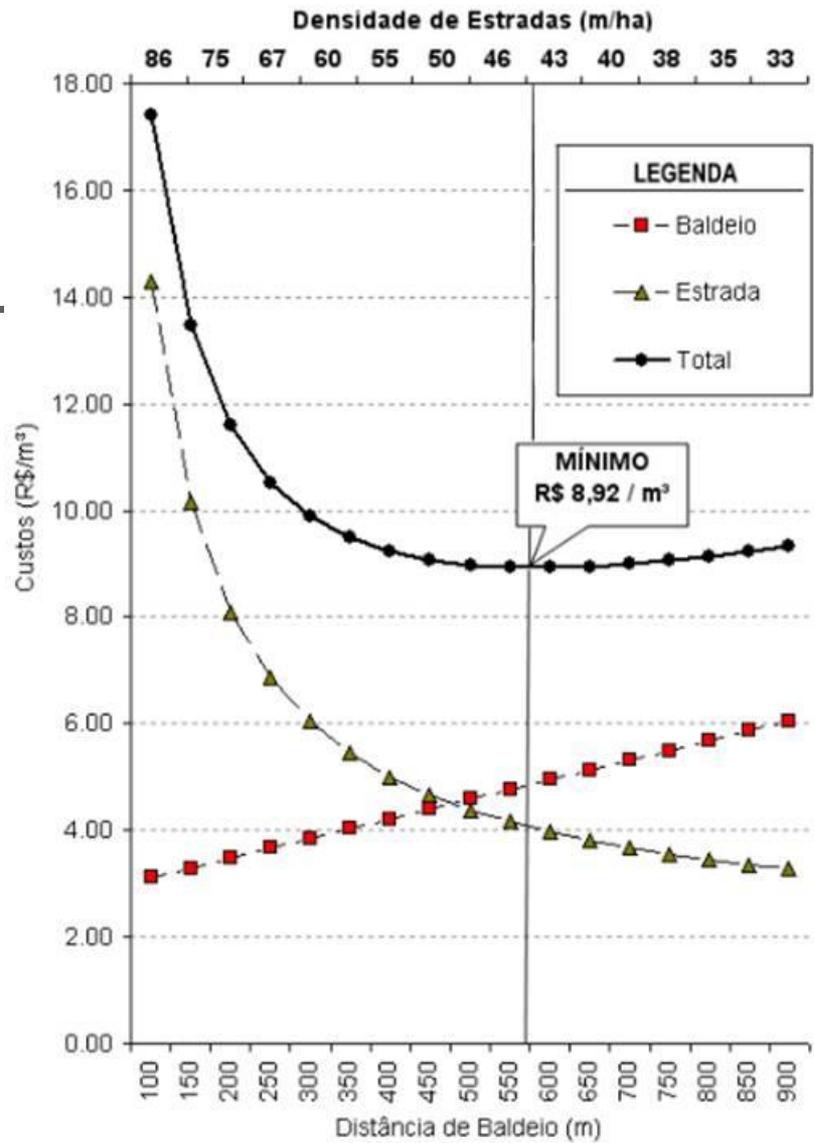
Tipo de Solo	Pneus	Esteiras
Barro arenoso seco	0,55	0,90
Barro arenoso úmido	0,45	0,70
Barro arenoso sulcado	0,40	0,70
Areia seca	0,20	0,30
Areia úmida	0,40	0,50
Terra firme	0,55	0,90



- **Volume por árvore**
- **Distância de extração**



Custo total combinado para transporte primário e rede viária em função da distância média de extração

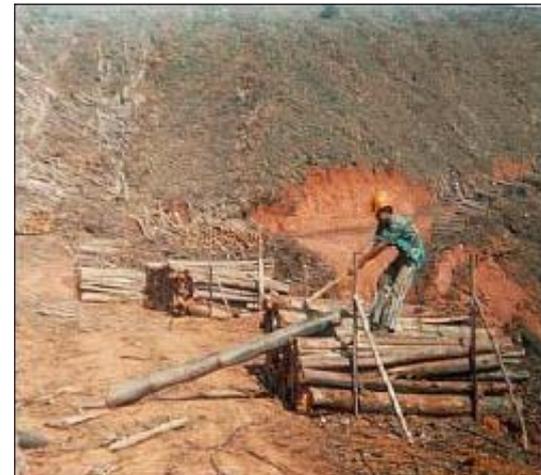
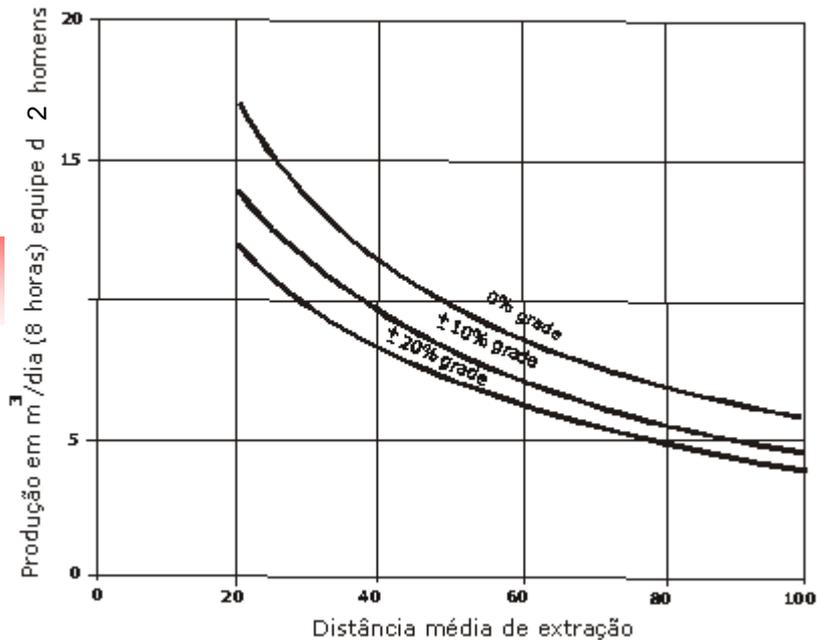


Custo combinado para estradas e transporte em função da distância média de extração



3. Sistemas de extração

- Manual
- Primeiros desbastes de *Pinus* spp, pela ausência de espaço para a entrada de máquinas.
- Corte raso em locais acidentados devido à falta de equipamentos adequados ou custos elevados.
- Distâncias de extração: 20 a 25 m.
- Além do esforço físico requerido, os acidentes e a declividade do terreno também contribuem para diminuir o rendimento e esgotar o trabalhador.



Rendimentos de extração de madeira com equipe de dois homens

“Tombo” manual:

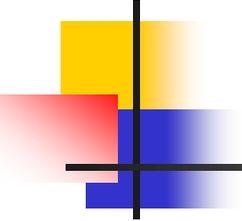
- .terrenos declivosos (>30%)
- .arremesso de toretes de 2,20 m morro abaixo
- .distância máxima de 70 m
- .rendimento médio entre 10 a 12 st/homem.dia



Extração animal

- Baixo custo, principalmente em locais acidentados onde não há condições de se mecanizar a operação.
- Baixo investimento inicial necessário.
- Mão-de-obra pouco especializada.
- Técnica simples de aplicação e tradição do uso de animais.
- Trabalho nas mais diversas condições de campo.



- 
- **Peso do animal: fator importante.**

Capacidade de carga em peso vivo para diferentes espécies de animais.

Espécie	Capacidade de carga em peso vivo (%)	Distância percorrida (km/dia)
Equinos	45-50	25-30
Muares	55-60	30-35
Asininos	60-65	35-40

Exemplo

- 1 feitor, 20 tropeiros e 30 muares: 133 m³/dia (6,7 m³/homem.dia), a uma distância de transporte de 100 metros.



Extração com skidder

- Sistemas de toras longas: corte e transporte da árvore, para posterior processamento à margem do carreador, em um pátio intermediário ou na indústria.
- Equipamentos típicos: "feller-buncher" + "skidder".





Extração com skidder

- Máxima performance:
 - a) a declividade do terreno deve estar entre 30% no sentido favorável e 10% no sentido adverso.
 - b) O trator florestal deve ser compatível com a carga que será arrastada.
 - c) Experiência do operador (40% do rendimento).
 - d) O pneu deve estar com pressão compatível com as condições e tipo de solo.
- Distância de extração: tratores de esteira (entre 120 e 180 m), pneus (até 400 m).

Tipos de skidder



Esteiras rígidas e flexíveis

Skidder de pneus



Articulação central

Skidder de pneus com guincho

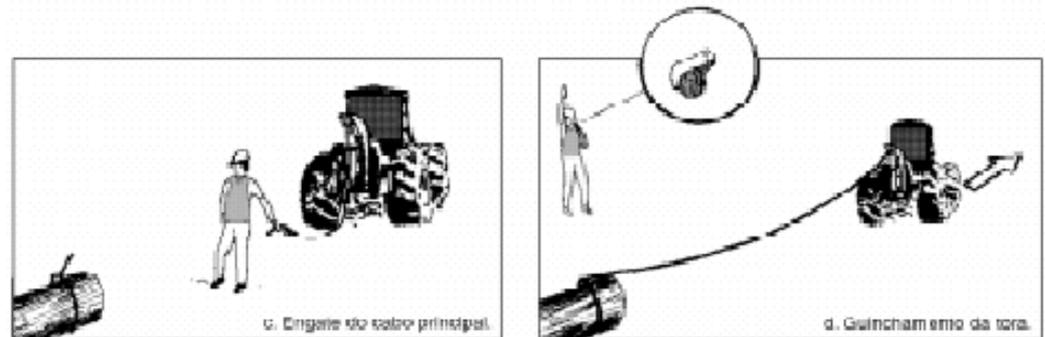
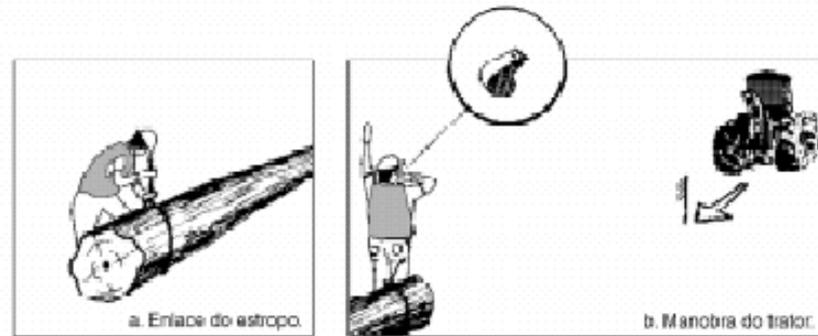


Figura 5. Seqüência do arraste das toras.

Skidder de pneus com garra

- Ideal para trabalho com feller-buncher.
- Manuseio rápido do feixe de toras/árvores.



Skidder de pneus com mandíbulas

- **Skidder com pinças invertidas ou de mandíbulas (“Clam bunk”)**
- Braço hidráulico munido de uma grua que o torna auto-carregável.
- Conceitualmente semelhantes aos forwarders, sendo menos sensíveis aos solos de menor produtividade.
- Possui elevada capacidade de carga e é muito versátil, além de apresentar uma distância econômica de arraste superior ao skidder de garra.





Ciclo de produção do skidder

- Componentes fixo e variável por unidade de volume.
- **Componente fixo:** tempo necessário para adquirir e desfazer-se de uma carga.
- **Componente variável:** diz respeito ao deslocamento da máquina. Em distâncias curtas, o componente de tempo fixo torna-se mais importante.

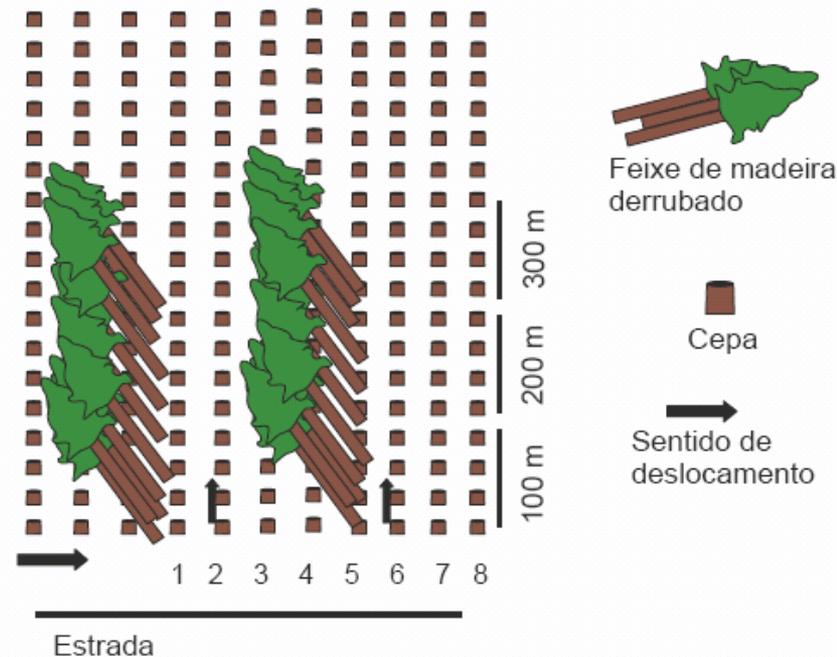
Ciclo de produção do skidder

- Medidas para se diminuir o componente de tempo fixo:
 - No caso do skidder de cabo, usar estropos auxiliares para enganchar as toras previamente.



Ciclo de produção do skidder

- Medidas para se diminuir o componente de tempo fixo:
 - Orientar a base das árvores na direção de retirada.



Ciclo de produção do skidder

- Medidas para se diminuir o componente de tempo fixo:
 - Alinhar as bases das árvores na operação de corte.
 - Organizar as áreas de estoque de madeira para facilitar o rápido deslocamento.
 - Montar feixes homogêneos e compactos, para reduzir o número de viagens e o tempo para se completar uma carga.





Ciclo de produção do skidder

- As estratégias para se reduzir o componente variável são:
 - Definir uma rede de carreadores onde não haja coincidência entre a ida e o retorno dos skidders, evitando-se problemas de tráfego.
 - Orientar a base das árvores na direção de retirada para diminuir a resistência ao arraste.
 - Planejar a operação evitando-se voltas e obstáculos na trilha de arraste.
 - Colocar o pátio de maneira que a viagem com carga seja no sentido do declive.
 - Carregar o skidder na sua capacidade máxima.



Movimentação do skidder

- **Força na roda (F_r):** para se calcular a força na roda deve-se dividir o torque na roda (T_r) pelo raio dinâmico do pneu motriz (r_d). O torque na roda será resultante do produto do torque produzido no motor pelas relações de transmissão e respectivo rendimento, por volta de 0,90.
- **$F_r = T_r / r_d$**
 - **$T_r = T_m \times i_m \times i_d \times 0,9$**
 - T_m = torque no motor
 - i_m = relação de marcha
 - i_d = relação do diferencial
 - 0,9 = rendimento da transmissão

Movimentação do skidder



- **Força de aderência (F_a):** uma reação tangencial surge como resposta à ação tangencial da roda sobre o terreno. Se o valor da reação tangencial é superior à resistência ao esforço de cisalhamento do terreno, a roda patina, produzindo um deslocamento das diversas camadas de solo atrás do pneu.
- $F_a = P \times \mu$
 - μ = coeficiente de aderência (ou coeficiente de atrito pneu x solo) (kgf/t).
 - P = peso incidente no eixo de tração (t)

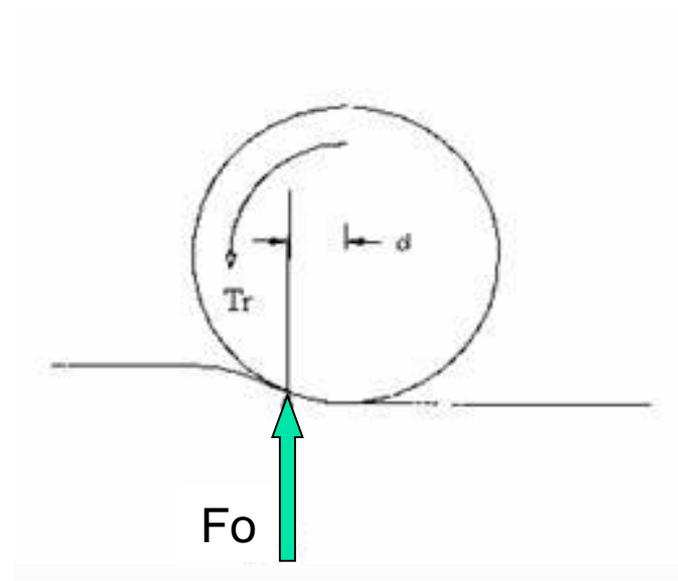


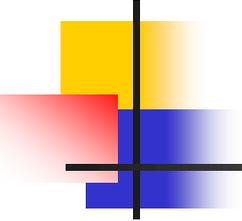
Tabela 4. Alguns coeficientes de aderência (μ) em kgf/t para pneus e utilizando-se correntes.

Tipo de Solo	Estado	<u>Coef. de aderência (kgf/t)</u>	
		Pneus	Corrente
Argiloso	Seco	550	580
Argiloso	Úmido	450	460
Argilo-arenoso	Seco	350	560
Argilo-arenoso	Úmido	200	420
Areia	Seco	350	320

Forças resistivas

- **Força de resistência ao rolamento (F_o):** o trator transmite uma pressão sobre o terreno que causa a deformação deste, aumentando a superfície de contato entre a roda e o terreno.



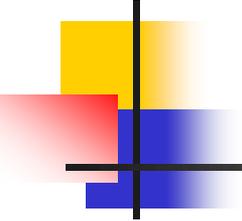


- **$F_o = R_r \cdot G$**

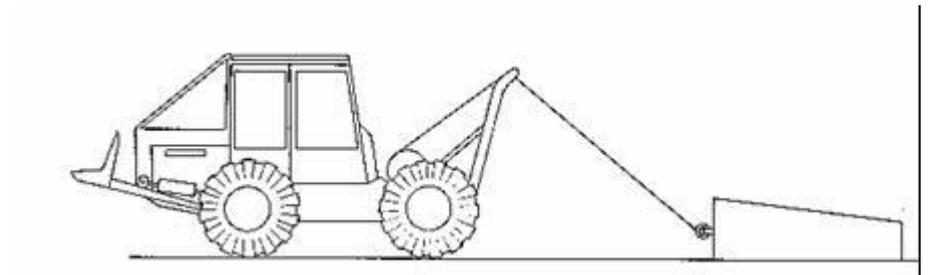
- F_o = força devido à resistência ao rolamento;
- G = peso total do veículo em toneladas; e
- R_r = coeficiente de resistência ao rolamento (kgf/t)

Tabela 5. Coeficientes de resistência ao rolamento (R_r) em kgf/t para pneus

Tipo de Solo	Estado	R_r (kgf/t)
Argiloso	Seco ou úmido	100
Argiloso	Encharcado	131
Areno-argiloso	Seco ou úmido	110
Areno-argiloso	Encharcado	140
Arenoso	Seco	127
Arenoso	Úmido	123

- 
-
- **Resistência de aclave (Fi):** quando um veículo está subindo uma rampa, parte de seu peso transforma-se em força que se opõe ao movimento.
 - **$F_i = G \cdot i$**
 - G = peso total do veículo em toneladas
 - i = aclave em decimal

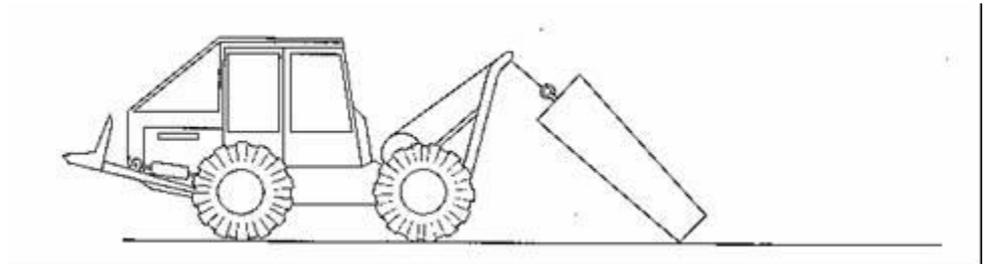
- **Resultante de carga (Rc):** é a força necessária para arrastar ou rebocar uma carga.
- **a)** Caso de transporte de toras totalmente arrastadas:
- **$R_c = C (R_{rt} \pm 1000.i)$**
 - Rrt = resistência ao rolamento da tora totalmente arrastada no solo.
 - C = peso da tora em toneladas.
 - i = aclave em decimal.



- **b)** Caso de transporte de toras semi-suspensas:

- **$R_c = C \cdot (R_{rt} \pm 1000 \cdot i) / 2$**

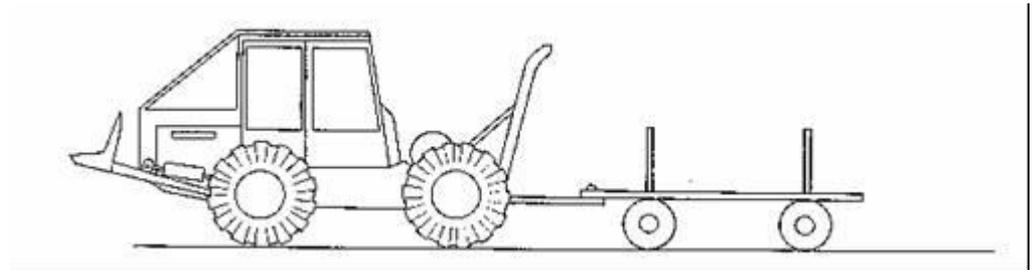
- R_{rt} = coeficiente de rolamento da tora semi-suspensa com o solo .
- C = peso da tora em toneladas.
- i = acentuação em decimal.

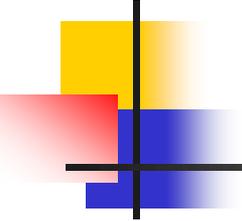


- **c)** Para o caso em que a carga seja transportada em reboque:

- **$R_c = C_r \cdot (R_r \pm 1000 \cdot i)$**

- R_r = coeficiente de rolamento
- C_r = peso das toras e reboque
- i = aclave em decimal.



- 
-
- Equações de equilíbrio - para que haja movimento, devem ser observadas as seguintes relações:
 - Que exista força suficiente:
 - **$F_r \geq G \cdot (R_r \pm 1000 \cdot i) + R_c$**
 - Que exista aderência:
 - **$F_a \geq F_r$**

Trator florestal auto-carregável (Forwarder)

- Máquinas articuladas com suspensão da plataforma embaixo do chassi traseiro e capacidade de carga variando de 5.000 a 20.000 kg.





Forwarder

- A velocidade não é uma característica essencial desse tipo de trator, com a maior parte do tempo operacional sendo gasto com carga e descarga, destacando-se muito mais em função da capacidade de superar as condições adversas encontradas no campo.

Distribuição de tempos empregados em cada uma das operações básicas de um “forwarder”

Operação	Tempo (%)
Deslocamento	5 - 8%
Parada	6 - 10%
Carga	50 - 60%
Descarga	28 - 34%

Relação entre alcance da grua e número de “estacionadas”

Alcance (m)	5	6	7	8	9	10	11	12
No. de “estacionadas”	125	92	70	56	45	38	32	27

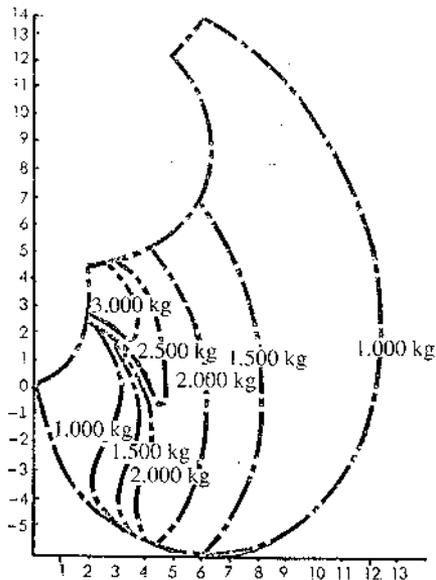
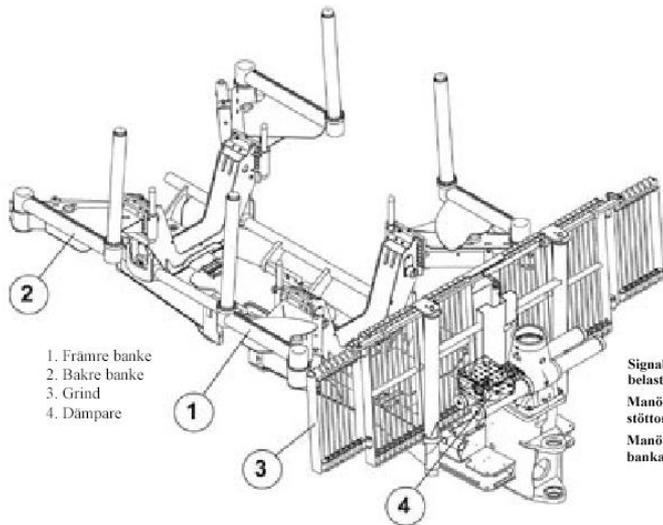
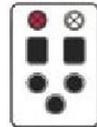


Diagrama carga-distância de uma grua

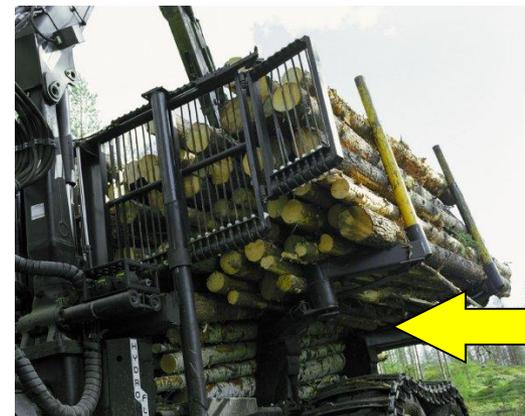
Sistema ALS ("Active load space")



Signallampa för belastningskontroll
Manöverknapp för stöttor, höger sida
Manöverknapp för bankar, vänster sida



Manöverknapp för stöttor, vänster sida
Manöverknapp för bankar, höger sida



Auxílio de guincho para terrenos acidentados

- O comprimento do cabo é de aproximadamente 400 m, com cabo de alimentação e vigilância por vídeo, sendo operado de dentro da cabine do *Forwarder*, com a velocidade do cabo sendo igual à velocidade da máquina.







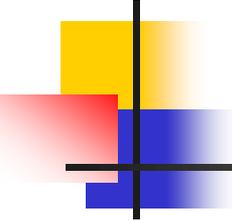
Considerações gerais sobre tratores florestais

- Uso de skidders: uso em desbastes pode resultar em danos consideráveis às árvores remanescentes e raízes, somando-se a compactação do solo, sulcamento e realocação de nutrientes no solo.
- Skidders podem produzir danos às árvores remanescentes devido o arraste de outras árvores através do talhão.
- É comum a concentração de nutrientes à margem das estradas ou em pátios intermediários.



Considerações gerais sobre tratores florestais

- Sistemas de toras curtas ("cut-to-length"): melhor desempenho e viabilidade econômica na implementação de regimes de desbaste seletivo.
- Em sistemas de toras curtas, a madeira é processada próxima ao toco → galhos e folhas são deixados espalhados sobre o solo, aumentando a ciclagem dos nutrientes e a produtividade do sítio a longo termo.
- O carregamento do material processado confinado na caixa de carga do forwarder reduz sulcamento, distúrbio do solo e danos às árvores residuais.
- Já que a capacidade de carga do forwarder é tipicamente maior do que a do skidder, a distância econômica de transporte pode ser aumentada.



Forwarder x Skidder

- menor transporte de areias e resíduos, reduzindo problemas nas serrarias e fábricas de celulose;
- redução dos danos ao povoamento remanescente;
- os resíduos da colheita podem ser deixados sobre a trilha, reduzindo os danos às raízes;

Forwarder x Skidder

- as toras podem ser empilhadas até 4 m de altura, reduzindo a área de pátios.



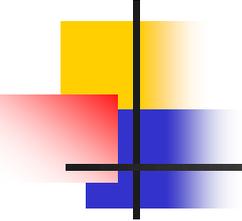
X





Forwarder x Skidder

- a operação com forwarder é menos cansativa;
- a produtividade do forwarder é menos dependente do tamanho da árvore;
- a carga do forwarder é maior do que a do skidder de mesma potência (até 3x mais);
- longas distâncias são mais econômicas com forwarders;
- forwarders são mais seguros, principalmente à noite;
- o consumo de combustível por unidade de volume de madeira é geralmente menor.



CUSTOS (2016)

Full-Tree

- Corte: R\$3,99
- Desgalhe: R\$0,10
- Arraste: R\$3,07
- Traçamento: R\$3,58
- Total Geral: **R\$11,05**

Cut-to-Length

- Corte: R\$15,64
- Extração: R\$12,97
- Total Geral: **R\$31,97**

Trator agrícola mais carreta e grua

- Conjunto situado em um nível intermediário na mecanização florestal, indicado para aplicação em florestas com inclinações laterais em torno de 10%.



Trator agrícola mais carreta e grua

- Indicação: grua montada sobre a carreta
- Ex.: carga média de 13,5 st/viagem, a uma distância média de 300 metros → rendimento operacional médio ao redor de 20,1 st/hora.



Trator agrícola com guincho de arraste

- Trator agrícola de rodas com aproximadamente 100 CV.
- Guincho de arraste: possui um tambor com capacidade para 200 m de cabo de aço com 5/8" de diâmetro.
- Ideal: distância de arraste inferior a 50 m, largura de estrada superior a 4 m, equipe de trabalho de um operador e quatro ajudantes e declividade do terreno superior a 60%.
- Rendimento operacional máximo estimado: 34 st/h
- Custo mínimo de US\$ 0,74/st.



Trator agrícola com guincho de arraste



Trator com “berço”

- Trator agrícola de pneus com estrutura adaptada: capacidade variando entre 4,5 e 7,0 st/viagem.
- Uso indicado até 30% de inclinação do terreno.
- Equipe de duas pessoas: 45 st/máquina.dia.
- 4 pessoas: uma produção de 72 st/máquina.dia.



Calhas

- Utilizadas em condições de topografia acidentada - inclinação mínima de 40%.
- Feitas de fibra de vidro ou de metal.
- Montagem, desmontagem e transporte do material: 10 a 20% do tempo total por faixa de terreno explorada.
- Comprimento: 100 a 200 m.
- Largura: faixa de retirada de madeira entre 12 e 14 m.
- Rendimento operacional: 25-40 st/equipe.dia (3 homens).

