

Princípios de organização e características básicas de uma serraria

Prof. Hernando Alfonso Lara Palma

Aula 05

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
PROCESSAMENTO MECÂNICO DA MADEIRA

BOTUCATU / SP
2020

1. PRINCÍPIOS DE ORGANIZAÇÃO DE UMA SERRARIA

1.1 Introdução

Para projetar a instalação de uma serraria e assegurar sua operação eficiente, é básico analisar alguns aspectos, tais como: localização, tamanho, matéria-prima, mão-de-obra, mercado, transporte, layout da serraria, etc.

1.2 Distribuição ou esquema geral de uma serraria

A serraria é o local onde há conversão mecânica da madeira. O local compreende várias áreas que envolvem todo o processo de produção, tais como: pátio de toras, galpão industrial, pátio de madeira serrada, pátio de secagem (natural ou estufas), galpão de armazenamento de madeira seca, setor de embalagem e expedição de madeira, oficinas mecânica e de manutenção de serras e ferramentas de corte, etc.

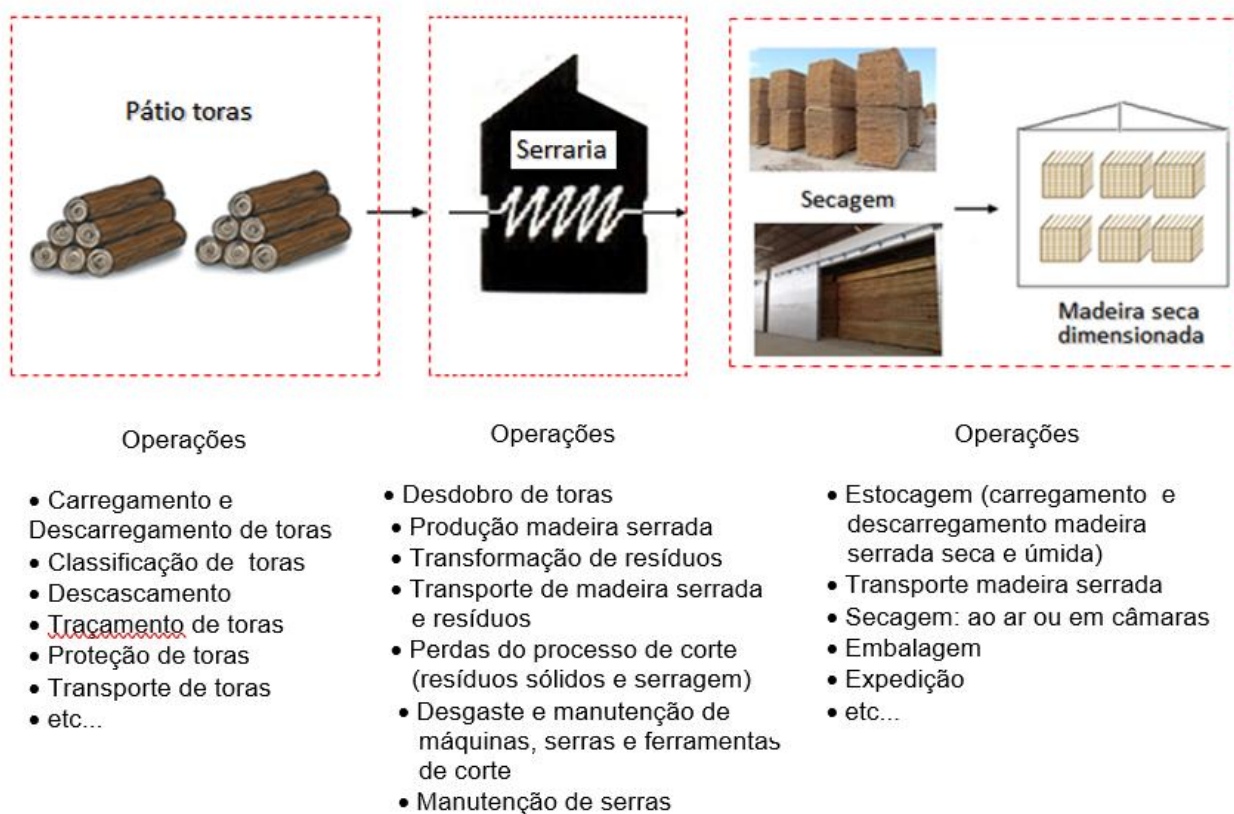


Figura 1- Distribuição e operações em uma serraria.



Figura 2 - Esquema geral de uma serraria.

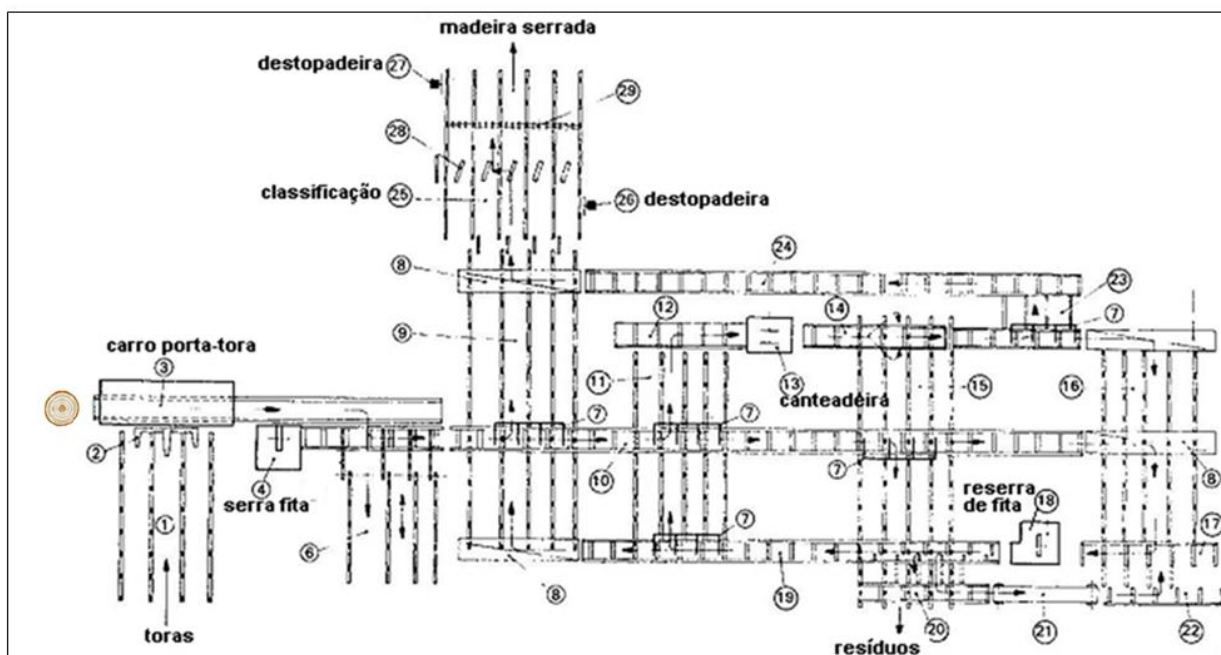


Figura 3 – Layout de uma serraria (distribuição de máquinas)

1.3 Condições no planejamento inicial de uma serraria

- Escolher o melhor local para instalação
- Empregar o mínimo de mão-de-obra
- Baixo custo de produção
- Obter o máximo rendimento
- Produtos de ótima qualidade

1.4 Fatores que influenciam na localização de uma serraria

a) Origem das toras (fonte de matéria-prima)

- Área de grande sortimento de matéria-prima – para satisfazer a necessidade anual de toras e futura ampliação da capacidade de produção da serraria. É vantajoso localizar a serraria perto da área de sortimento de toras, para reduzir custos de transporte (ex. até 80 km ideal).
- Espécies utilizadas (ex. ideal é trabalhar com uma espécie ou com povoamentos homogêneos → toras mais uniformes - facilita todas as atividades da empresa)
- Inventário do recurso florestal (conhecer variação de diâmetros e comprimento das toras e o volume disponível), para saber se as toras são de qualidade e tamanho adequado para o desdobro e saber também a forma de extração da madeira.
- Conhecer os possíveis produtos a serem obtidos (bitolas comerciais), que é função do diâmetro das toras. Fazer análises de rendimento (produto principal + aproveitamento) e destino ou utilização dos resíduos.

b) Disponibilidade de mão-de-obra

- Disponibilidade de mão-de-obra na área (ex. especializada e permanente)
- Existência de outras indústrias na área (concorrência com salários)

c) Condições geoeconômicas da área

- Clima (duração da temporada de chuvas)
- Energia (elétrica, combustíveis, etc.)
- Infra-estrutura de serviços (hospitais, social, alimentos, oficinas mecânicas e elétricas, peças, etc.)
- Vias de comunicação e transportes para matéria-prima e produtos (ferrovias, fluvial, portos, estradas, etc.)

- Mercado – definição da distância da serraria em relação ao mercado consumidor → perto da matéria-prima menor custo de transporte (toras úmidas – pesadas). Isto implica também uma definição em relação à qualidade final da madeira serrada (seca ou verde), pois isto envolve também peso.
- Taxas de impostos (imposto rural, urbano, etc.)

1.5 Fatores que influenciam na instalação de uma serraria

Uma vez determinada a localização geral de uma serraria, é necessário decidir e definir os fatores que influenciam a instalação da serraria, tais como:

- Capital disponível
- Matéria-prima (preço, quantidade, espécies e dimensões das toras)
- Produtos (tipos, dimensões → fmercado, preços, exportação, etc.)
- Tamanho do local que ocupará a serraria (considerar futura expansão)
- Escolha do maquinário → a escolha ou seleção de uma tecnologia de corte fica definida principalmente: pelo diâmetro médio das toras, volume anual de produção, tipo de madeira a processar (dura ou mole) e a utilização dos resíduos.

2. CLASSIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS MÁQUINAS DE DESDOBRO

O volume, qualidade e tipo de madeira a produzir em uma serraria, dependem basicamente da matéria-prima e do maquinário que dispõe a instalação. Por isto, uma determinada serra será adequada ou não, segundo seja a qualidade das toras, volume e tipo de peças que se deseja produzir.

Os diferentes tipos de serras que fazem parte de uma serraria são:

- Máquinas para desdobrar toras → Serras principais
(Estas serras realizam os primeiros cortes na tora de acordo ao programa correspondente)
- Máquinas de reserragem (reserras) → Serras secundárias - após a passagem nas serras principais, as toras já transformadas em peças menores (blocos pré-moldados, pranchões, etc) e as costaneiras (se sobraem) seguem as reserras de reaproveitamento. De uma maneira geral, estas máquinas dão a dimensão final às peças de madeira.

Serra principal é a primeira máquina do processo produtivo → reduz as dimensões e a altura de corte das toras → facilita o trabalho dos equipamentos nas operações secundárias.

Serras secundárias → máquinas que processam a madeira posterior ao desdobro principal com a finalidade de reduzir e definir o tamanho e as dimensões finais das peças.

2.1 Serras principais

2.1.1 Serras circulares

- Serra circular simples com carro porta-toras
- Serra circular dupla (de serras paralelas, sobrepostas – eixo duplo)

2.1.2 Serras de fitas

- Serra fita simples vertical (de corte simples, de corte duplo – avanço e retrocesso)
- Serra vertical dupla ou geminada
- Serra fita quádrupla
- Serra fita tandem

2.2 Serras secundárias (reserras)

2.2.1 Serras circulares

- Reserra circular simples
- Reserras múltiplas → de um eixo e de eixo duplo
- Canteadeiras (refiladeiras) → simples, duplas múltiplas
- Destopadeiras de eixo fixo → de mesa, de carro, etc.
- Destopadeiras de eixo móvel → de pendulo, de braço radial, etc.

2.2.2 Serras de fita

- Reserra vertical simples
- Reserra vertical dupla

2.3 Exemplo de máquinas de serrar madeira

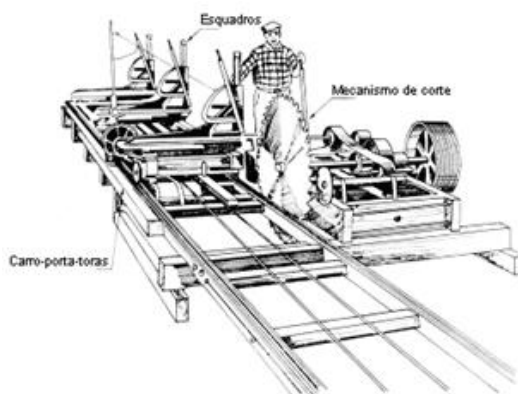


Figura 4 - Serra circular simples com carro porta-toras.

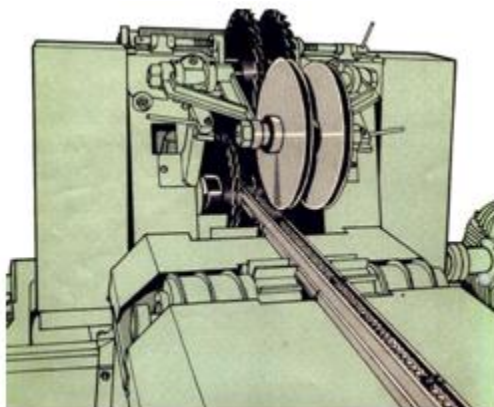


Figura 5 - Serra circular de serras sobrepostas de eixo duplo.

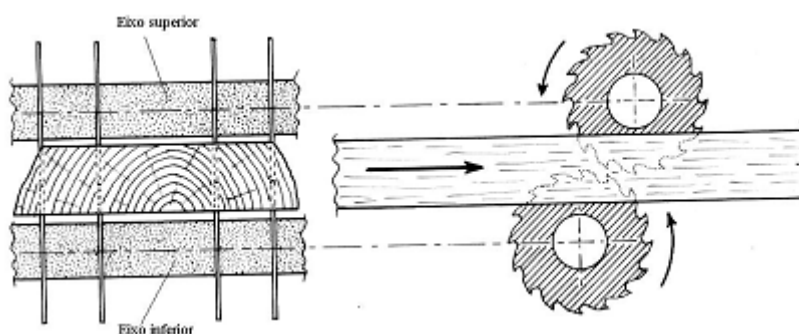


Figura 6 - Esquema de trabalho de reserra circular múltipla de eixo duplo.

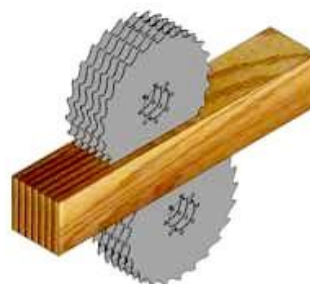


Figura 7 - Reserra circular múltipla eixo duplo.

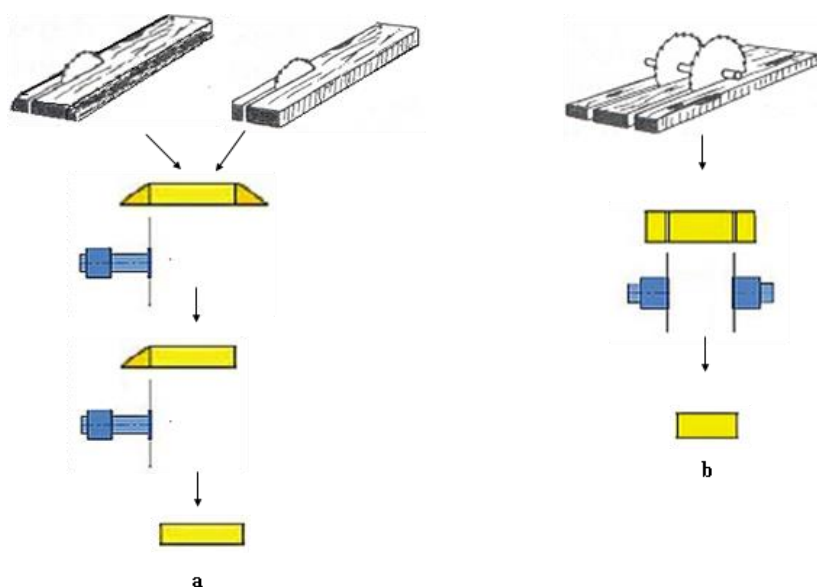
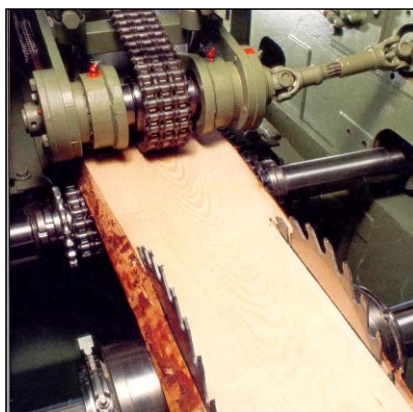


Figura 8 - Reserra circular para canteagem ou produção de tábuas: a) simples; b) dupla.



Figura 9 - Destopadeiras: a) radial; b) dupla.

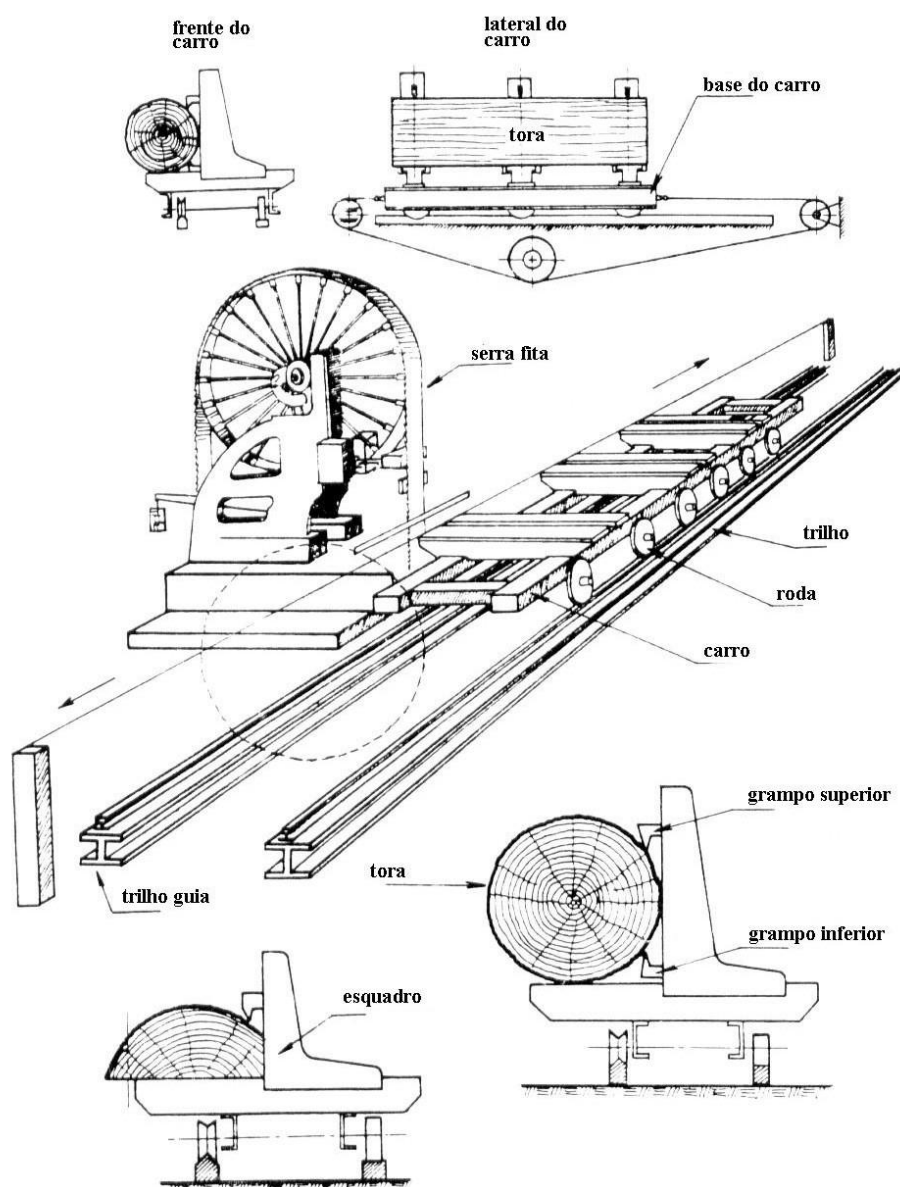


Figura 9 – Partes de uma serra de fita simples com carro porta-toras.



Figura 10 - Serra de fita simples com carro porta-toras.



Figura 11 – Carro porta-toras pneumático.

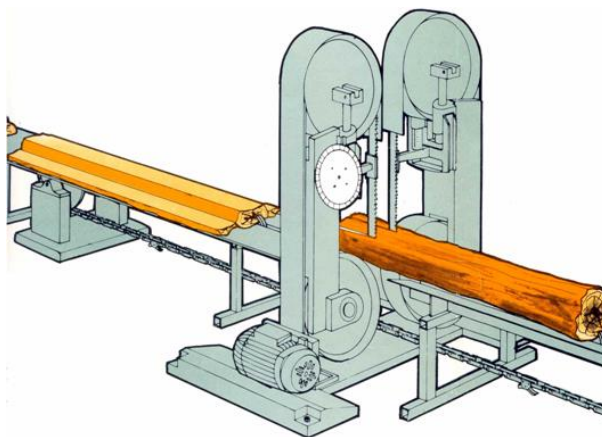


Figura 12 - Serra de fita dupla.



Figura 13 - Serra de fita dupla.

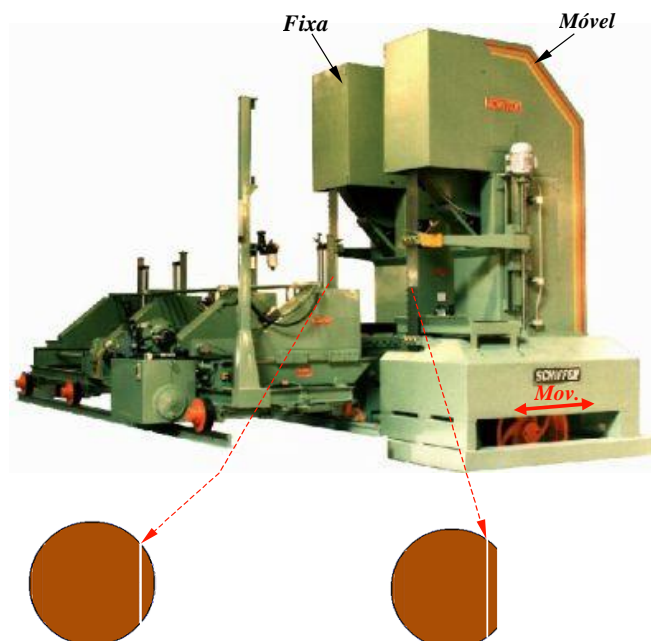


Figura 14 - Serra de fita tandem.

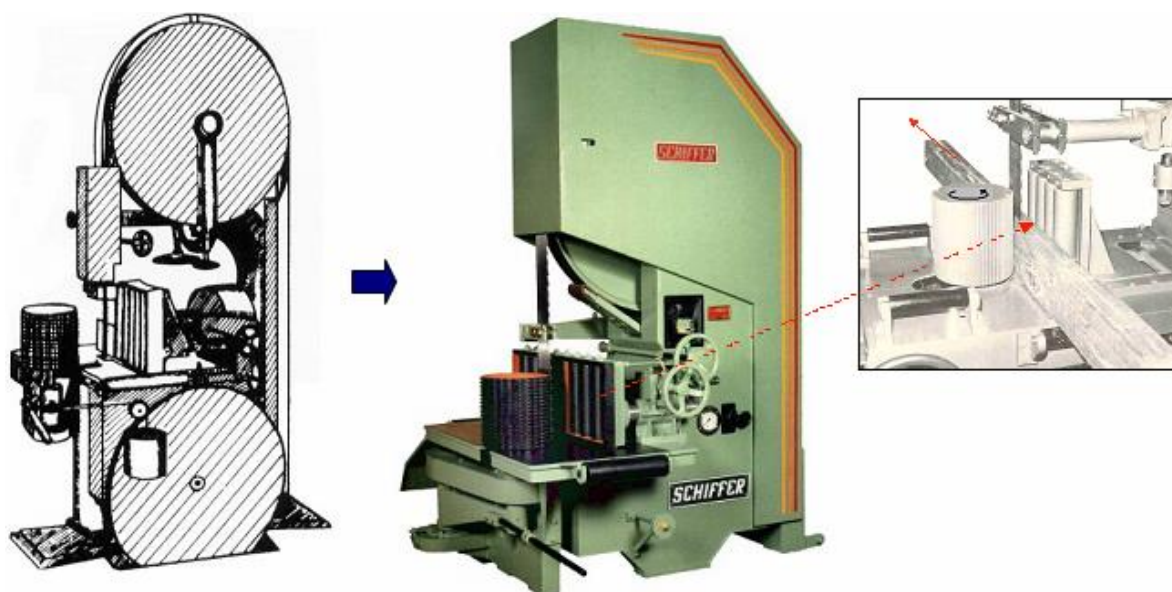


Figura 15 - Reserra de fita simples.

2.4 Escolha ou seleção de uma tecnologia de corte

A seleção de uma tecnologia de corte depende principalmente do tipo de madeira, diâmetro e volume anual de toras a desdobrar. De uma forma geral, para o desdobro de toras de diâmetros até 400mm (finos) a escolha dos equipamentos ou sistemas de desdobro são característicos e de fácil obtenção, já para toras acima de 600mm de diâmetro (grossos – madeira nativa) os sistemas de corte são mais variáveis e de múltipla escolha.

Hoje o aumento de toras de diâmetros finos na indústria da madeira, tem gerado um certo ordenamento nas máquinas de desdobro. Na atualidade, se pode assegurar que cada máquina é projetada para trabalhar para uma determinada faixa de diâmetros para uma produção otimizada.

Existem inúmeras possibilidades de combinações dos processos de corte, mas sempre se devem observar alguns aspectos, tais como capital disponível, investimentos a médio e longo prazo e qualificação da mão-de-obra. Por isto, nem sempre é utilizada de forma contínua uma das técnicas mencionadas ou outras utilizadas em outras regiões.

Normalmente, as serrarias apresentam fluxogramas de produção com variadas combinações de máquinas principais e secundárias. Para isto, deve-se implementar um fluxo operacional de maior produtividade, considerando principalmente o volume anual de corte, a faixa diametral e o programa de produção, situação que gera uma velocidade de fluxo de produção para cada faixa diametral (capacidade de desdobro de toras anual).

Exemplos de fluxogramas:

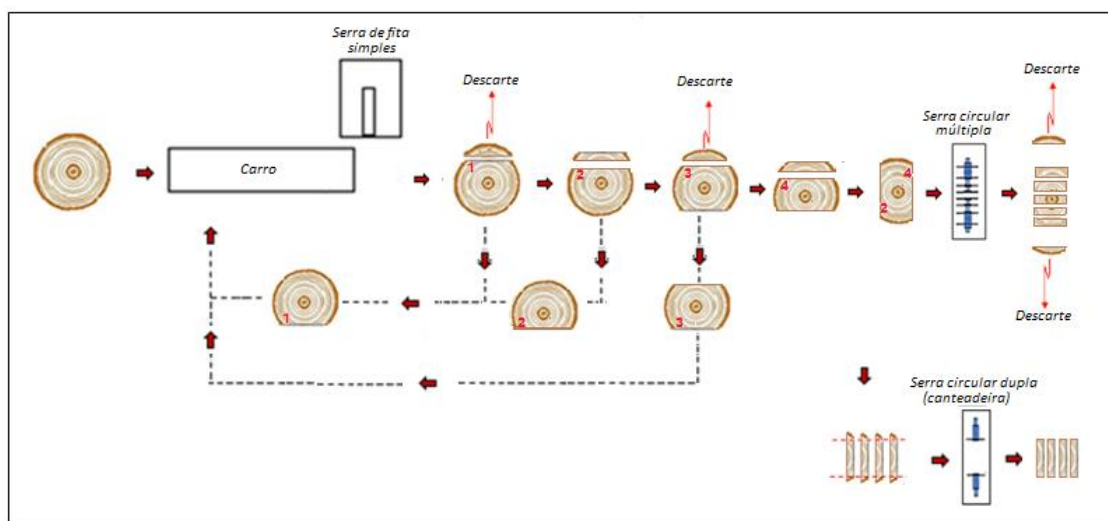


Figura 16 - Fluxogramas de desdobro – serra de fita principal.

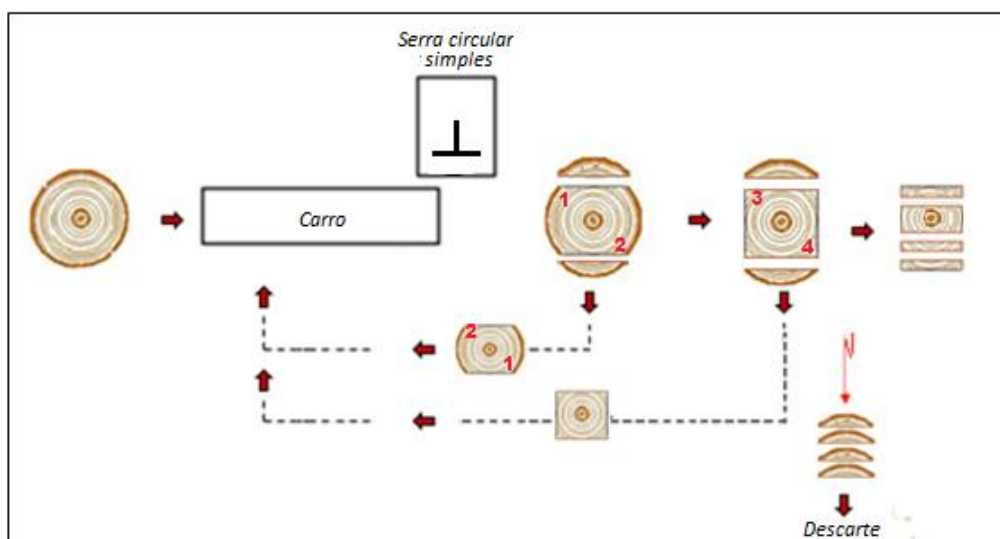


Figura 17 - Fluxogramas de desdobro – serra circular principal.



Serra fita	Layout	Produto principal	Produto secundário	V _a (m/min)	Ø _{máx} (mm)	Capacidade anual (st)
1 Serra fita simple com carro 2 Serra circular canteadeira			Costaneiras + refugos canteagem	Avanço 0,5 - 90	350 - 1.500	15.000 20.000
1 Serra fita dupla 2 Serra fita simple 3 Serra circular canteadeira			Costaneiras + refugos canteagem	Avanço 30 - 60	até 1.500	100.000
1 Serra fita dupla			Costaneiras	Avanço 30 - 60	até 1.500	20.000 30.000
1 Serra fita dupla			Costaneiras	Avanço 30 - 60	até 1.500	40.000 60.000

Figura 18 - Exemplos de fluxogramas de desdobro com serra de fita.

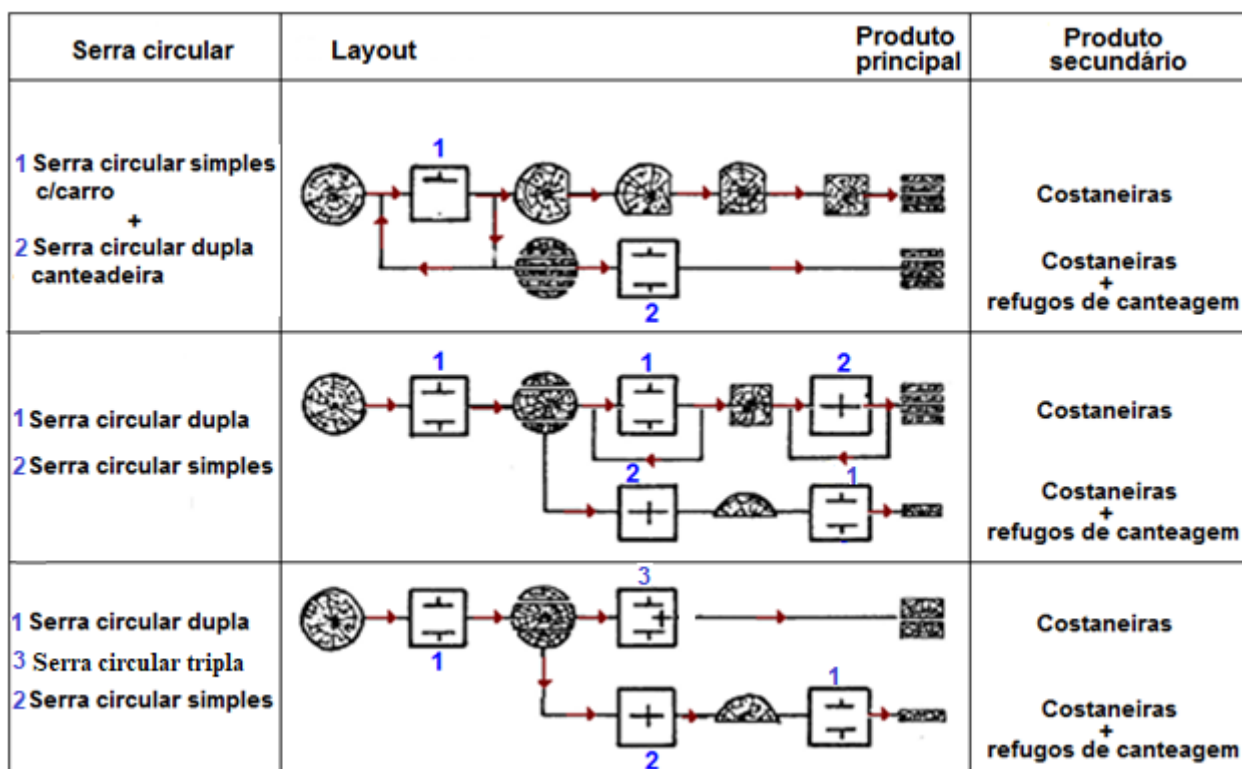


Figura 19 - Exemplos de fluxogramas de desdobro com serra de circular.

3. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UMA SERRARIA

3.1 Classificação de serrarias

Atualmente é difícil classificar ou padronizar as serrarias, devido às novas técnicas de desdobro, aos equipamentos cada vez mais sofisticados, novos conceitos de maximização do uso do recurso florestal e outras inovações tecnológicas mais especializadas e modernas. Isto levou as serrarias a apresentarem peculiaridades que dificilmente se repetem a ponto de podermos dizer que ocorre uma padronização nestas indústrias.

3.1.1 Classificação de Gomide – 1973

Classificação segundo a capacidade de produção (m^3 madeira em toras que processam) e quanto ao número de máquinas que ela apresenta.

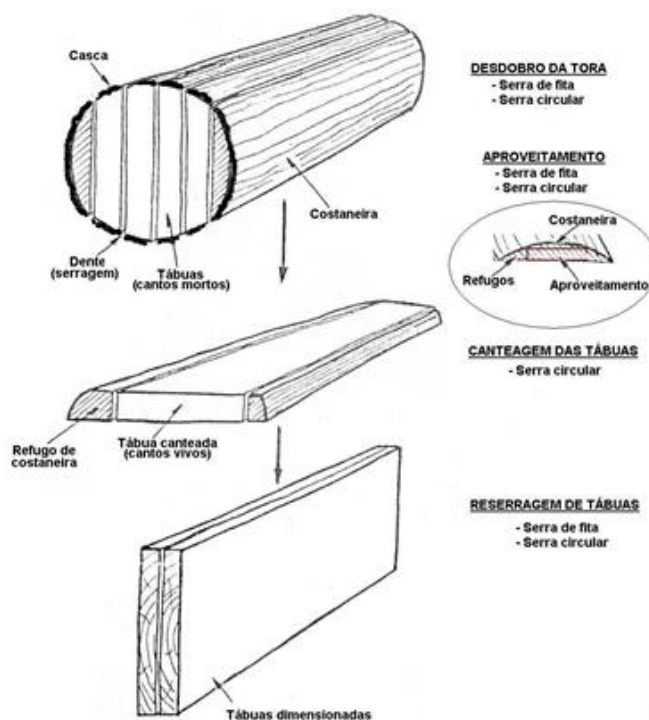
- Serrarias pequenas – processam até 50 m^3 toras/dia.
Utilizam poucas máquinas: a) uma para desdobro primário; b) uma para corte longitudinal (canteadeira); c) uma para corte transversal (destopadeira).
Agrupam-se nas seguintes categorias:
 1. Serrarias temporárias: aquelas que exploram madeira que se encontra nos arredores, são transferidas de um lugar para outro quando o recurso florestal esgota. Trabalham com força motriz diesel, possuindo uma capacidade de 8 a 25 m^3 de madeira serrada/dia. São de baixo investimento, podendo ser montadas sobre rodas (trailer, caminhões, etc., ou possuir fundações de madeira que possibilita montagens e desmontagens fáceis).
 2. Permanentes: semelhantes às temporárias mais possuem fundações permanentes.
- Serrarias médias - processam de 50 m^3 a 100 m^3 toras/dia.
São permanentes e utilizam normalmente uma máquina para o desdobro primário e mais máquinas auxiliares para cortes secundários, ex.: uma reserra para cortes longitudinais profundos, canteadeiras e destopadeiras.
- Serrarias grandes - processam acima de 100 m^3 toras/dia.
São permanentes e utilizam normalmente mais de uma máquina de desdobro primário e várias máquinas auxiliares, podendo ser automatizadas ou com um alto grau de mecanização e geralmente com instalação de secagem artificial.

3.1.2 Outras classificações

As classificações em quanto à capacidade não podem ser generalizadas a todas as indústrias em consequência das grandes produções e eficiência atingidas hoje pelos países desenvolvidos ou países de grande tradição madeireira. Muitas indústrias atingiram um alto grau de sofisticação que elas lidam com um certo tipo de matéria-prima. Isto implica em diferentes tipos de processamento ou desdobro para cada classe distinta de matéria-prima. Assim por exemplo:

- Serrarias pequenas: processam de 45 a 90 m³ toras/dia (Estados Unidos)
- Serrarias de madeira tropical: consumo anual maior a 100.000 m³ de madeira em toras.
- Serrarias de coníferas (região temperada): consumo anual maior a 250.000 m³
- Serrarias que utilizam técnicas de redução: processam até 170.000 m³ toras/ano.

3.2 Fases do desdobro de uma tora em serraria.



3.3 Rendimento de uma serraria

O rendimento de uma serraria é dado pela seguinte relação:

$$R = \frac{V_{\text{mad. serrada}}}{V_{\text{tora}}} \times 100 \quad (\%)$$

onde:

- R : rendimento em percentagem
 $V_{\text{mad. serrada}}$: volume de madeira serrada, em m³
 V_{tora} : volume das toras, em m³ (com e sem casca)

O rendimento de uma serraria é influenciado pelos seguintes fatores: largura de corte da serra, esquema de corte da madeira, dimensões da madeira, diâmetro, comprimento e conicidade das toras, qualidade das toras, manutenção das máquinas e equipamentos de corte, grau de mecanização e automação da serraria, etc.

Exemplo de cálculo:

1. Qual é a classificação e o rendimento de uma serraria que consome 140 m³ de toras/turno para produzir 70 m³ de madeira serrada.

Solução:

- Classificação → serraria grande (> 100 m³ toras/dia)

- $R = (V_{\text{mad. serrada}} / V_{\text{tora}}) \times 100 \rightarrow R = (70 \text{ m}^3 / 140 \text{ m}^3) \times 100 = 50 \%$

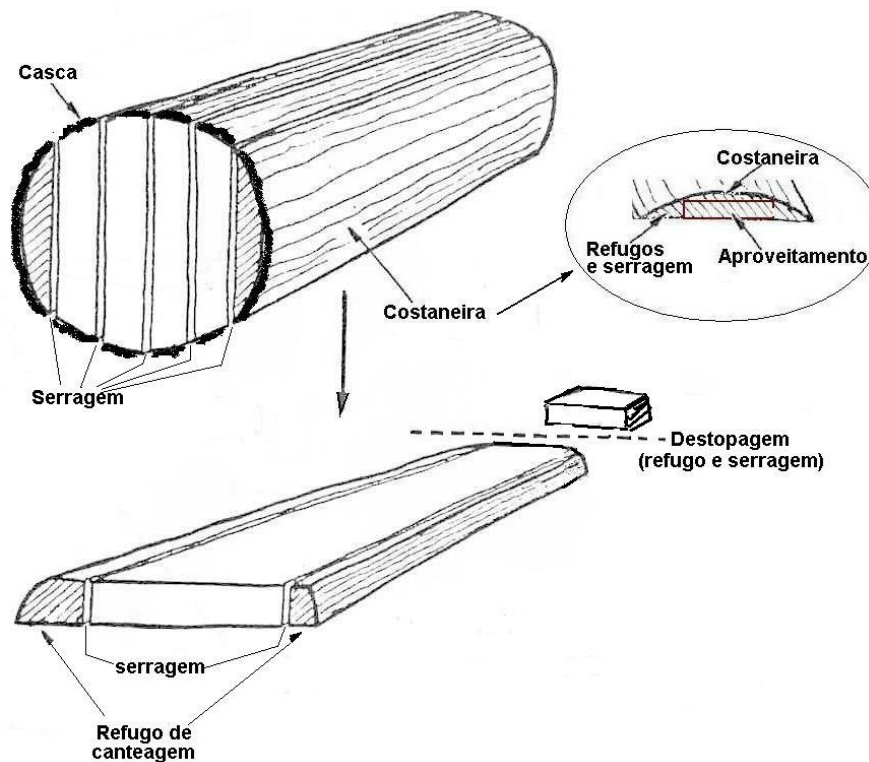
2. Qual é a classificação e o rendimento de uma serraria que consome 200 toras/turno de 30 cm de diâmetro maior, 24 cm de diâmetro menor e 2,5 m de comprimento para produzir 15 m³ de madeira serrada em um turno.

Solução:

- $R = (V_{\text{mad. serrada}} / V_{\text{tora}}) \times 100 \rightarrow R = (15 \text{ m}^3 / [(0,30^2 \text{m} + 0,24^2 \text{m})/8] \times \pi \times 2,5 \text{m}) \text{ m}^3) \times 200 \times 100$
 $= (15 \text{ m}^3 / 29 \text{ m}^3) \times 100 = 51,72 \%$

- Classificação = (29 m³/turno) → serraria pequena

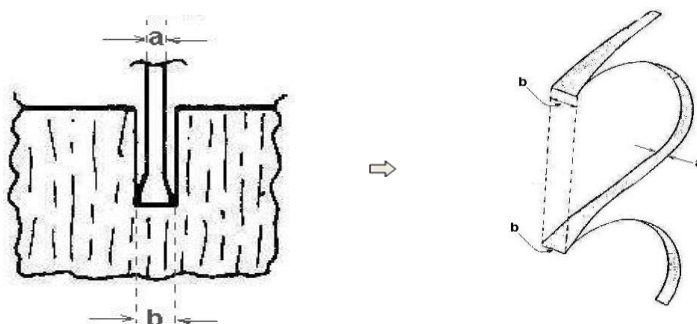
3.4 Perdas no processo de desdobro



Exemplo de perdas em uma serraria (valores médios):

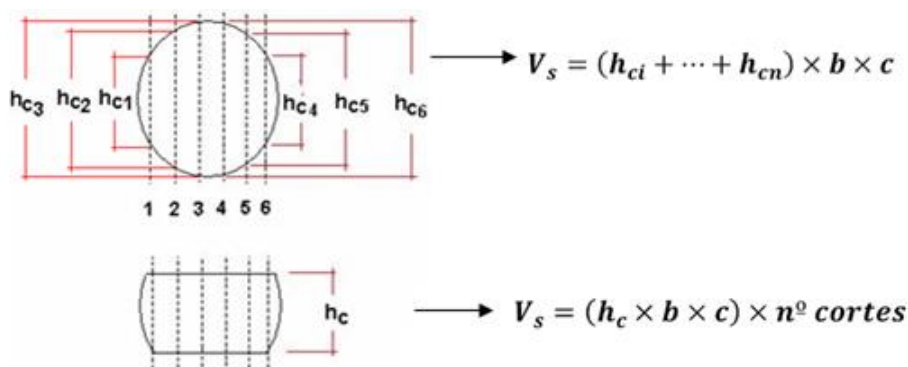
Produto	Perda (%)
Casca	6– 12
Serragem	5 –16
Costaneiras, refugos de destopagem, costaneiras e canteagem	25 – 32
Defeitos na manufatura	0 –5
Secagem	3 –7

3.5 Perdas de serragem



A serragem é produzida pelo dente da serra e depende da largura de corte (b) do dente. Esta largura é fundamental para que a serra passe livremente e sem atrito através do corte na madeira. Isto se consegue travando (alargando a ponta do dente) a serra por torção ou recalque.

3.6 Cálculo do volume de serragem (V_s):



onde:

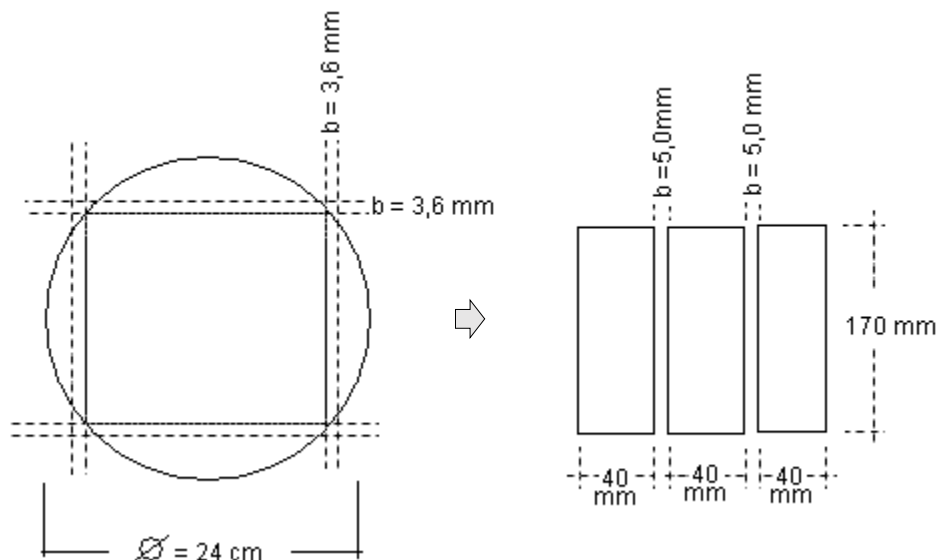
$hc_1 + \dots + hc_n$: alturas de corte ($\sum hc_1 + hc_2 + hc_3 + \dots + hc_n$)

b : largura de corte da serra

c : comprimento de corte (comprimento da tora)

Exemplo de cálculo de serragem:

1. Calcular o rendimento em madeira serrada e a percentagem de serragem produzida em uma serraria que processa 200 toras/dia ($\varnothing_{\text{médio toras}} = 24\text{cm}$ – tora cilíndrica; comprimento = 4,20m) segundo o seguinte diagrama de corte:



Solução:

a) Rendimento

$$- V_{\text{tora}} = [\pi \times (0,24\text{m})^2 \times 4,20\text{m}] / 4 = 0,190004 \text{ m}^3$$

$$- V_{3 \text{ tábuas}} = [(0,04\text{m} \times 0,17\text{m} \times 4,20\text{m}) \times 3 \text{ tábuas}] = 0,085680 \text{ m}^3$$

$$- R = (V_{3 \text{ tábuas}} / V_{\text{tora}}) \times 100 = 45,09\%$$

b) % Serragem = $[(V_{s.b} + V_{s.t}) / V_{\text{tora}}] \times 100$

- volume de serragem do bloco ($V_{s.b}$)

$$- V_{s.b} = (0,0036\text{m} \times 0,17\text{m} \times 4,20\text{m}) \times 4 \text{ cortes} = 0,010282 \text{ m}^3$$

- Volume de serragem das tábuas ($V_{s.t}$)

$$- V_{s.t} = (0,005\text{m} \times 0,17\text{m} \times 4,20\text{m}) \times 2 \text{ cortes} = 0,007140 \text{ m}^3$$

$$- \% \text{ Serragem} = [(0,010282\text{m}^3 + 0,007140\text{m}^3) / 0,190004\text{m}^3] \times 100 = 9,17 \%$$

3.7 Cálculo de perdas no processo de desdobro

$$\% Perdas_{torasS.C} = \left(\frac{V_{serragem} + V_{\cos \tan eiras, refugos}}{V_{torasS.C}} \right) \times 100$$

$$\% Perdas_{torasC.C} = \left(\frac{V_{serragem} + V_{\cos \tan eiras, refugos} + V_{casca}}{V_{torasC.C}} \right) \times 100$$

$$V_{\cos \tan eira, refugos} = V_{torasS.C} - (V_{mad.settada} + V_{serragem})$$

$$V_{\cos \tan eira, refugos} = V_{torasC.C} - (V_{mad.settada} + V_{serragem} + V_{casca})$$

$$V_{casca} = V_{torasC.C} - V_{torasS.C}$$

Exemplo de cálculo:

Exemplo aula 4

3.8 Eficiência de uma serraria (E)

A eficiência é um índice resultante da relação entre o volume de madeira (toras) desdobradas em um determinado tempo de trabalho e a quantidade de funcionários (operários) envolvido em todo o processo de produção.

O tempo de trabalho em um dia pode ser de 8 horas (1 turno) ou qualquer outro intervalo de tempo estimado pela indústria (ex.: uma hora). O pessoal ou funcionários envolvidos na produção, corresponde a todas as pessoas que fazem parte do processo produtivo em todas as funções e dependências da indústria, tais como: operários, técnicos, etc.

$$E = \frac{T}{O} \quad (m^3 / \text{operário} / \text{dia} \cdot (\text{turno}))$$

onde:

E: eficiência em m³/operário/dia (turno)

T: volume de toras desdobradas em um dia em m³ (ex.: um turno de 8 horas).

O: quantidade de operários que trabalham dentro da serraria (envolvidos na produção).

A eficiência também pode ser medida em relação à madeira serrada produzida (volume ou área superficial), como:

- Madeira serrada produzida / operários / turno
- Área superficial serrada / operários / turno

A eficiência é função da uniformidade da matéria-prima e dos produtos (padronização), fluxograma de produção (combinação de máquinas e equipamentos), grau de automação e mecanização da serraria, máquinas e equipamentos, das espécies utilizadas (ex.: coníferas por ser mais leves, retas e macias implicam em uma maior produção), disponibilidade de energia, etc.

Regiões	Eficiência (m ³ /op/dia)
1. América do Norte	
a) Serraria a/alto grau de mecanização e automação	≥ 22 - 50
b) Serrarias comuns e portáteis	5 - 8
2. Suécia (média)	10 - 50
4. Amazonas (média de 4 serrarias)	0,3 – 1,0

Exemplo de cálculo:

1. A eficiência de uma serraria que desdobra 200 m³ de toras por dia (1 turno), trabalhando com 20 operários, é:

Solução:

$$E = T/O \rightarrow E = 200 \text{ m}^3 / 20 \text{ op} = 10 \text{ m}^3/\text{op}/\text{dia}.$$

4. PRODUTIVIDADE DAS MÁQUINAS DE DESDOBRO (P)

Normalmente o cálculo da produtividade das máquinas de desdobro se expressa em toras que a máquina é capaz de desdobrar por turno.

Nas máquinas de desdobro, o avanço é realizado sempre pela madeira (toras, blocos, etc.) desde uma posição a outra para efetuar o processo de corte. A movimentação da madeira é feita por meio de mecanismos ou elementos de avanço, que transportam a madeira a uma distância e velocidade determinada (carro porta toras, esteira transportadora, corrente transportadora, calha transportadora, rolos transportadores, etc), de acordo com o regime ou sistema de corte desejado.

4.1 Tipos de mecanismos ou elementos de avanço

a) Rolos de alimentação

Elementos que permitem a fixação da peça e ao mesmo tempo realizam o avanço, evitando-se assim o desalinhamento da madeira em relação à ferramenta de corte. Estes elementos são eficientes e de fácil construção (Figura 20).

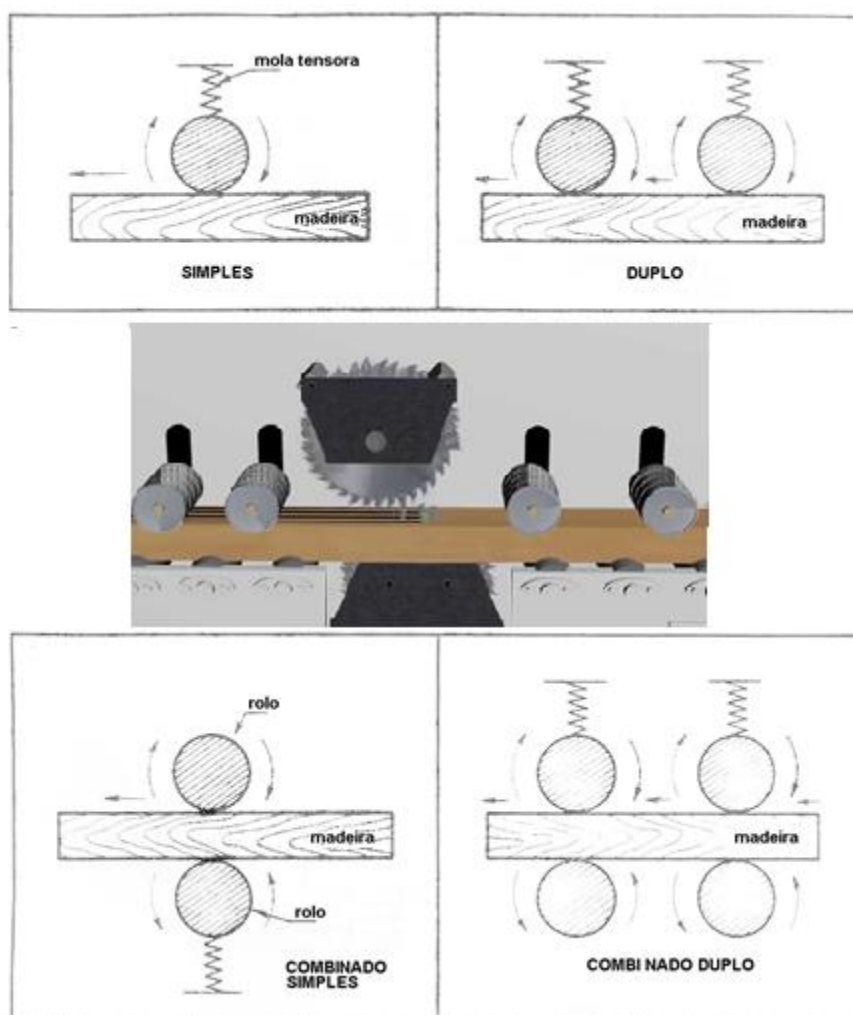


Figura 20 - Rolos de alimentação.

b) Correntes de alimentação

Elementos que permitem um avanço suave e uniforme da madeira, mas devem ser complementados com rolos de fixação para pressionar a tora sobre a corrente, evitando-se assim o desalinhamento da madeira durante o corte (Figura 21).

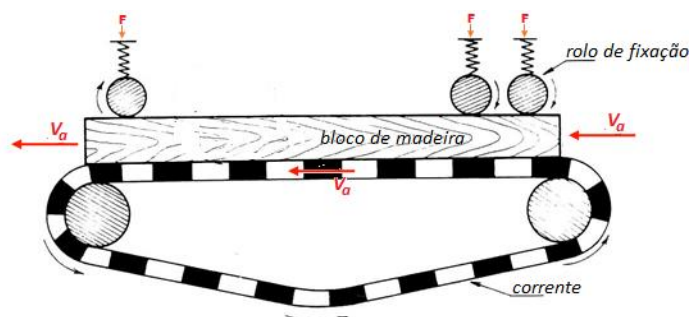


Figura 21- Corrente de alimentação

c) Carros de avanço (carro porta-toras)

Comumente utilizados nas serras de fitas e circulares. Estes carros possuem mecanismos especiais para orientar e fixar as toras, imobilizando-as durante o processo de corte. Os carros estão montados sobre rodas e sua trajetória retilínea é assegurada por trilhos paralelos ao plano de corte. O movimento de retrocesso se realiza com maior velocidade que o avanço (Figura 22).



Figura 22 - Serra de fita com avanço carro porta-toras.

4.2 Cálculo de produtividade de máquinas de desdobro

Existem duas formas para o cálculo da produtividade de máquinas de desdobro, dependendo do tipo de avanço que possuam as máquinas.

a) Avanço contínuo da madeira

Desdobro ou corte da madeira em uma só passagem, onde a alimentação da madeira é realizada por meio de sistemas de avanço constituídos por correntes, roletes, pinos de retenção, trilhos, etc.

$$P = \frac{T \times V_a \times k}{c} \quad \left(\frac{\text{toras}}{\text{turno}} \right)$$

onde:

- P : produtividade (número de toras por turno)
- T : duração do turno (min)
- V_a : velocidade de avanço da madeira ou do sistema de alimentação (m/min)
- c : comprimento da madeira (tora, bloco) a desdobrar (m)
- k : coeficiente de aproveitamento do tempo de trabalho (%)
(k ≈ 80 %)

Cálculo da velocidade de avanço da madeira:

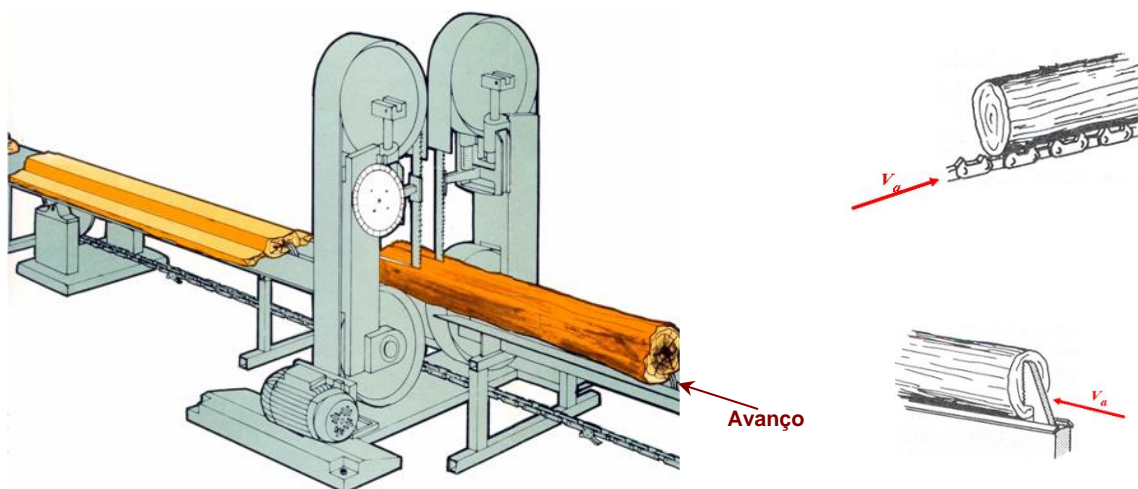
$$V = d / t \rightarrow V_a = c / t$$

d = distância

c = comprimento da tora ou bloco (d = c)

t = tempo (cálculo do tempo que a tora ou bloco é cortada em uma passagem)

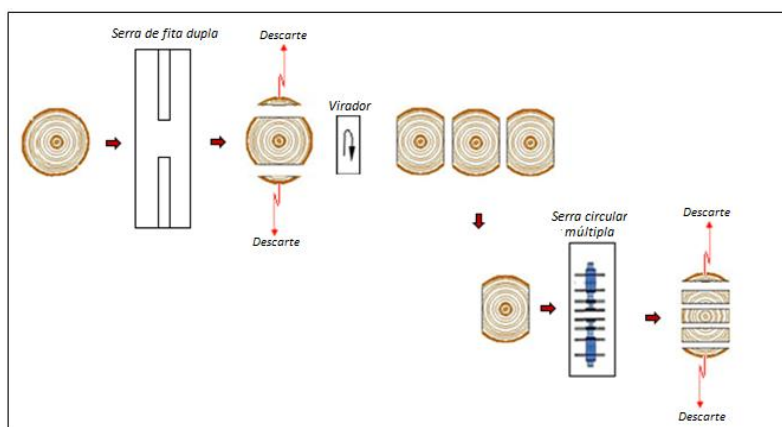
Exemplo de sistema de avanço ou alimentação contínua da madeira:



Exemplo de cálculo:

1. Calcular a produtividade de uma serra de fita dupla principal (fluxograma abaixo) se o plano de desdobro considera somente um corte na primeira passagem, a velocidade de avanço da madeira é de 10 m/min, o comprimento da tora de 4,2 m e $k = 80\%$.

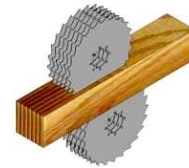
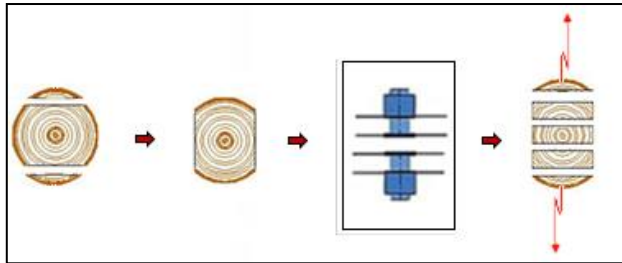
Resposta:



$$\therefore P = [(8h \times 60\text{min}) \times 10 \text{ m/min} \times 0,8] / 4,2 \text{ 0m} = \mathbf{914 \text{ (toras/turno)}}$$

2. Calcular a produtividade de uma serra circular múltipla, segundo o plano de corte (abaixo), se $V_a = 5\text{m/min}$; $C_{\text{bloco}} = 2,50\text{m}$; $k = 80\%$.

Solução:



$$\therefore P = [(8 \text{ h} \times 60 \text{ min}) \times 5 \text{ m/min} \times 0,8] / 2,5\text{m} = \mathbf{768 \text{ (blocos/turno)}}$$

b) Avanço descontínuo da madeira (avanço com carro)

Desdobro de toras na serra principal por meio de várias passagens até convertê-la em um bloco ou em tábuas.

$$P = \frac{T \times k}{t} \quad (\text{toras/turno})$$

onde:

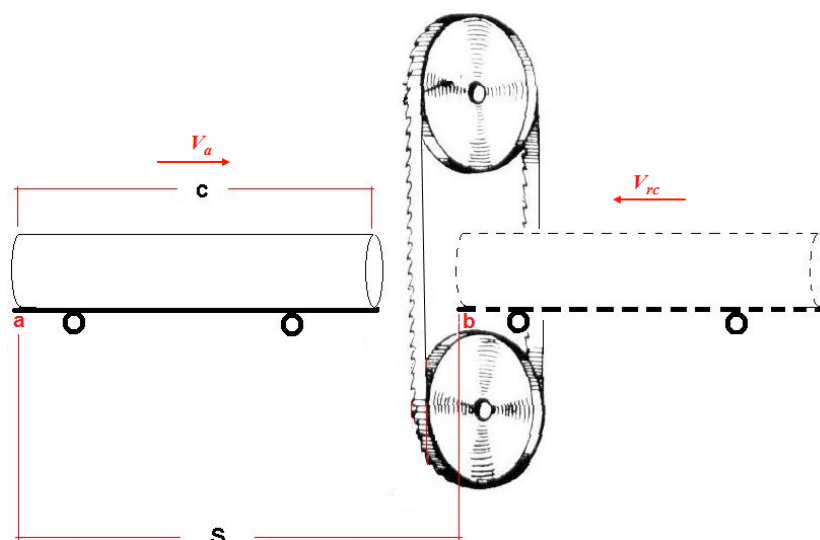
- P : produtividade (número de toras por turno)
 T : duração do turno (min)
 k : coeficiente de aproveitamento do tempo de trabalho (%) - ($k \approx 80 \%$)
 t : tempo total de desdobro de uma tora (min)
 ($t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7$)



Tempos	Natureza do tempo
t_1	tempo de carregamento da tora ao carro
t_2	tempo de fixação da tora ao carro
t_3	tempo de alinhamento da tora para o corte
t_4	tempo que demora a serra em corte (n° de corte x tempo de cada passagem)
t_5	tempo que demora a serra em cada retorno após cada corte (n° retornos x tempo de cada retorno)
t_6	tempo de giro da tora após para os próximos cortes
t_7	tempo para liberar o bloco final o resto de madeira serrada e voltar à posição original

Cálculo do tempo total de desdobro t:

“t” é calculado pela medição com cronômetro “in loco” na serraria. Cronometra-se o tempo desde que a tora é carregada ao carro até que o carro volta a posição original, após ter liberado todo material.

Esquema do percurso do carro porta-toras no desdobro com serra de fita:

V_a = velocidade de avanço do carro ou V_a

V_{rc} = velocidade de retorno ou retrocesso do carro (a velocidade de retorno é geralmente 50% mais rápida que a velocidade de avanço)

z = n° de cortes feitos na tora

z' = n° de retornos ou retrocessos do carro

s = distância percorrida pelo carro em um corte e distância percorrida pelo carro no retorno (m)

Cálculo do tempo t_4 :

$$V = d / t \rightarrow t = d / V$$

$$V = V_a$$

$$t = t_4$$

$$d = S \text{ (para um corte)}$$

$$d = (S + z) \text{ (para todos os cortes)}$$

$$\therefore t_4 = (s \times z) / V_a$$

Cálculo do tempo t_5 :

$$V = d / t \rightarrow t = d / V$$

$$V = V_{rt}$$

$$t = t_5$$

$$d = S \text{ (para um retorno)}$$

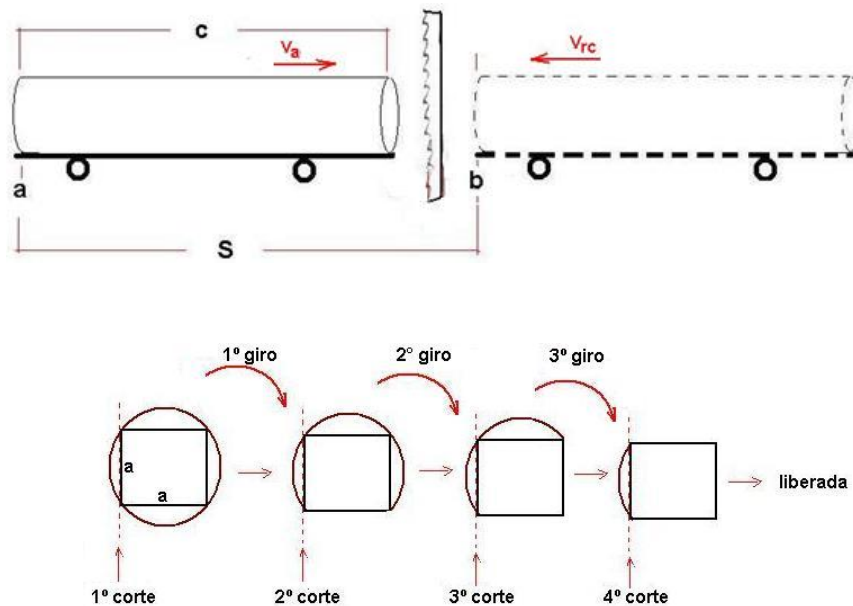
$$d = (S + z') \text{ (para todos os retornos)}$$

$$\therefore t_5 = (s \times z') / V_{rt}$$

Exemplos:

1. Calcular a produtividade de uma serra de fita simples com carro porta-toras em um turno de trabalho, se o plano de corte prevê a produção de blocos de dimensões máximas. A velocidade de avanço do carro é de 20 m/min, distância percorrida pelo carro em um corte $S = 6,4$ m, ($t_1 + t_2 + t_3 = 17$ s), ($t_6 = 30$ s – 3 giros), ($t_7 = 6$ s), comprimento da tora 4,20 m e $k = 80\%$.

Solução:



$$t_1 + t_2 + t_3 = 17s$$

$$t_6 = 3 \text{ giros} = 30s$$

$$t_7 = 6s$$

$$t_4 = (s \times z) / V_a = (6,4m \times 4 \text{ cortes}) / 20m/min = 1,28min = 76,8s$$

$$V_{rc} = 20m/min + 50\% (20m/min) = 30m/min$$

$$t_5 = (s \times z') / V_{rt} = (6,4m \times 4 \text{ retornos}) / 30m/min = 0,85min = 51s$$

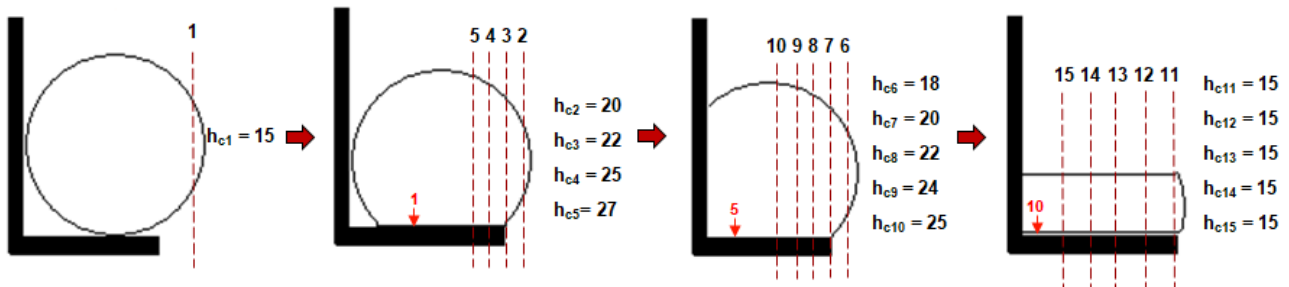
$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 = 17s + 76,8s + 51s + 30s + 6 = \mathbf{175s}$$

$$\therefore P = (T \times k) / t = [(8h \times 60min \times 60s) \times 0,8] / 175s$$

$$\mathbf{P = 132 \text{ (toras/turno)}}$$

2. Calcular a produtividade de uma serra de fita simples com carro porta-toras eletromecânico em um turno de trabalho, se o plano de corte prevê 15 cortes e três giros da tora. A velocidade de avanço do carro é de 10m/min, distância percorrida pelo carro em um corte $S = 7,8\text{m}$, ($t_1 + t_2 + t_3 = 17\text{s}$), ($t_6 = 30\text{s} - 3 \text{ giros}$), ($t_7 = 6\text{s}$), comprimento da tora $5,40\text{ m}$, $\phi_{\text{tora}} = 28\text{cm}$ e $k = 80\%$.

Solução:



$z = 15 \text{ cortes}$

$z' = 15 \text{ retornos}$

$t_1 + t_2 + t_3 = 17\text{s}$

$t_6 = 3 \text{ giros} = 30\text{s}$

$t_7 = 6\text{s}$

$t_4 = (s \times z) / V_a = (7,8\text{m} \times 15 \text{ cortes}) / 10\text{m/min} = 11,7\text{min} = 702\text{s}$

$V_{rc} = 10\text{m/min} + 50\% (10\text{m/min}) = 15\text{m/min}$

$t_5 = (s \times z') / V_{rt} = (7,8\text{m} \times 15 \text{ retornos}) / 15\text{m/min} = 7,8\text{min} = 468\text{s}$

$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 = 17\text{s} + 702\text{s} + 468 + 30\text{s} + 6 = \mathbf{1223\text{s}}$

$\therefore P = (T \times k) / t = [(8\text{h} \times 60\text{min} \times 60\text{s}) \times 0,8] / 1223\text{s}$

$P \approx 24 \text{ (toras/turno)}$