

# **PMR 3202**

# **Transmissões**

# Transmissões de Potência

O emprego de transmissões torna-se necessário para **compatibilizar a velocidade angular ou conjugado da máquina motriz** com a necessidade da **máquina acionada**, as quais normalmente são diferentes pelas mais diversas razões. Estas também podem ser utilizadas para **ajustar o sentido da rotação** ou para **ligação de eixos distantes entre si**.



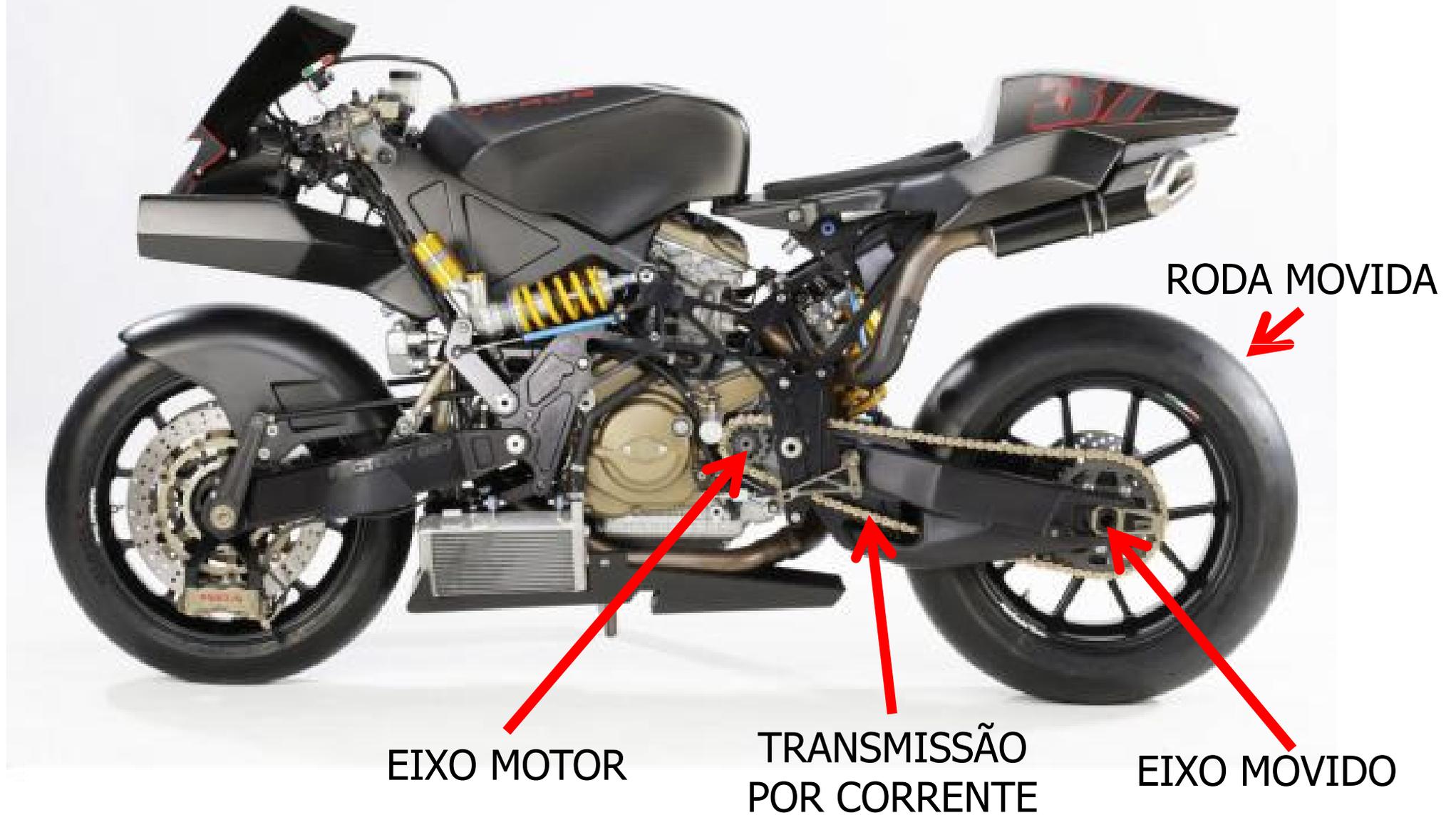
# TRANSMISSÃO DA POTÊNCIA

■ MOTOR → TRANSMISSÃO → CONSUMIDOR  
(Máquina Motora) (Máquina Movida)

■ POTÊNCIA  $100\%$    $100\%$   
Transmissão IDEAL

■ POTÊNCIA  $100\%$    $< 100\%$   
Transmissão REAL

# MOTOCICLETA COM TRANSMISSÃO POR CORRENTE



# 1. Introdução

## ■ Transmissão ideal

Potência de entrada( $P_e$ ) = Potência de saída( $P_s$ )

$P_e = C_e \cdot \omega_e = P_s = C_s \cdot \omega_s$  onde  $\omega$  é a velocidade angular e C o conjugado

$i = \omega_e / \omega_s$  é a relação de redução (cte  $\geq 1$ )

$$\text{Assim } C_s = i \cdot C_e$$

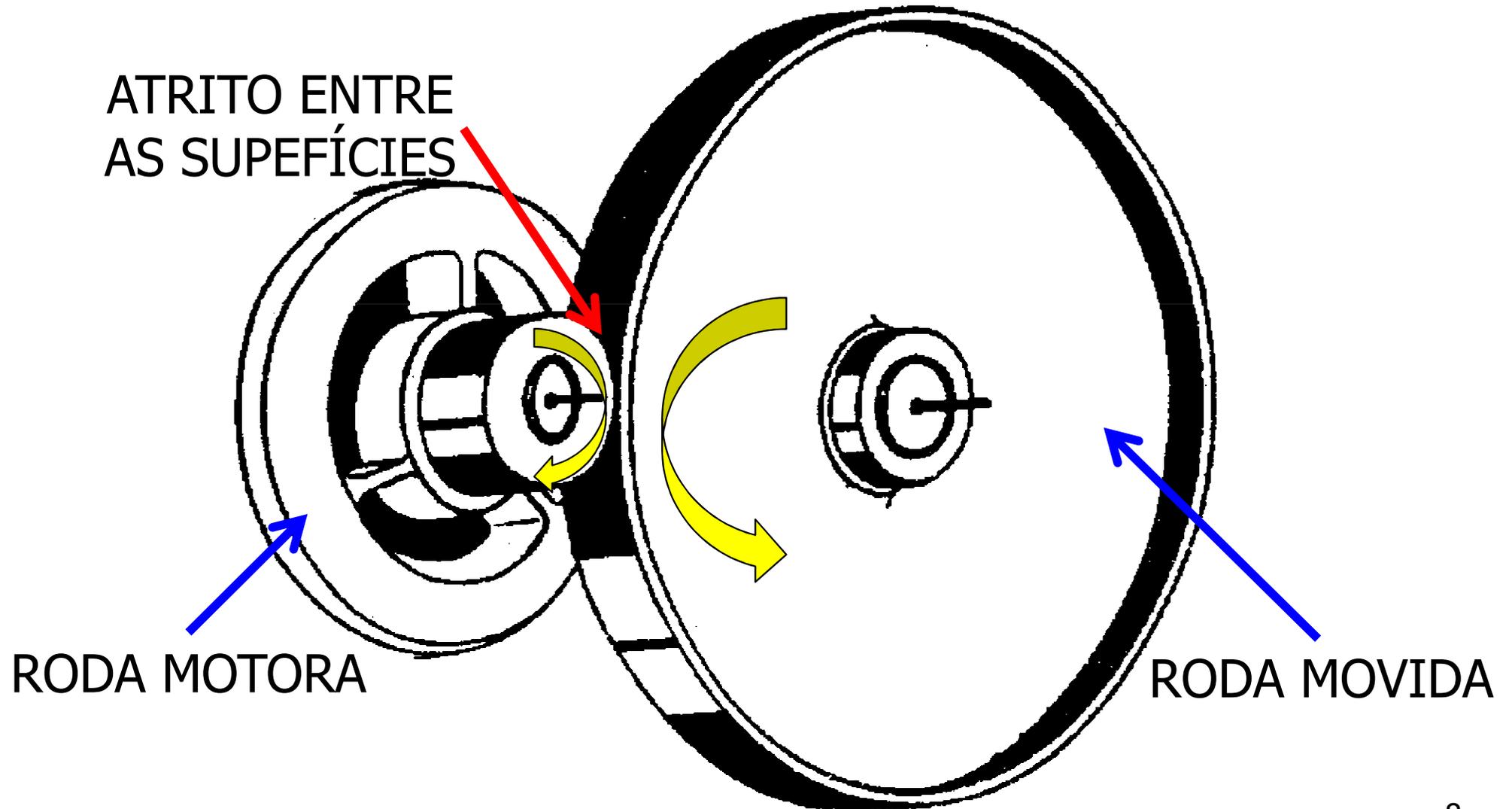
## ■ Transmissão real

$P_s = P_e \cdot \eta$ , onde  $\eta$  é o rendimento da transmissão e P a potência

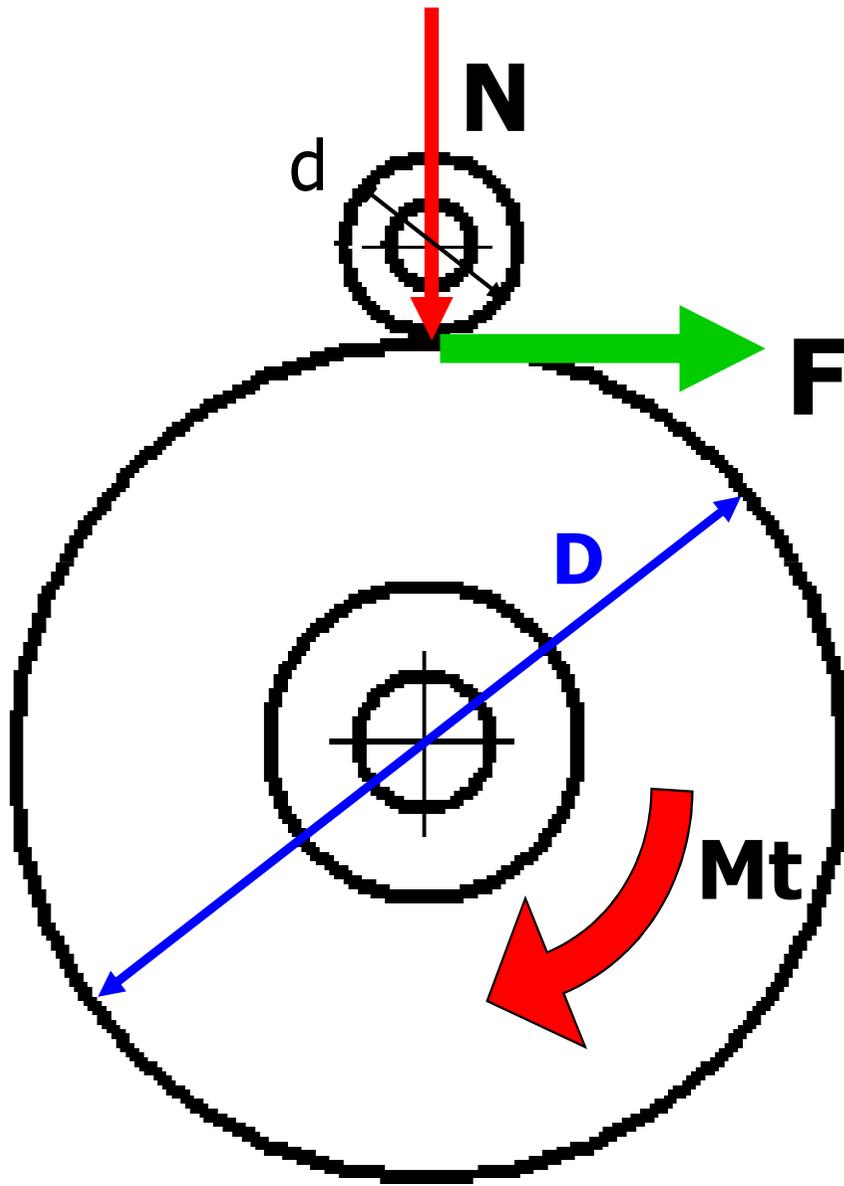
## 2. Tipos de Transmissões

- Transmissões por rodas de atrito;
- Transmissões por correias;
- Transmissões por correntes;
- Transmissões por engrenagens.

## 2.1 Transmissões por Rodas de Atrito



## 2.1 Transmissões por Rodas de Atrito



$$Fat = \mu \times N \text{ (Força de Atrito)}$$

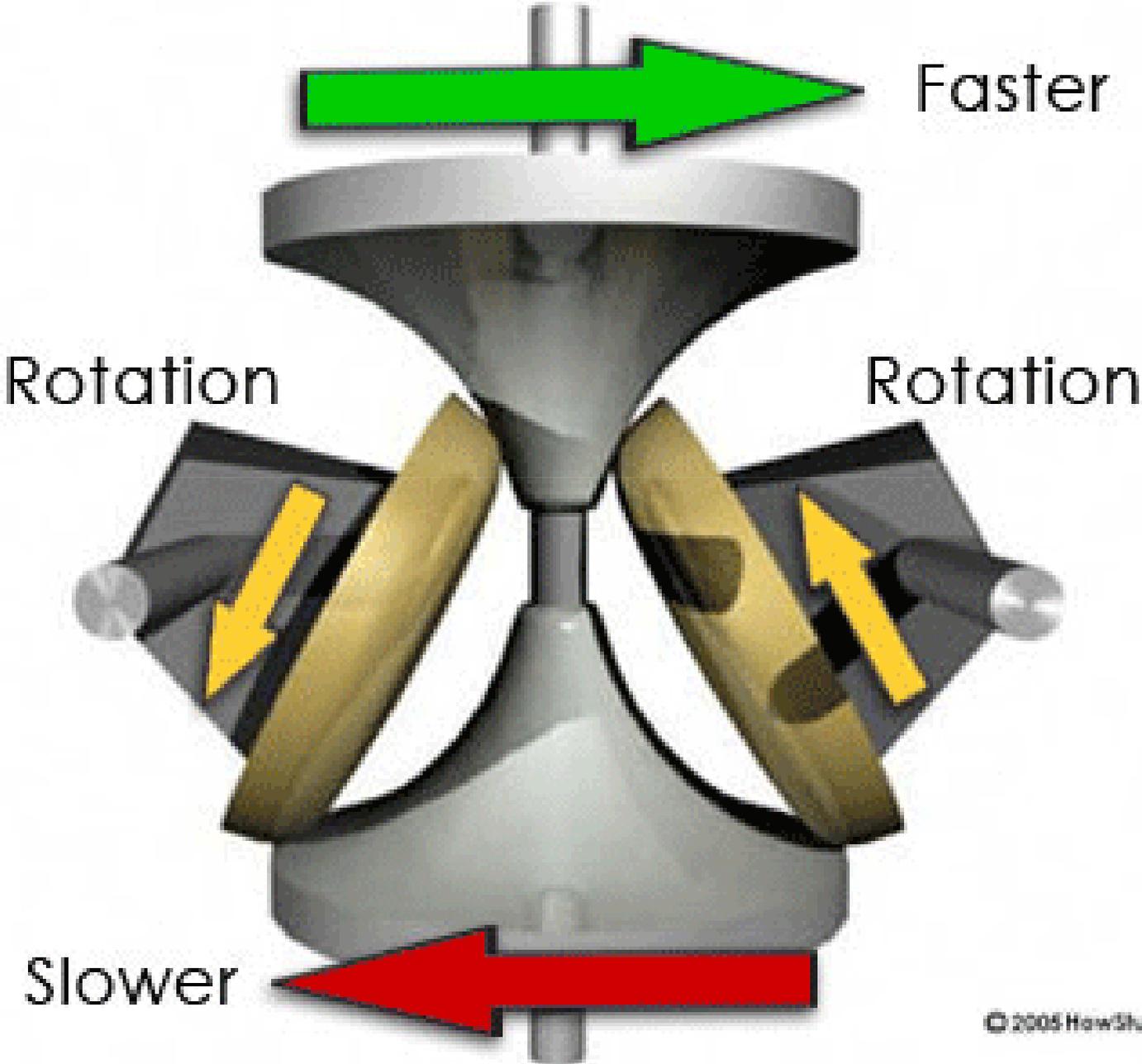
$\mu$  = coeficiente de atrito  
 $N$  = força normal

No limite (deslizamento)

$$Mt = Fat \times D/2 \text{ (Torque)}$$

$$i = D/d$$

# TRANSMISSÃO CONTINUAMENTE VARIÁVEL POR RODA DE ATRITO



# Transmissões por Rodas de Atrito

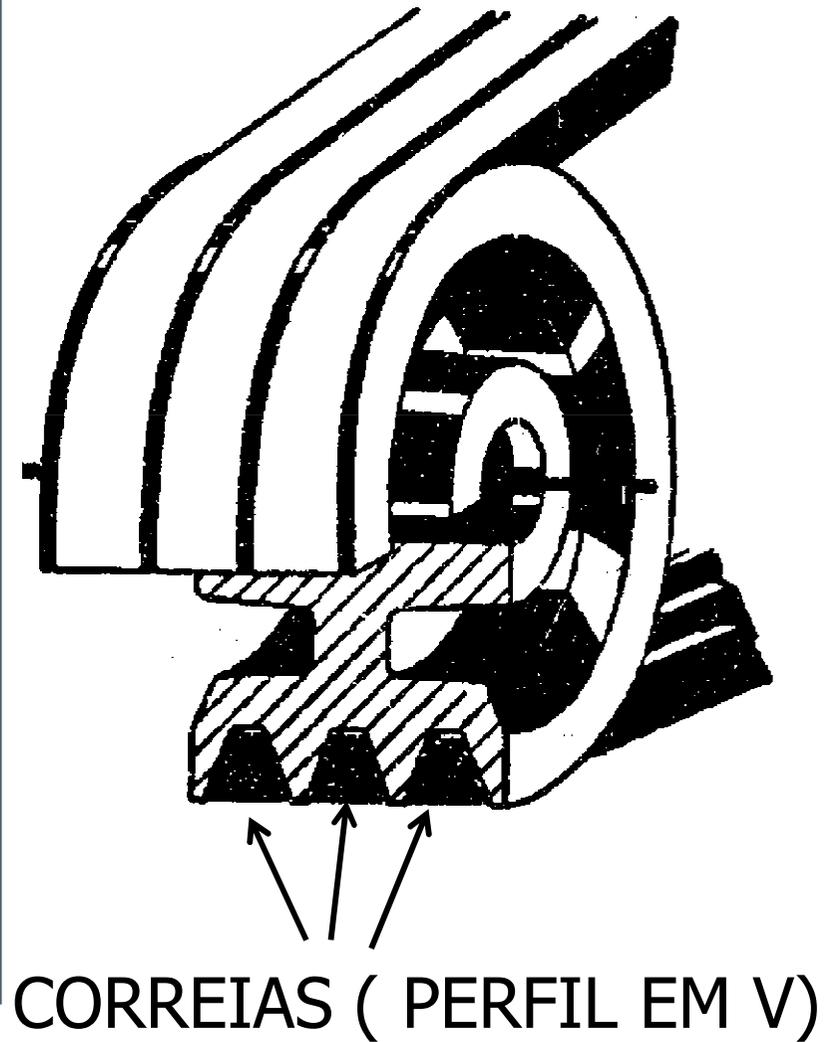
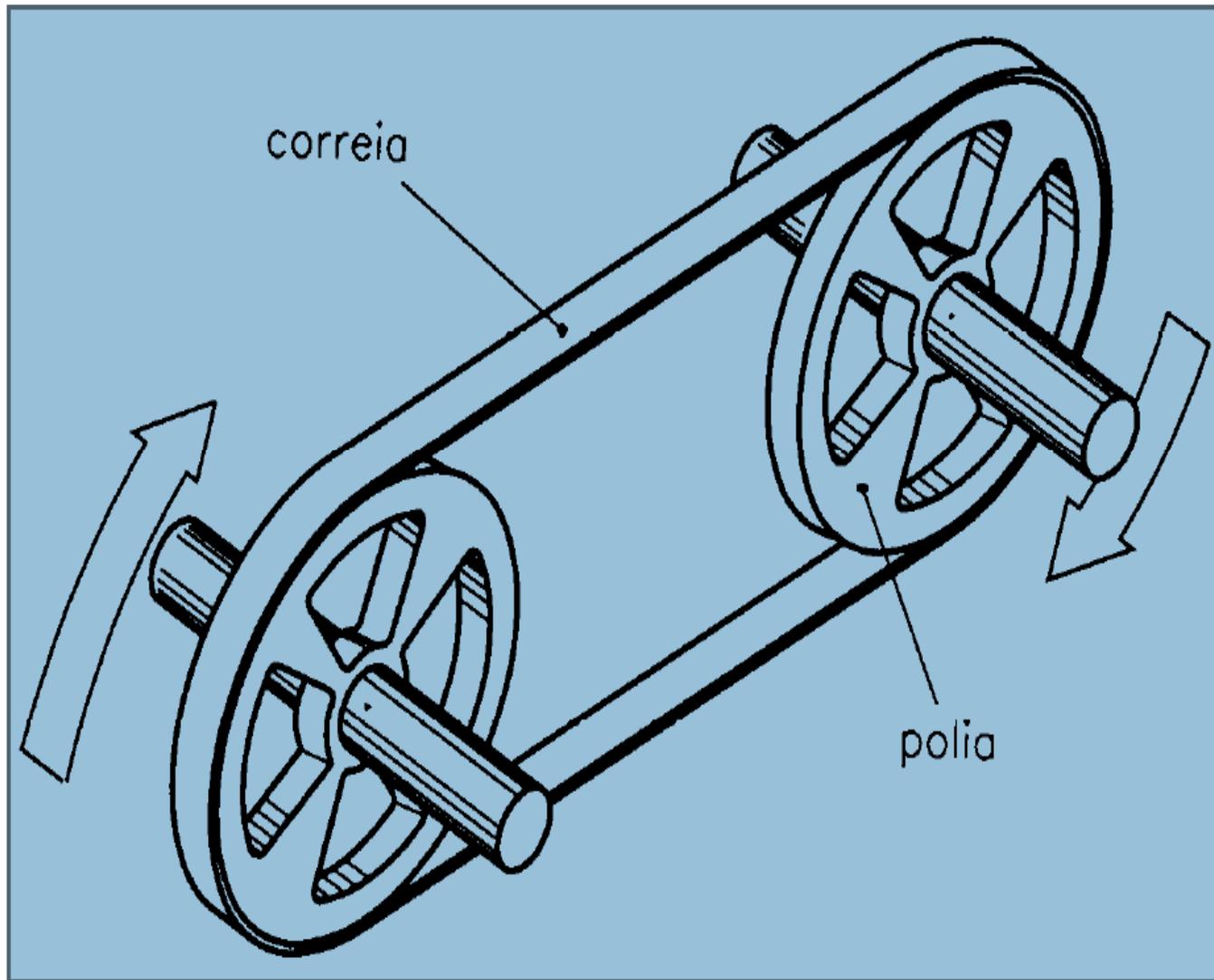
## Características Básicas

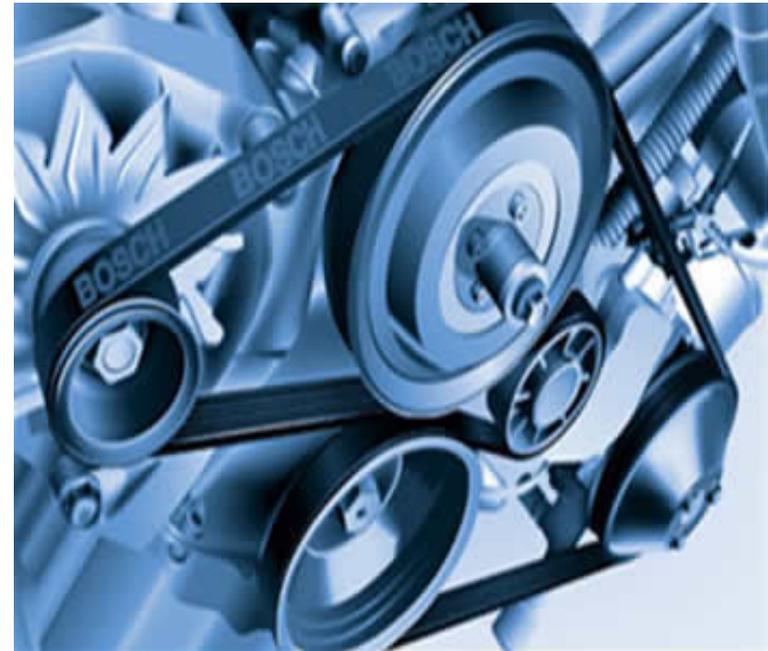
- projeto não compacto;
- montagem entre eixos paralelos;
- relação de transmissão não constante;
- distância entre centros precisa;
- relação de transmissão até 6;
- potência de transmissão até 200 HP;
- velocidade tangencial de operação até 20 m/s;
- elementos não padronizados (uma solução para cada problema).

## 2.2 Transmissões por Correia

Empregam-se **elementos flexíveis**, sendo estes denominados de **correias**, as quais se apoiam sobre elementos circulares fixados ao eixo, denominados de **polias**. Neste tipo de transmissão, monta-se uma polia em cada um dos eixos (normalmente paralelos) que a compõem, e sobre elas é instalada a correia, a qual deve ser montada com alguma **pre-tensão** forçando seu contato com as polias.

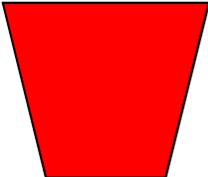
# Transmissão por Correia





## 2.2.1 Tipos de Correias

Os tipos são definidos pela **geometria da secção transversal da correia**:

- Correias Planas;  Perfil
- Correias em "V" ou Trapezoidais;  Perfil
- Correias Dentadas ou Sincronizadoras.



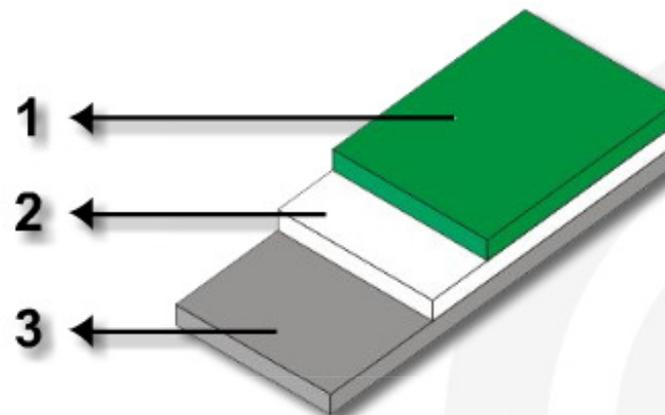
# CORREIAS PLANAS

Perfil



## ESTRUTURA DA CORREIA

1. CAMADA DE FRICÇÃO
2. CAMADA DE TRAÇÃO
3. COBERTURA EXTERNA



### 1. CAMADA DE FRICÇÃO

- .C = COURO
- .R = BORRACHA NITRÍLICA
- .T = TECIDO DE NYLON

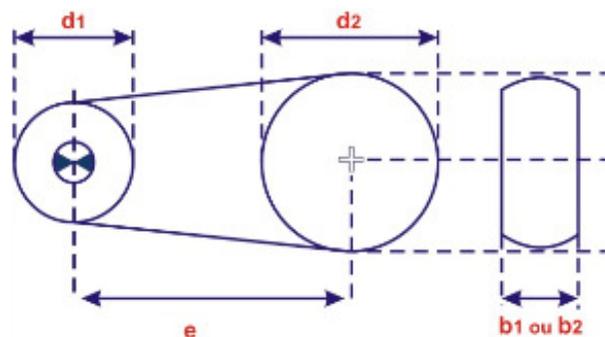
### 2. CAMADA DE TRAÇÃO

- .LÂMINA DE NYLON
- .TECIDO DE NYLON

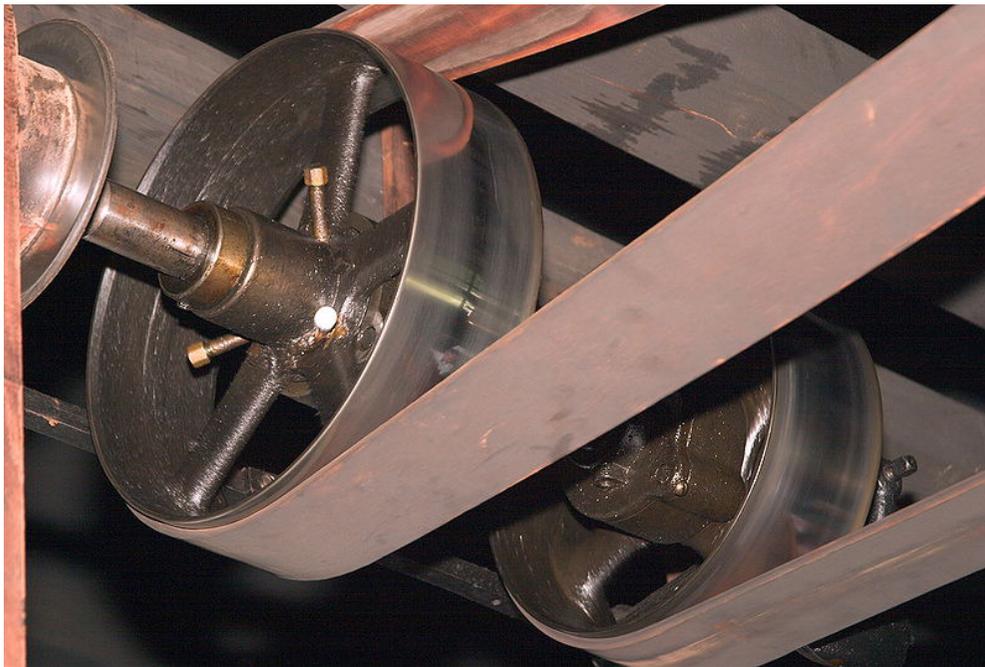
### 3. COBERTURA EXTERNA

- .C = COURO
- .R = BORRACHA NITRÍLICA
- .T = TECIDO DE NYLON

## DETERMINAÇÃO DE LARGURA E COMPRIMENTO DA CORREIA



- onde:
- $d_1$  = DIÂMETRO DA POLIA MOTORA [mm]
  - $b_1$  = LARGURA DA POLIA MOTORA [mm]
  - $d_2$  = DIÂMETRO DA POLIA MOVIDA [mm]
  - $b_2$  = LARGURA DA POLIA MOVIDA [mm]
  - $e$  = ENTRE-CENTRO DAS POLIA [mm]
  - $b_o$  = LARGURA DA CORREIA [mm]
  - $b$  = LARGURA DA POLIA [mm]
  - $L$  = COMPRIMENTO DA CORREIA [mm]

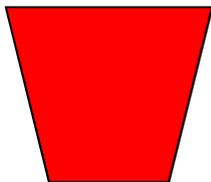


## APLICAÇÃO DE TRANSMISSÃO POR CORREIA PLANA

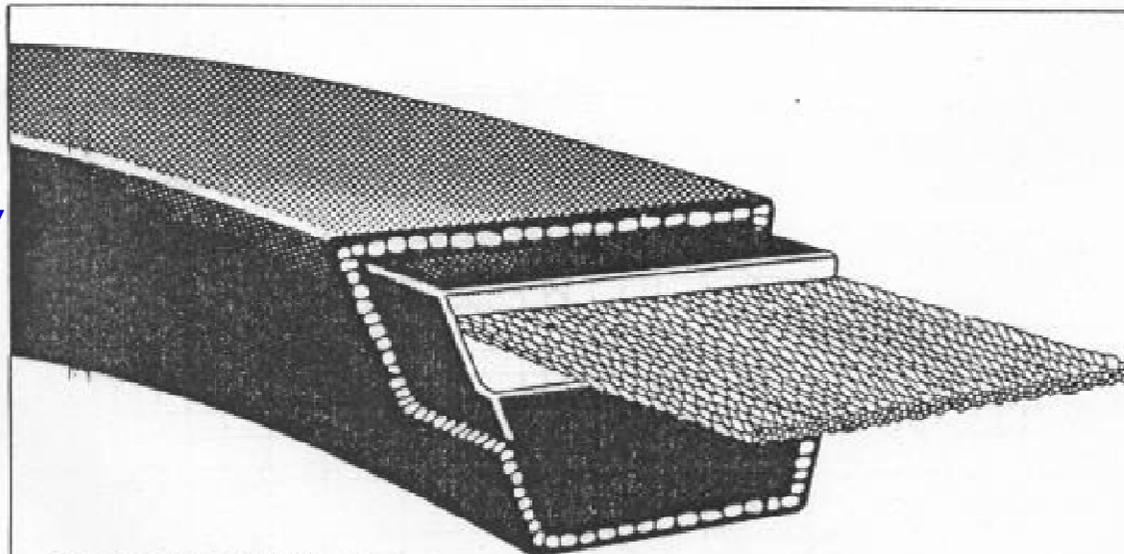


# Correias em "V" ou Trapezoidais

Perfil

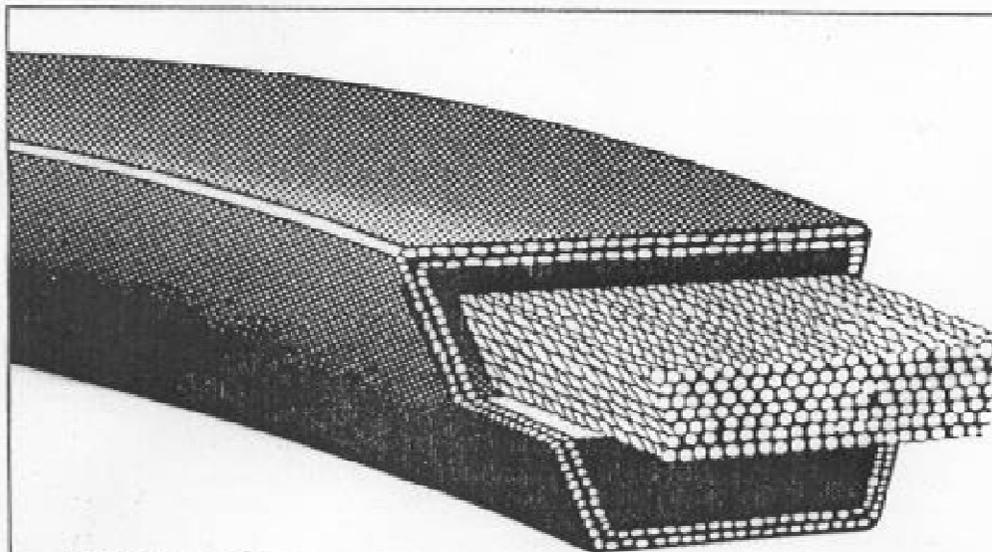


*CORREIAS COM CAMADA SIMPLES DE CORDONÉIS 3-T*

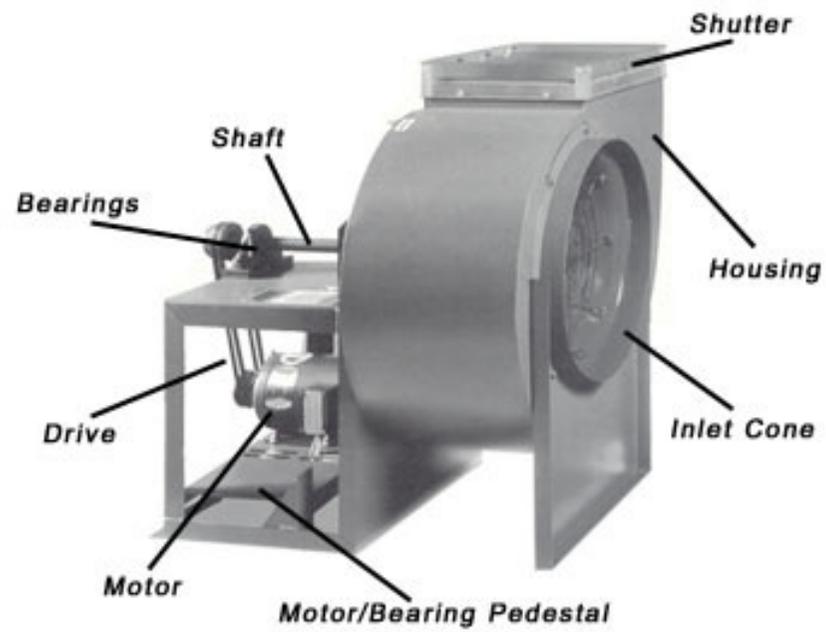


COMPRIMENTOS ATÉ 120" (3.100 mm)  
PARA PEQUENAS DISTÂNCIAS ENTRE CENTROS E ALTA VELOCIDADE.

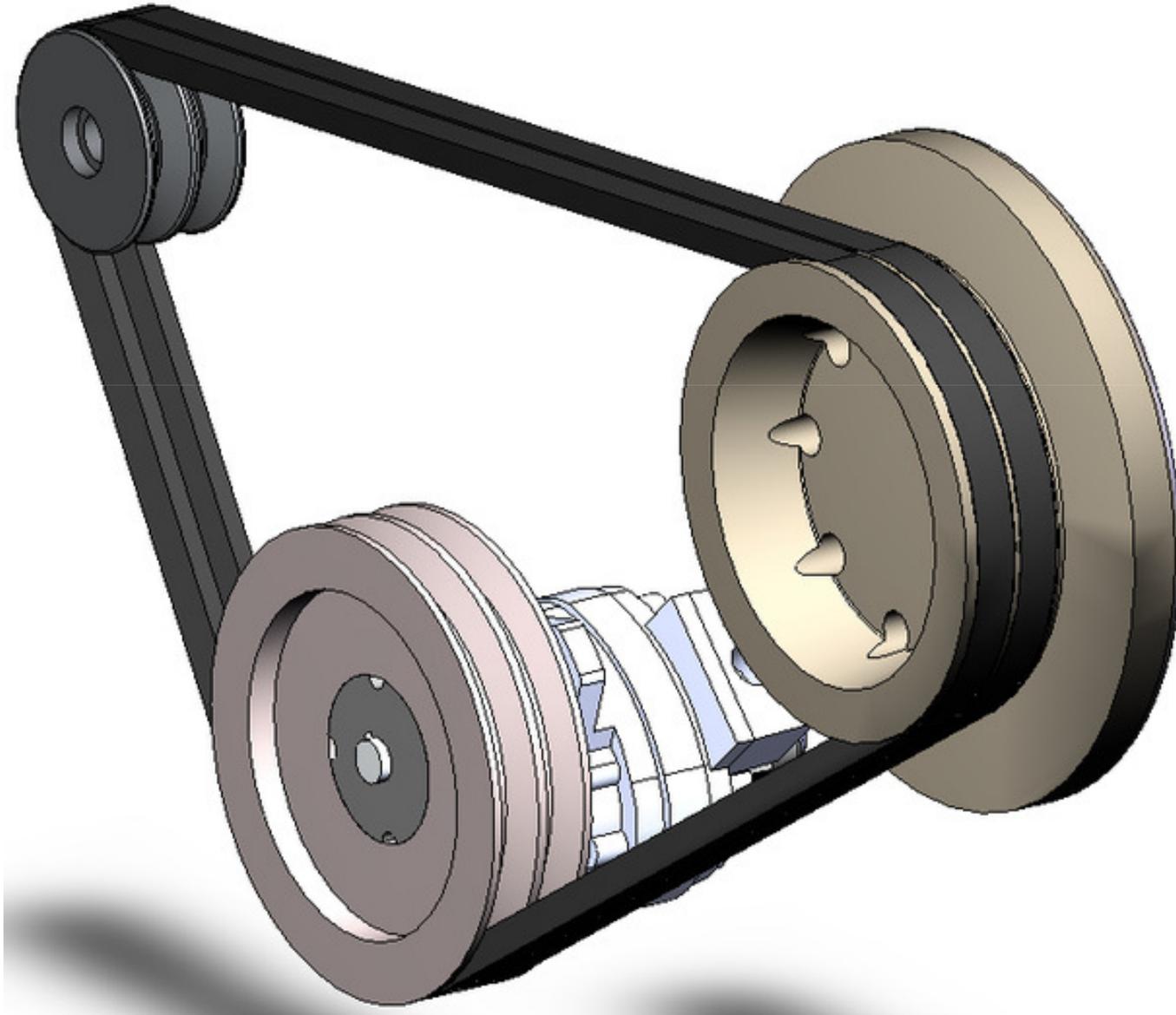
*CORREIAS COM MÚLTIPLAS CAMADAS DE CORDONÉIS 3-T*



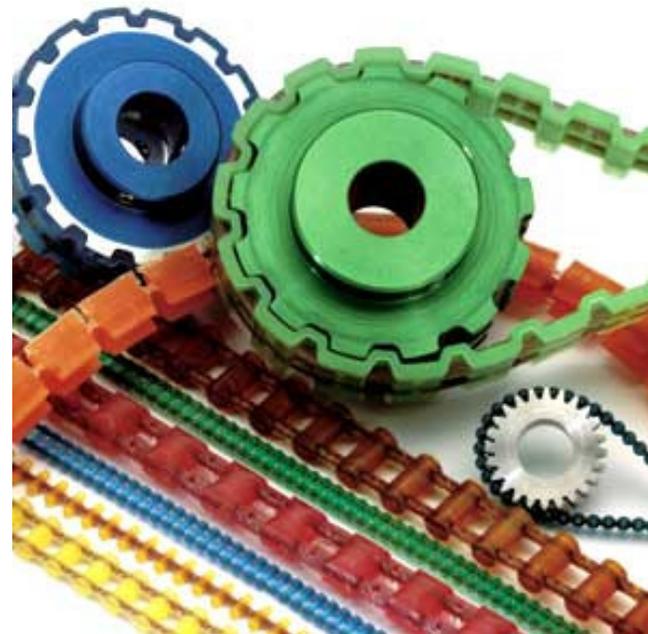
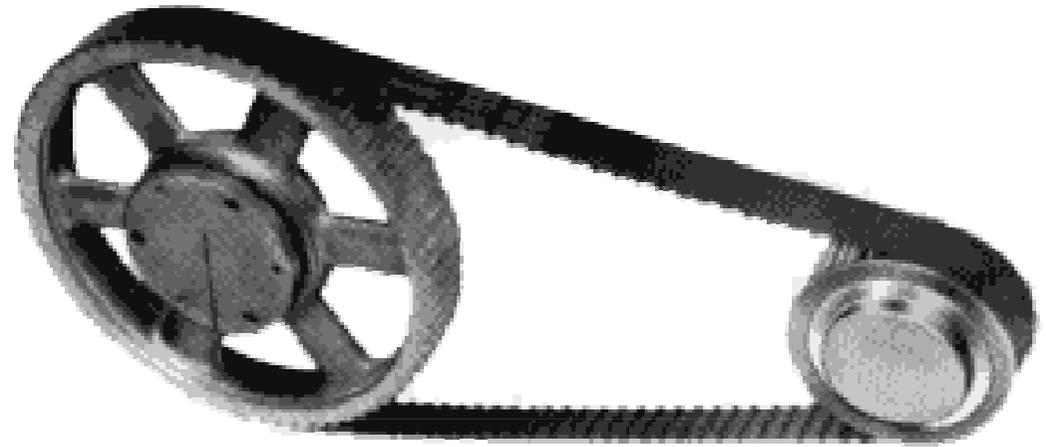
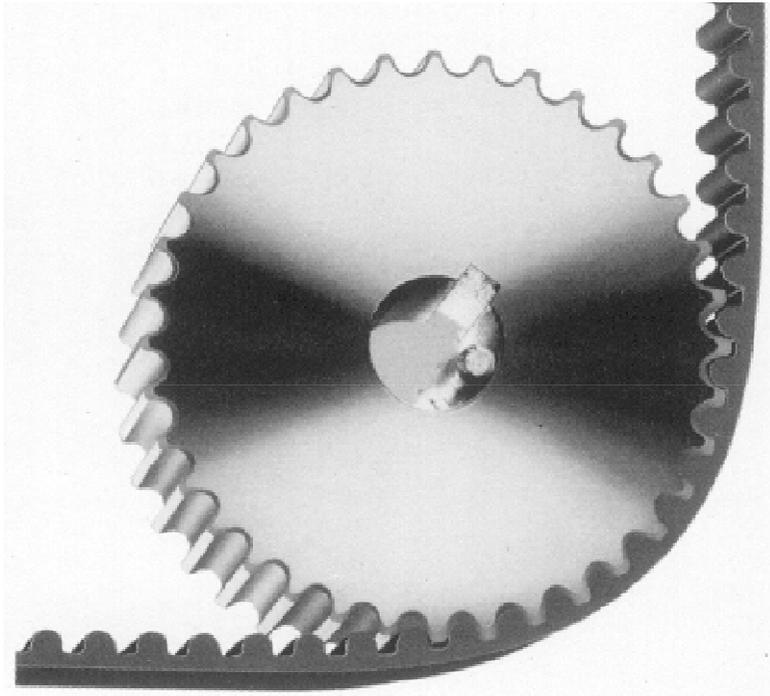
COMPRIMENTOS ACIMA DE 120" (> 3.100 mm)  
PARA LONGAS DISTÂNCIAS ENTRE CENTROS, TRANSMISSÕES PESADAS COM AS MAIS ALTAS CARGAS DE CHOQUE E DIVERSAS SOLICITAÇÕES DE ESFORÇOS ENCONTRADAS.



# TRANSMISSÃO por Correias em "V" ou Trapezoidais



# Correias Sincronizadoras ( Dentadas)



Perfil

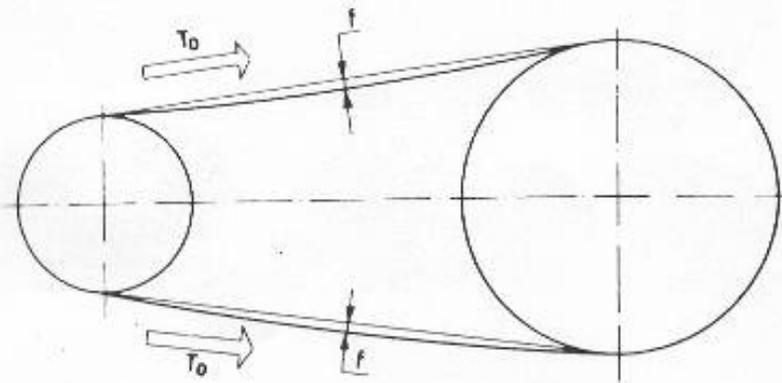


## 2.2.2 Princípio de Operação das Correias em “V” e Planas

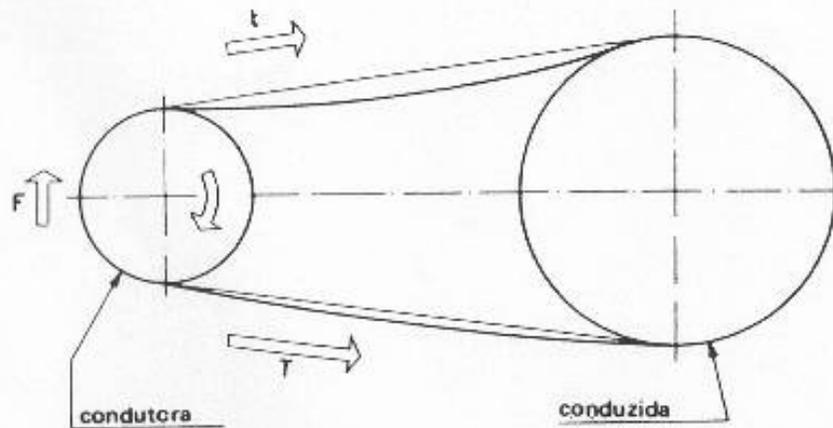
- A transmissão de esforços entre a correia e a polia é baseada na **força de atrito existente entre a correia e a polia**.
- A magnitude desta força de atrito é dependente do valor do **coeficiente de atrito estático entre a polia e a correia** e da **pressão** entre a polia e a correia.
- A magnitude desta pressão é dependente da magnitude da **força de pré-tensão** aplicada na correia.

## 2.2.2 Princípio de Operação das Correias em “V” e Planas

- Em função do movimento de rotação da polia motora, há um acréscimo de força em um dos tramos da correia e um decréscimo de força no outro tramo.
- A relação entre as forças atuantes nestes tramos é calculada com o emprego da equação de Euler, a qual é dependente do coeficiente de atrito estático e do ângulo de abraçamento da correia na polia menor.



Em condições de repouso a correia está sujeita a uma tensão inicial  $T_0$  tal a assegurar a aderência necessária entre correias e polias. Na realidade os dois ramos da correia que vão de uma polia a outra não são retilíneos mas se desviam da reta de uma flecha  $f$  devido ao peso próprio de cada ramo



Durante a transmissão do movimento entre os dois eixos a tensão  $T$  do ramo condutor se torna

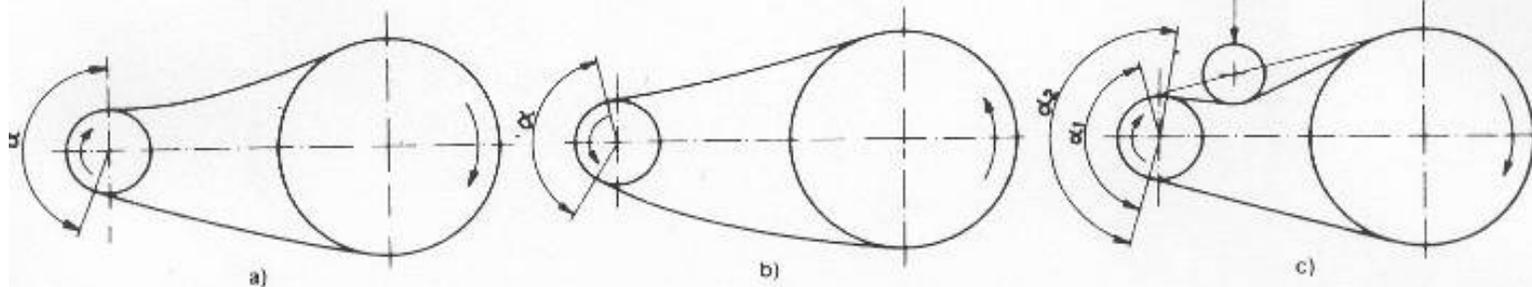
$$T > T_0$$

E a tensão no ramo conduzido

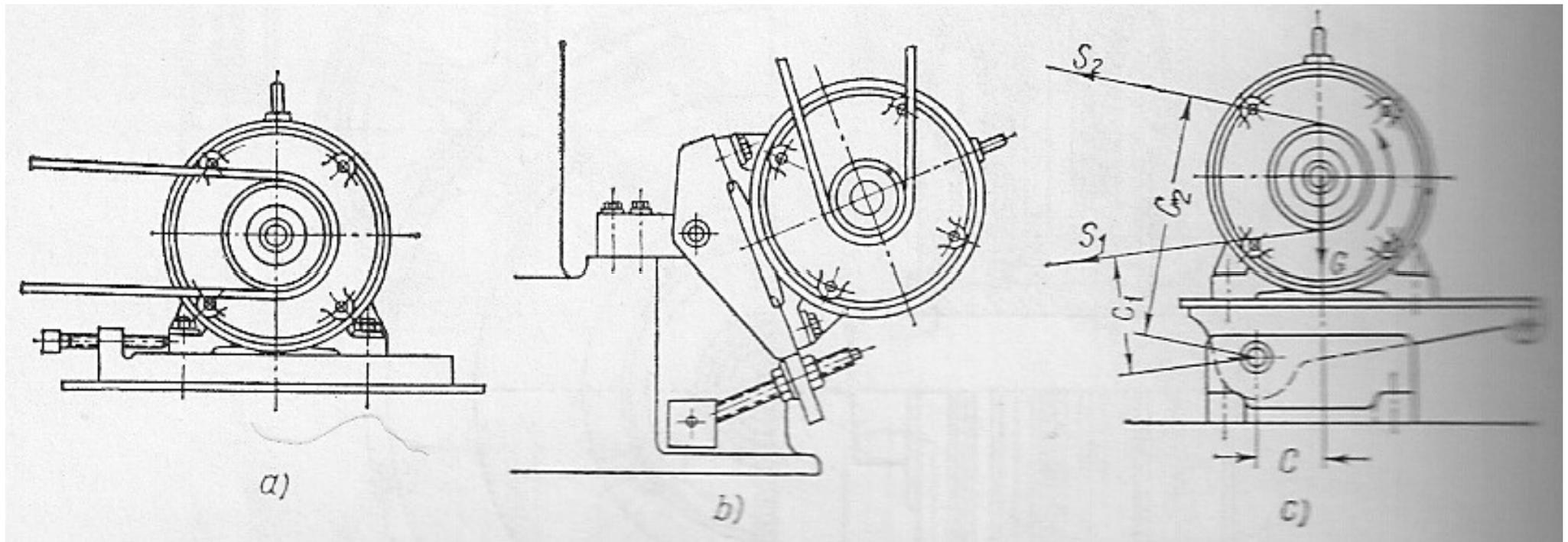
$$t < T_0$$

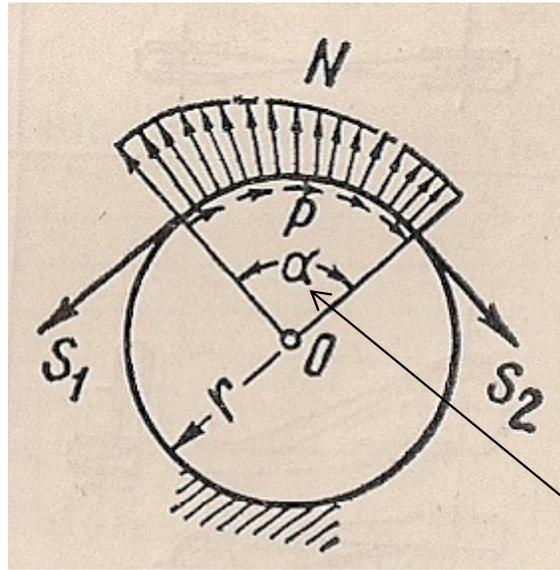
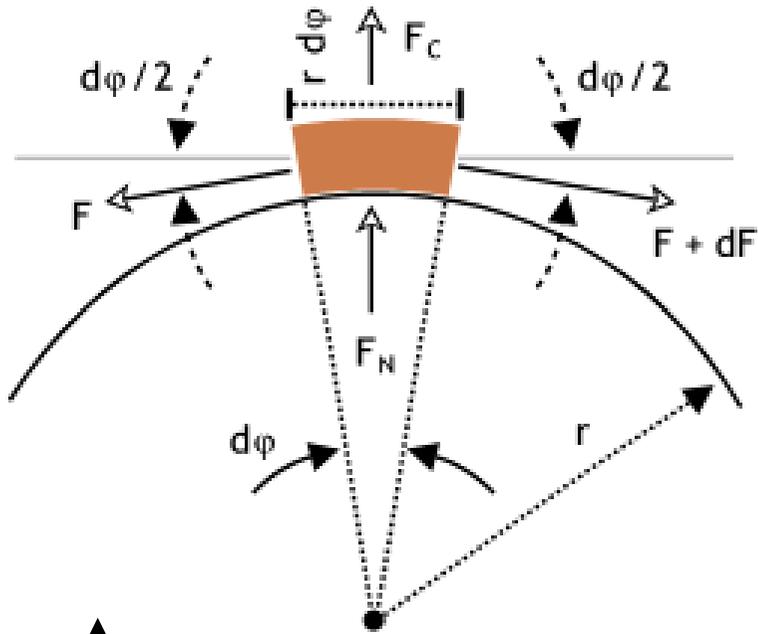
A força tangencial útil resulta:

$$F = T - t$$



# Tensionamento de Correias Acionadas por Motor Eléctrico



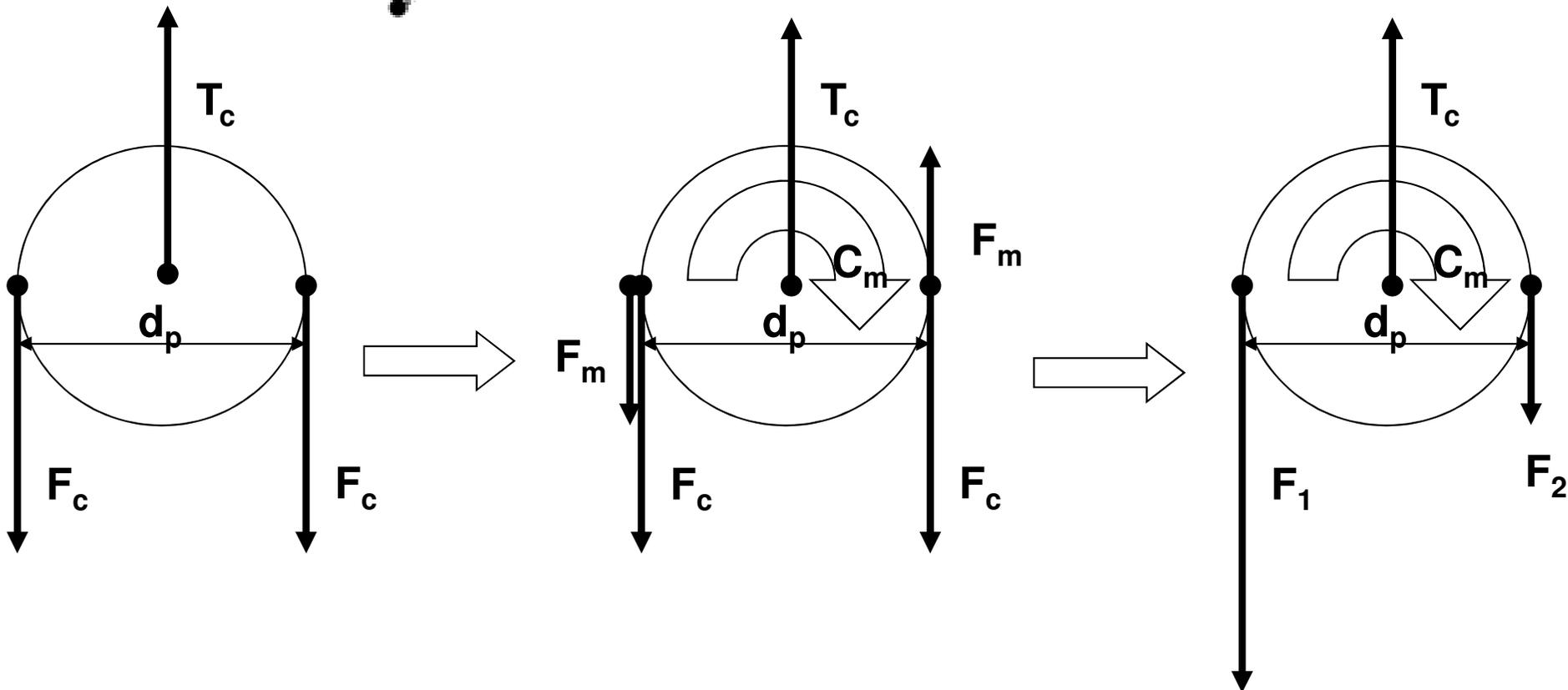


# Equação de Euler

$$S_1/S_2 = e^{\mu\alpha}$$

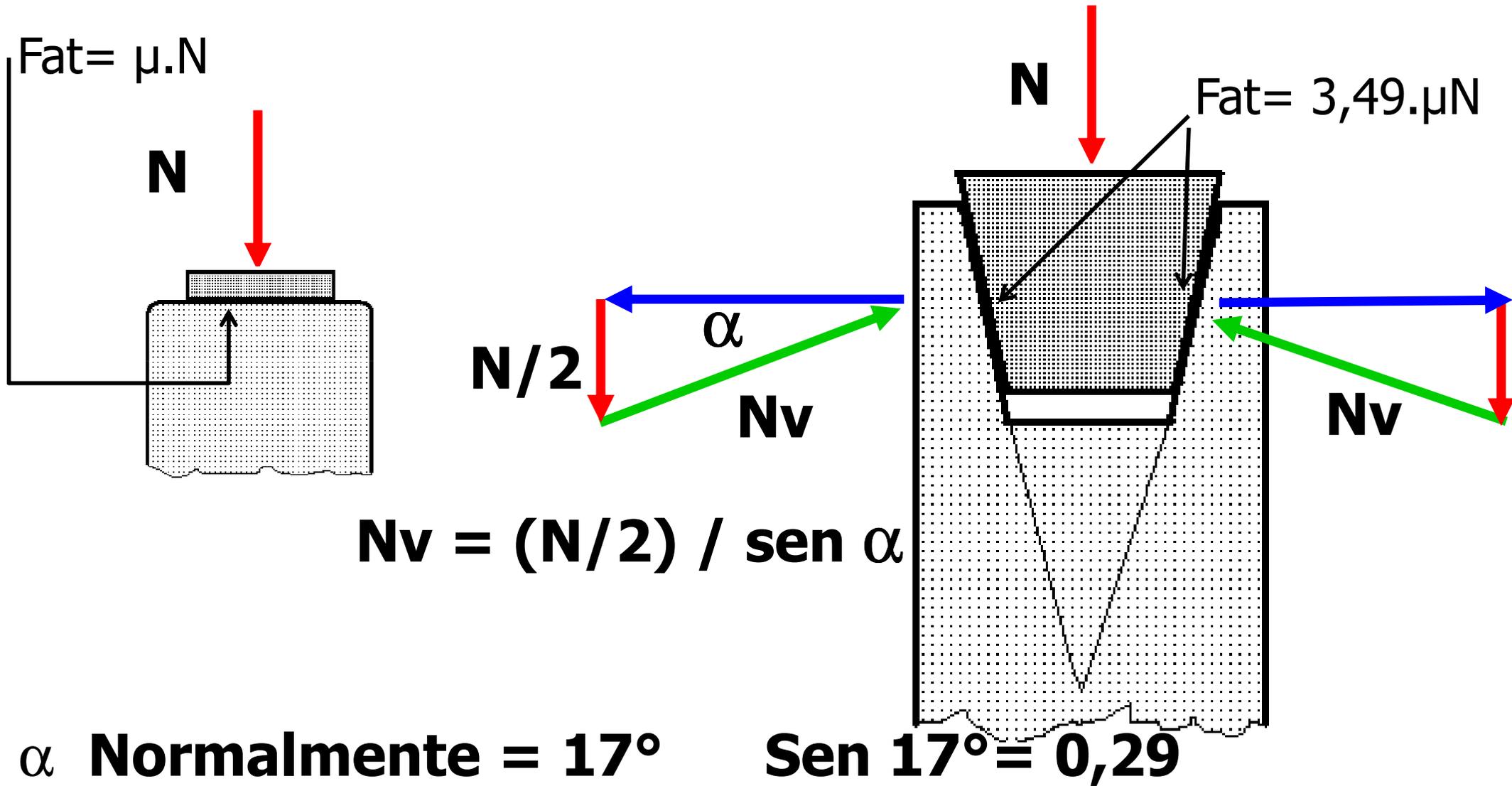
$\mu$  = coeficiente de atrito  
 $\alpha$  = ângulo de abraçamento

Fio flexível e inextensível



# Força Normal x Capacidade de Tração

## Correia Plana e Correia em V



$$Nv = (N/2) / 0,29 = N/0,58$$

$$2 Nv = 3,49 N$$

# TRANSMISSÃO POR CORREIAS

- A velocidade tangencial de uma transmissão por correias é limitada pela força centrífuga que atua sobre a correia quando a mesma se apoia sobre as polias. A ação desta força centrífuga tende a afastar a correia da polia, reduzindo a pressão existente entre as mesmas e reduzindo a capacidade de transmissão.

# 2.2.2.1 Tensões nas Correias

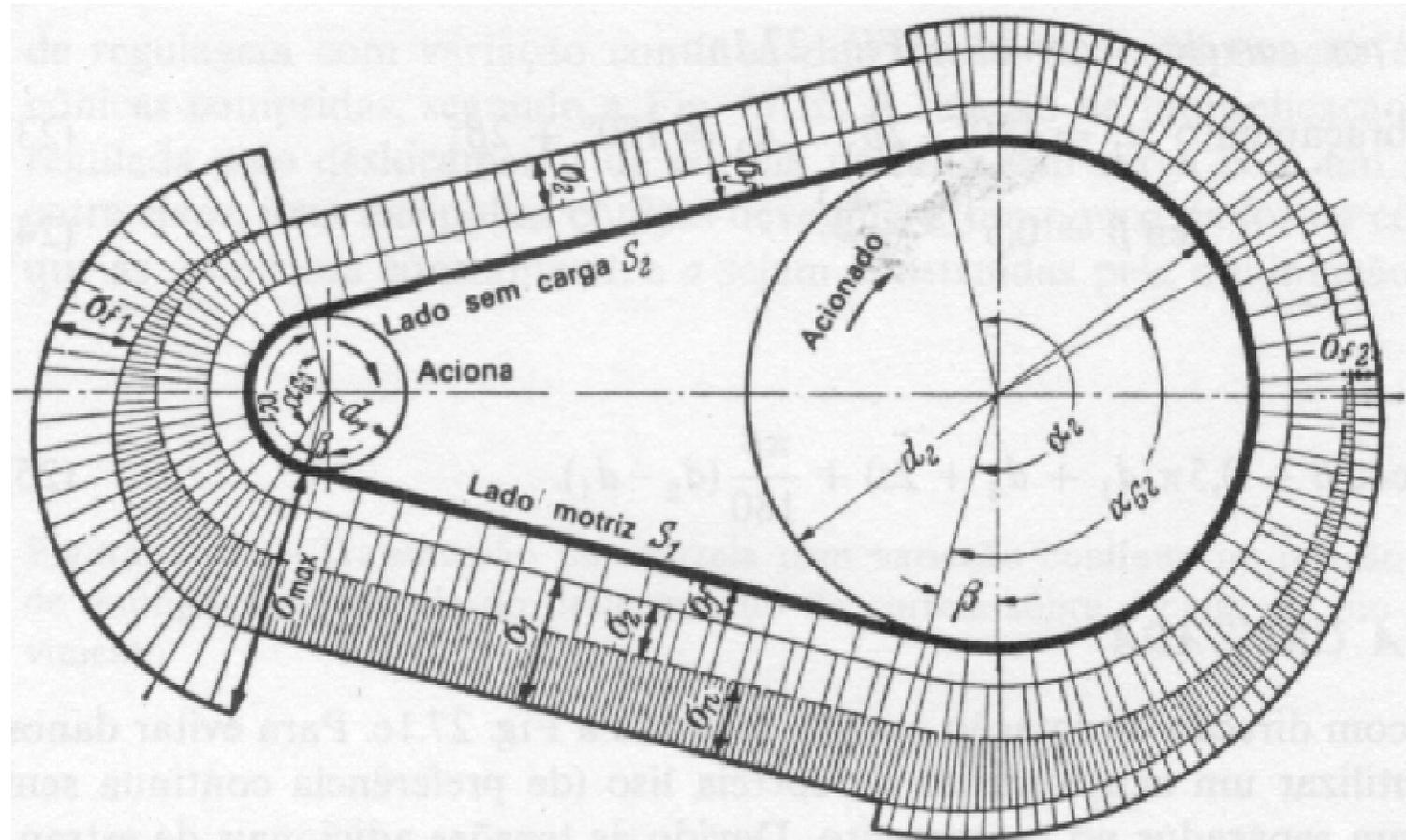
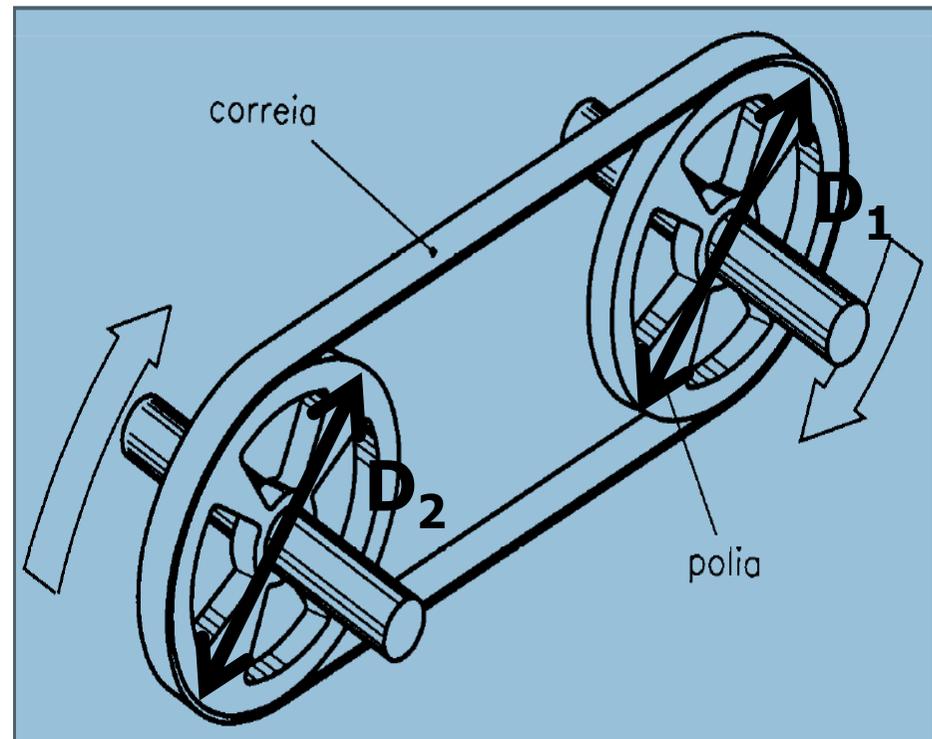


Figura 27.5 – Tensão na correia na transmissão aberta:  
 $\sigma_f$  tensão na força centrífuga;  $\sigma_2$  tensão no lado vazio;  
 $\sigma_1$  tensão no lado em carga =  $\sigma_2 + \sigma_n$ ;  $\sigma_n$  tensão útil =  $\sigma_U$ ;  $\sigma_{f1}$ ,  $\sigma_{f2}$  tensões de flexão nas polias 1 e 2;  
 $\alpha_G$  ângulo de escorregamento (no campo da variação da tensão devido ao alongamento de deslizamento)

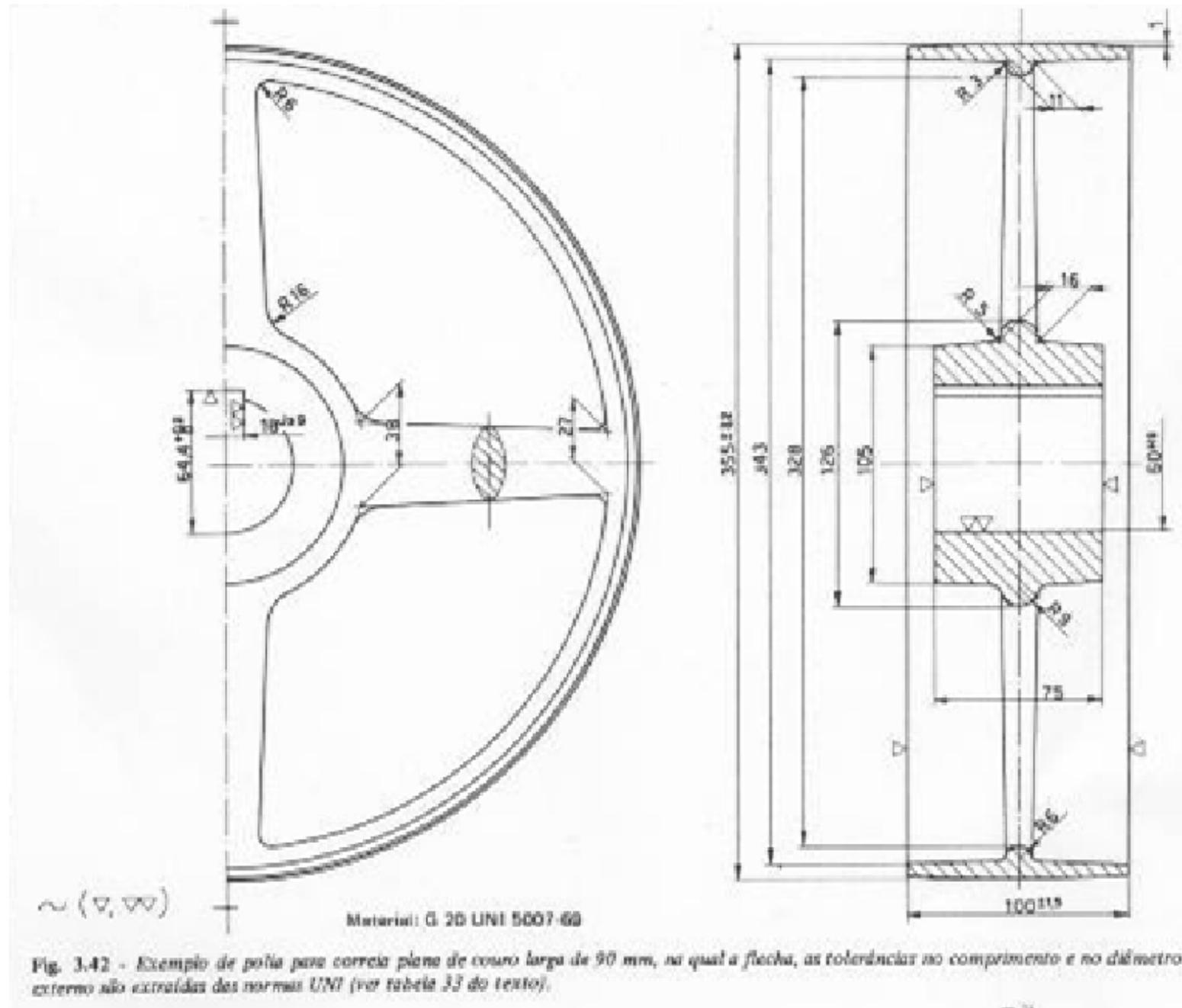
## 2.2.3 Relação de Transmissão

A relação de transmissão ( $i$ ) é igual a relação entre os diâmetros primitivos das polias maior ( $D_2$ ) e menor ( $D_1$ ) ou seja:

$$i = D_2 / D_1$$

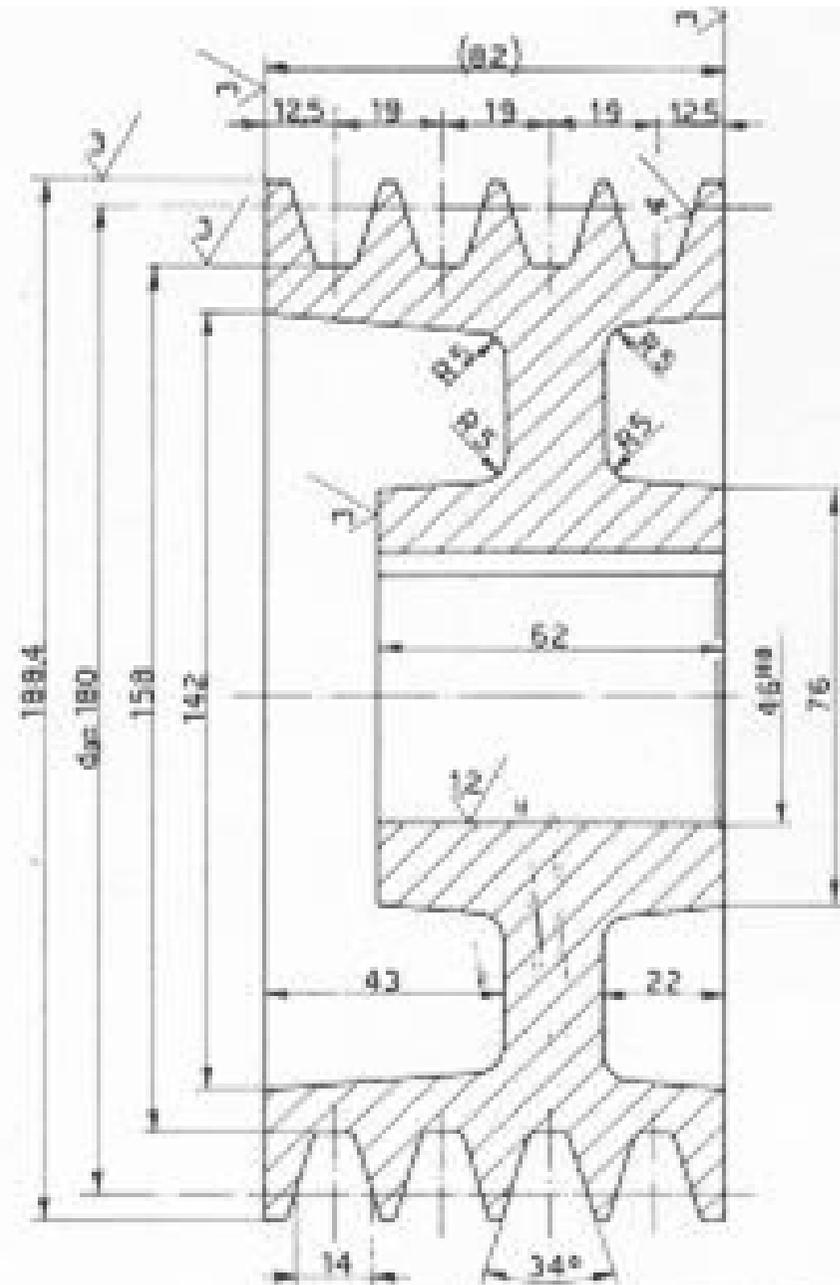
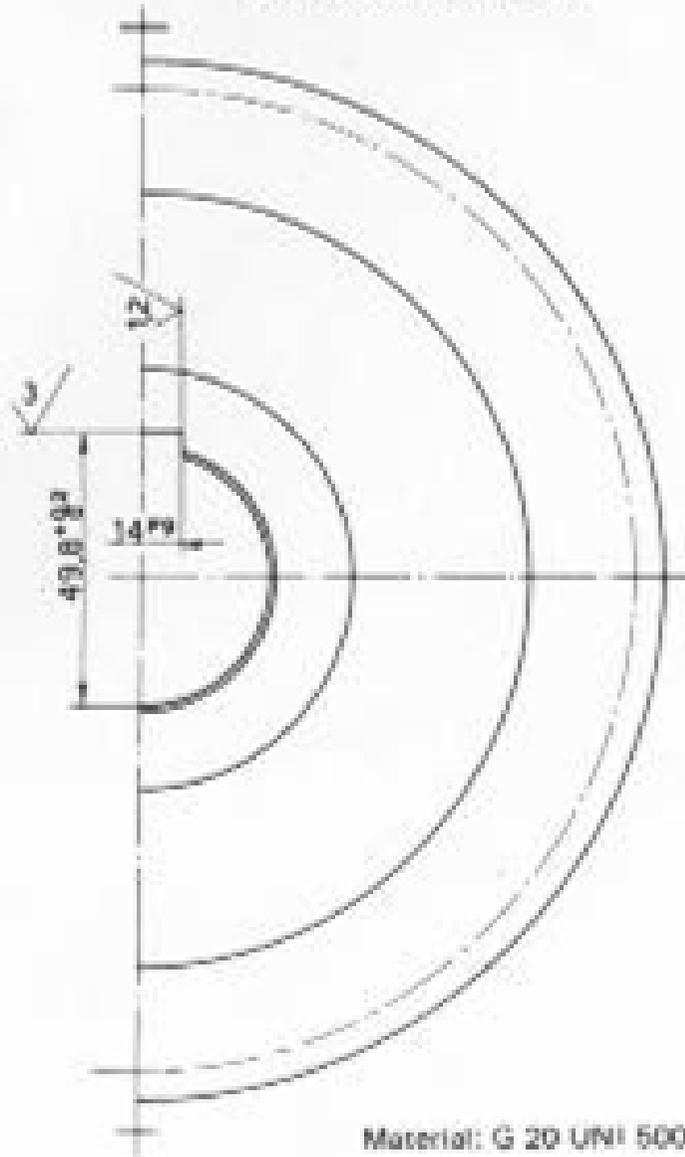


# Polia para Transmissão por Correia Plana

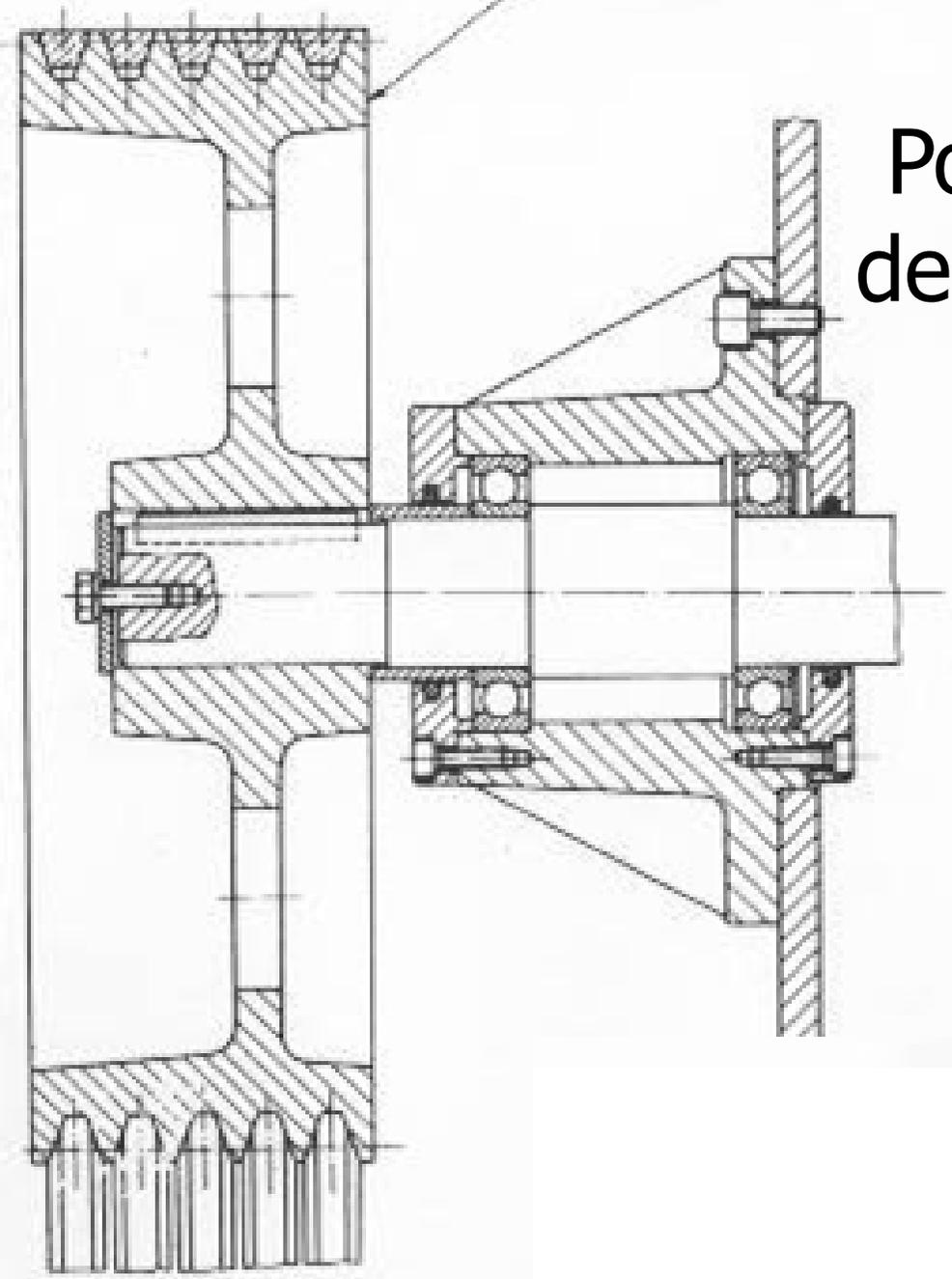


# Polia para Transmissão por Correia em V

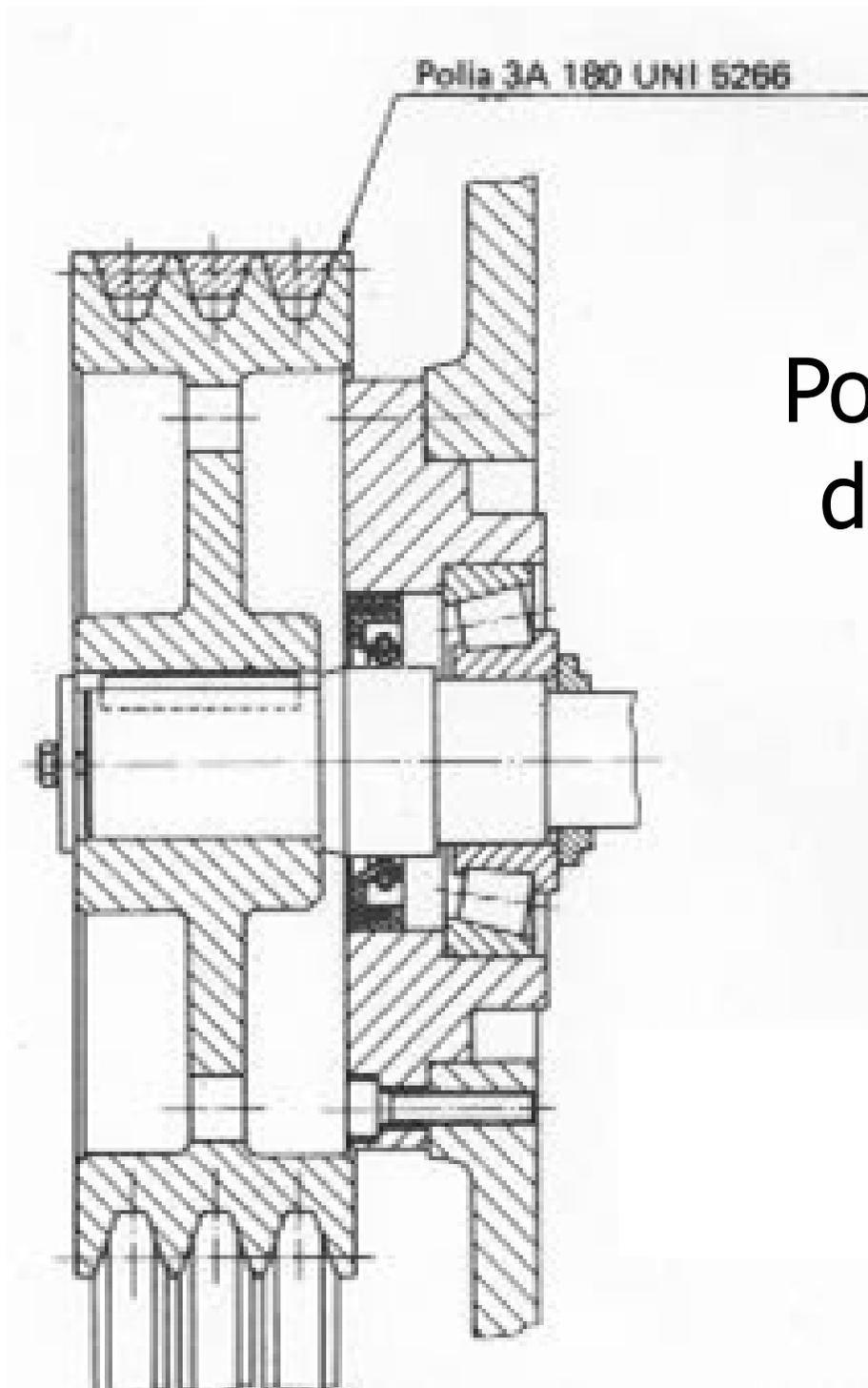
Fig. 3.43 - Exemplo de polia para correias trapezoidais:  
Polia 4 R 180 UNI 5266.



Polia 5C 660 UNI 5288

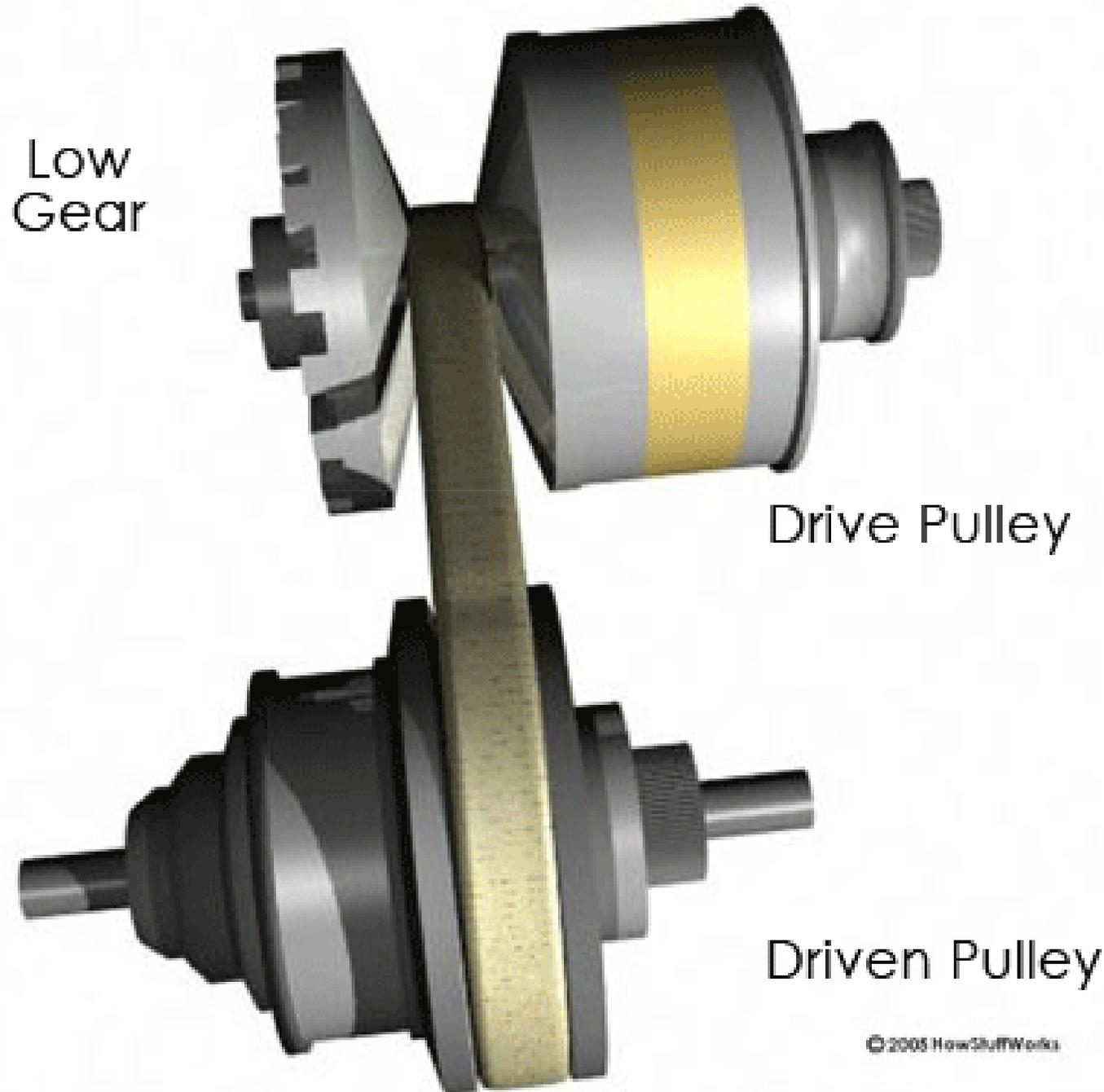


# Polia de Acionamento de Tambor de Elevador



## Polia de Acionamento de Torno Horizontal

# TRANSMISSÃO CONTINUAMENTE VARIÁVEL POR CORREIA "V"



# TRANSMISSÕES POR CORREIAS

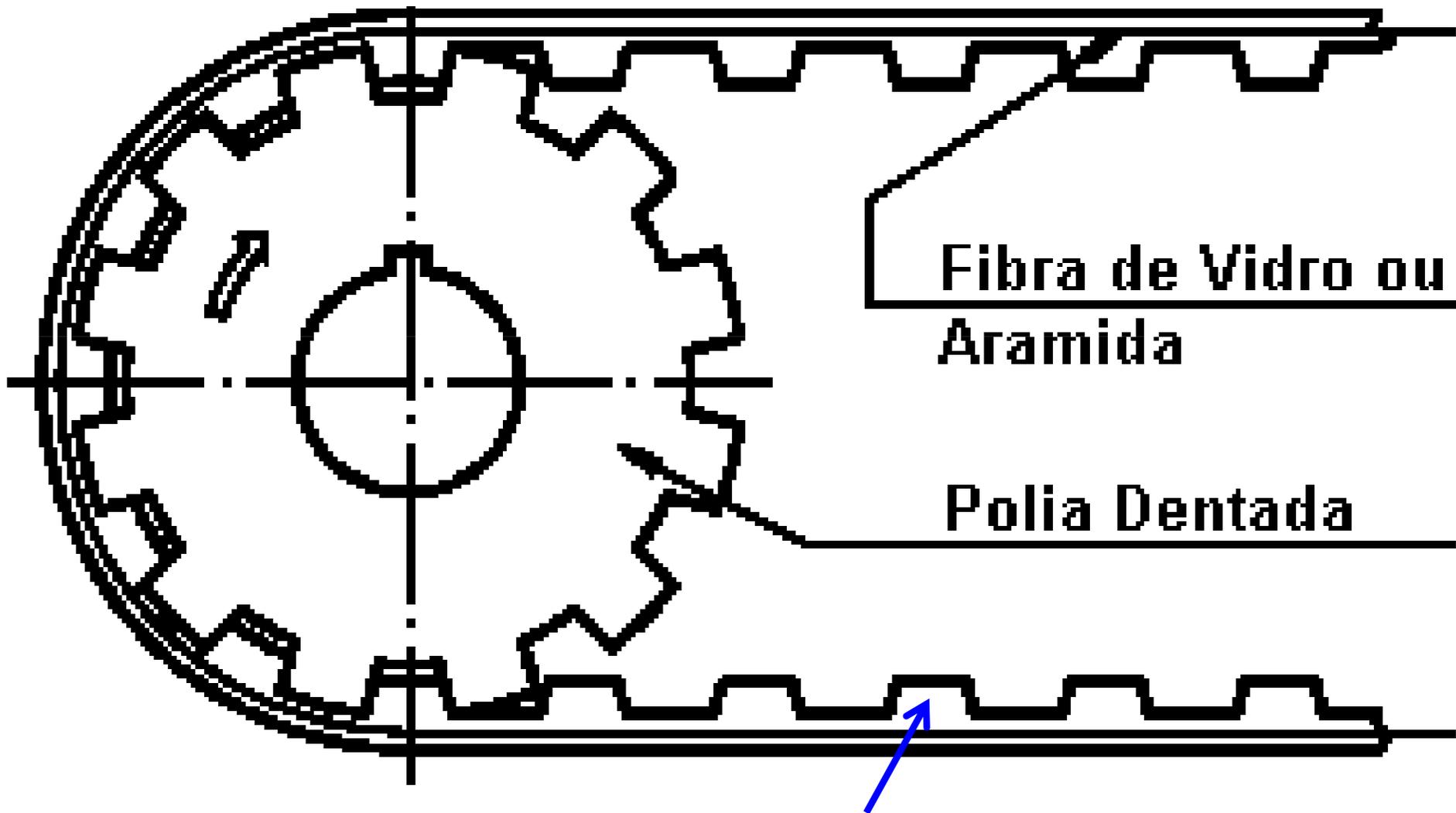
## CARACTERÍSTICAS

- projeto não compacto
- projeto simples (elementos padronizados, correias - polias)
- montagem entre eixos paralelos e até com 4 correias em paralelo (para correias trapezoidais)
- escorregamento (1-3%)
- distância entre centros não precisa e pode variar com o uso
- potência de transmissão até 1500 HP
- velocidade tangencial de operação até 26 m/s
- rendimento elevado (95-98%)
- a correia, sendo um elemento flexível, absorve vibrações e choques
- funcionamento silencioso
- vida reduzida das correias

## 2.2.4 Comparação entre Correias Planas e Correias em "V"

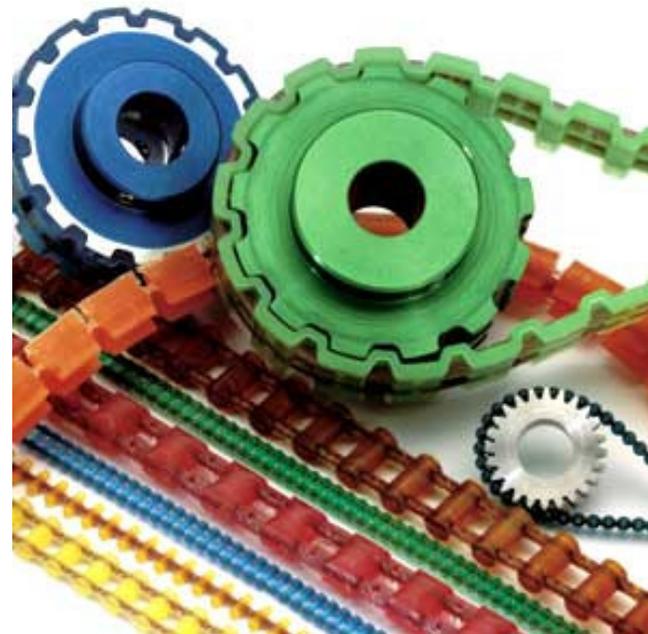
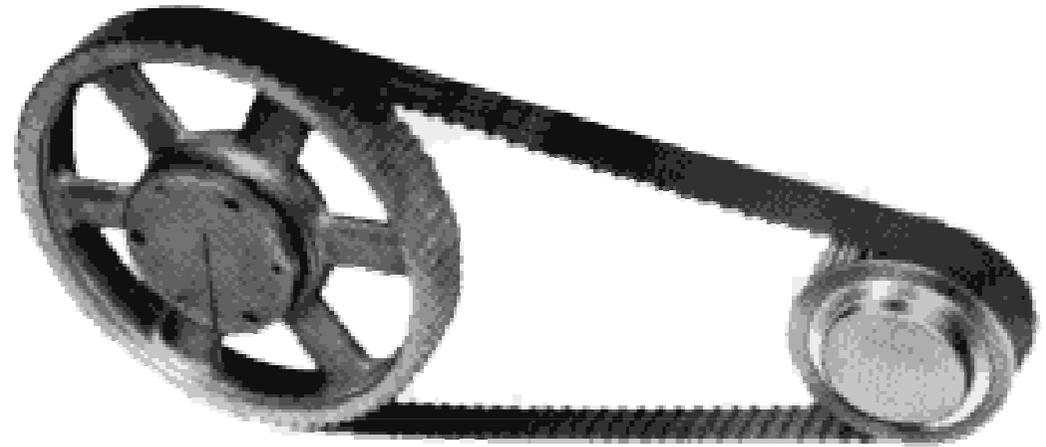
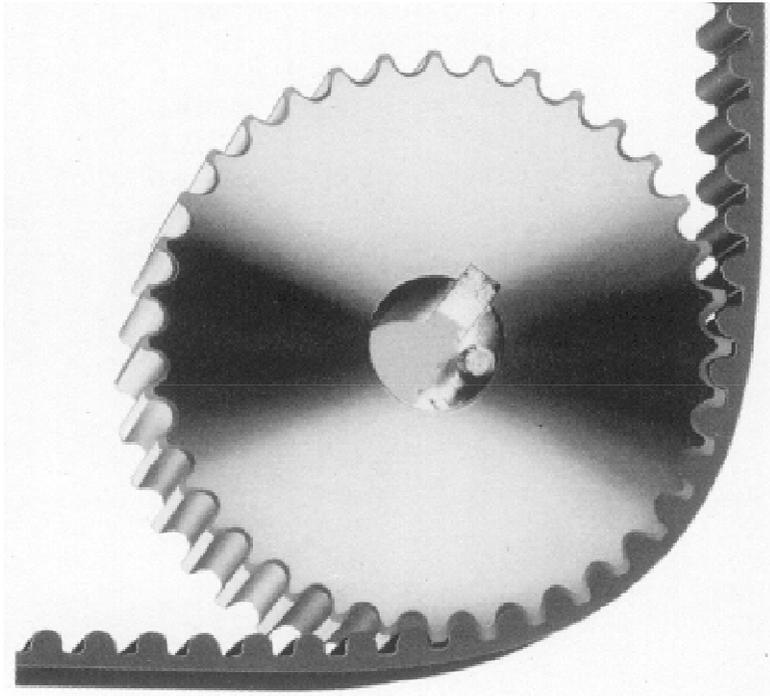
<i>Característica</i>	<i>Correia Plana</i>	<i>Correia "V"</i>
Velocidade	maior	menor
Carga nos Mancais	maior	menor
Relação de transmissão	menor	maior
Capacidade de Operação com mais Correias na Polia	não	sim
Sincronização	não	não

## 2.2.5 Correias Sincronizadoras

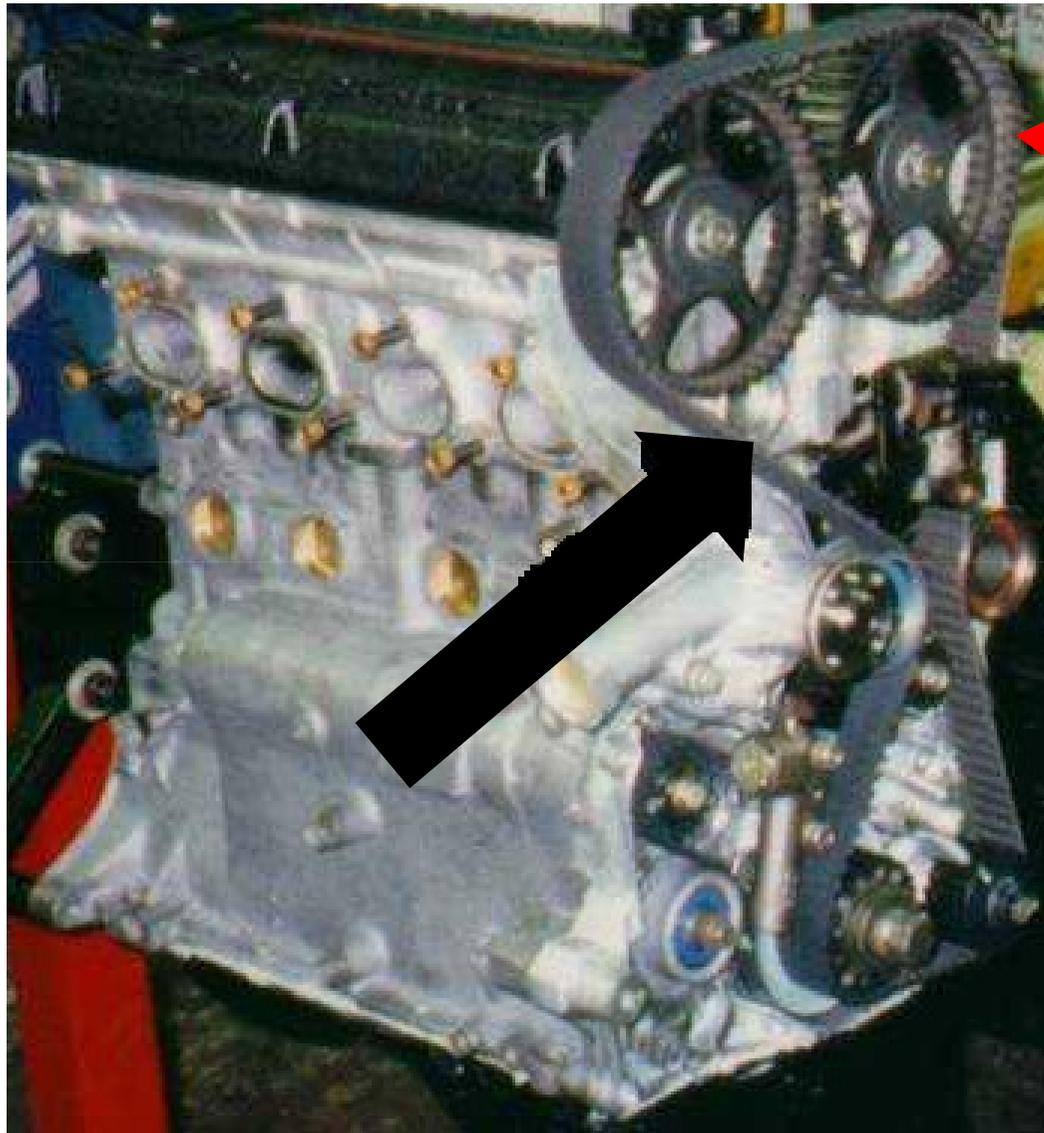


CORREIA SINCRONIZADORA

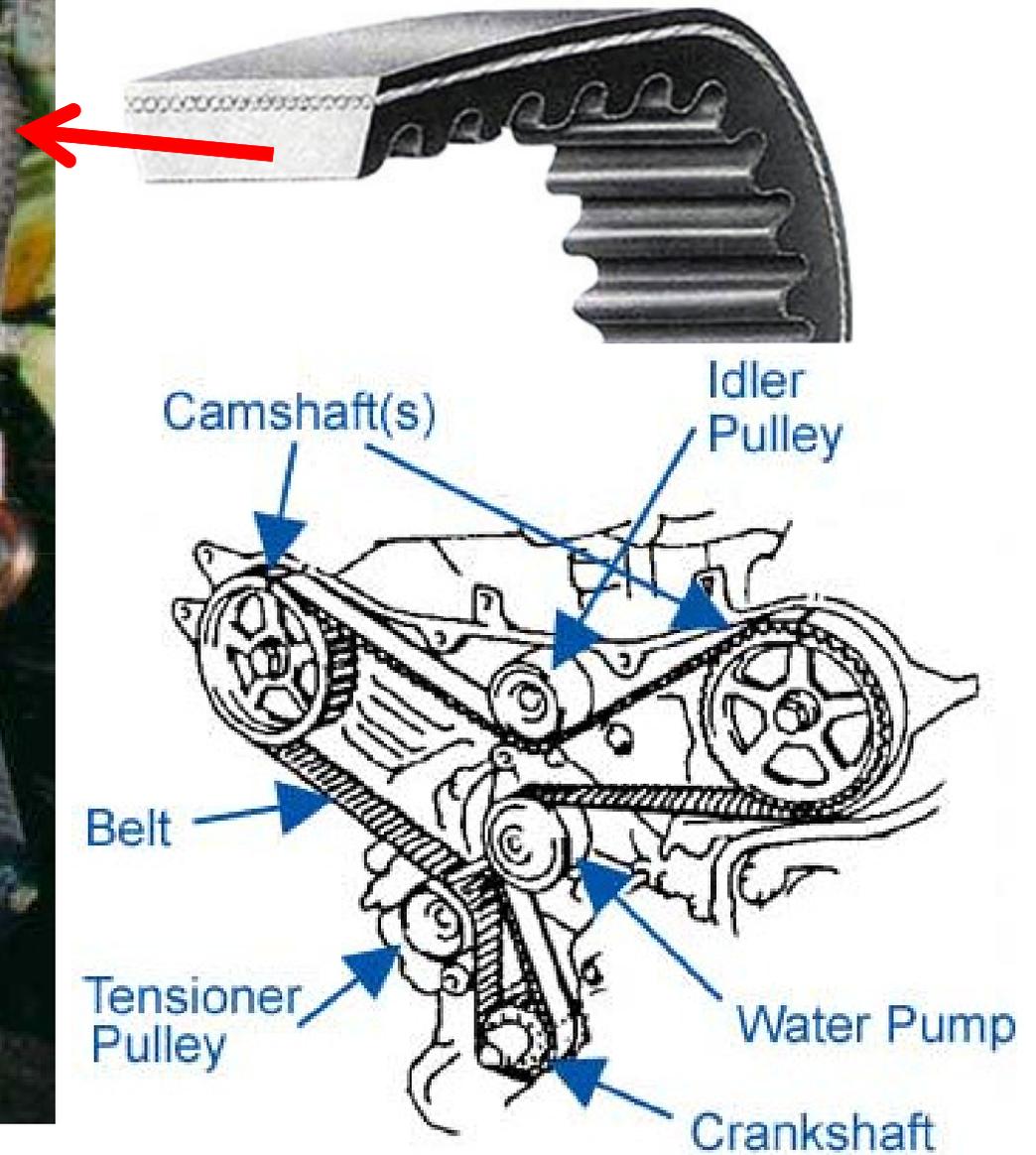
# Correias Sincronizadoras (Dentadas)



# CORREIAS SINCRONIZADORAS EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA



MOTOR DE 4 CILINDROS



MOTOR DE 6 CILINDROS <sub>40</sub>

# APLICAÇÕES DE CORREIAS DENTADAS



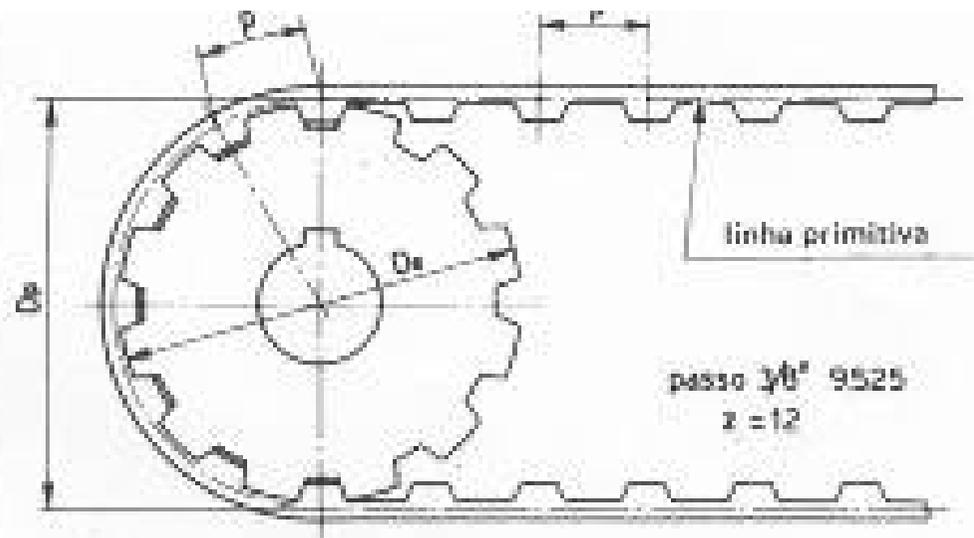


Fig. 3.48 - Exemplo de transmissão mediante correia dentada: a linha primitiva coincide com o eixo do inserto.

## DIMENSÕES DOS DENTES DA CORREIA SINCRONIZADORA

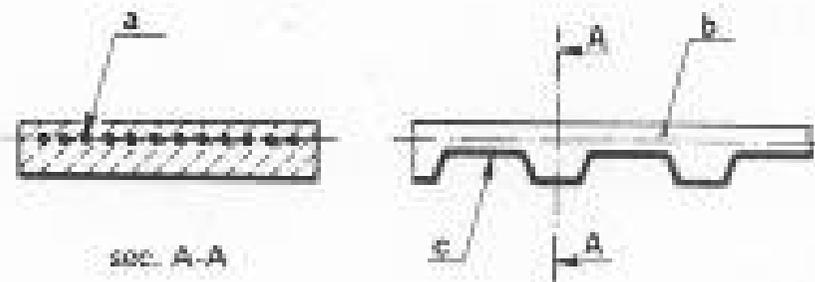


Fig. 3.49 - Vista e secção de uma correia dentada: a) inserto resistente constituído por fios de material de alta resistência; b) corpo da correia em borracha sintética; c) revestimento em nylon dos dentes e da parte interna da correia.

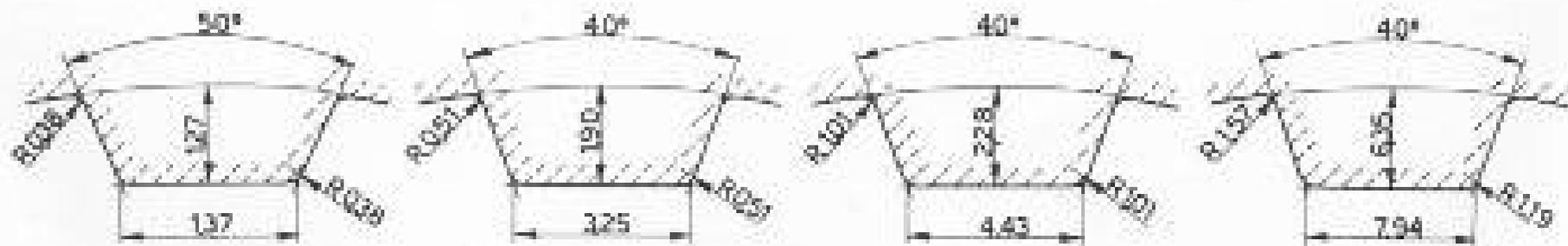


Fig. 3.50 - Dimensões dos quatro tipos de dente das correias POWER GRIP.

# DIMENSÕES DE POLIAS FLANGEADAS PARA CORREIAS SINCRONIZADORAS

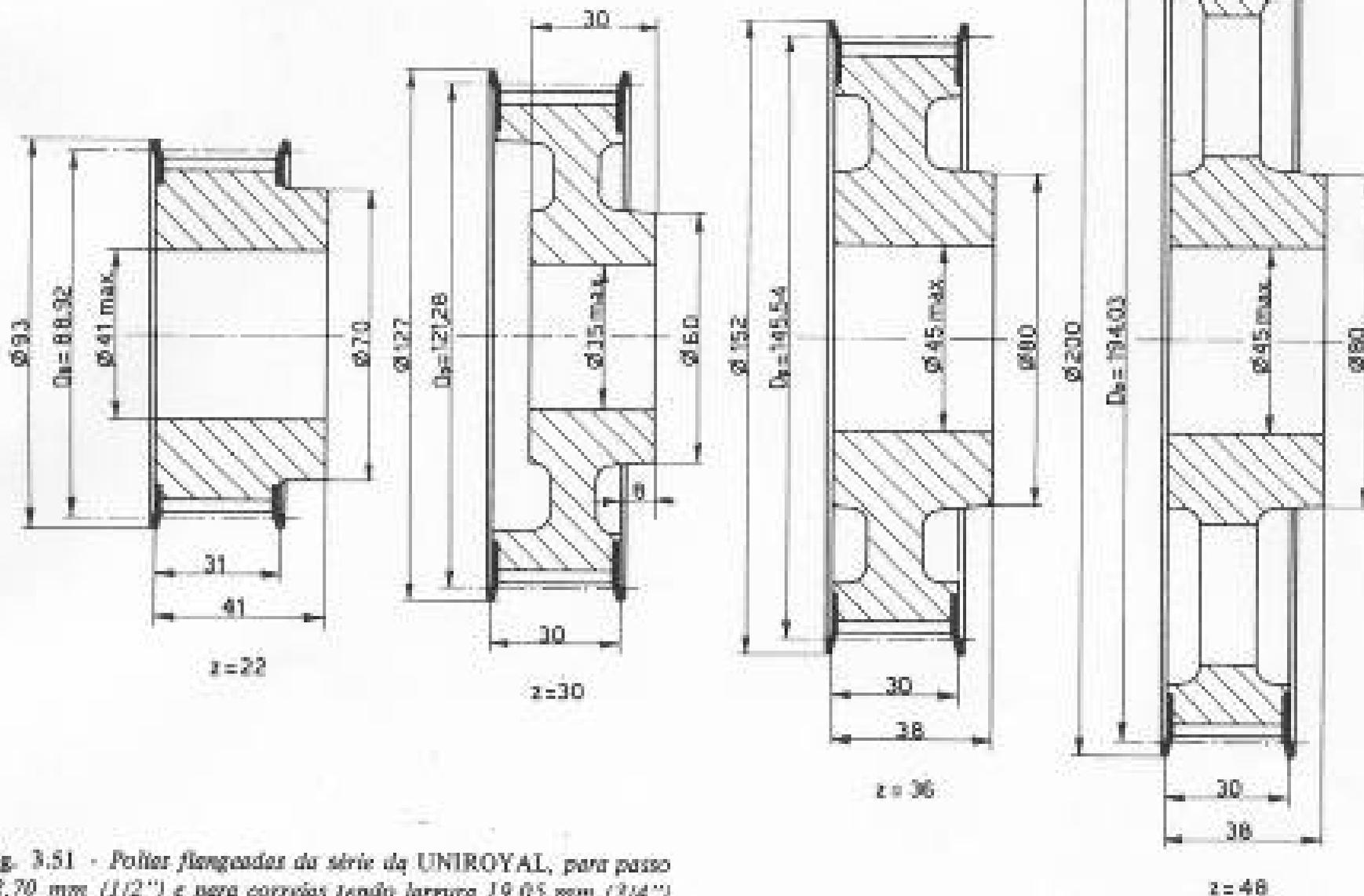


Fig. 3.51 - Polias flangeadas da série da UNIROYAL, para passo 12,70 mm (1/2") e para correias tendo largura 19,05 mm (3/4") e 25,40 (1").

# TRANSMISSÕES POR CORREIAS SINCRONIZADORAS

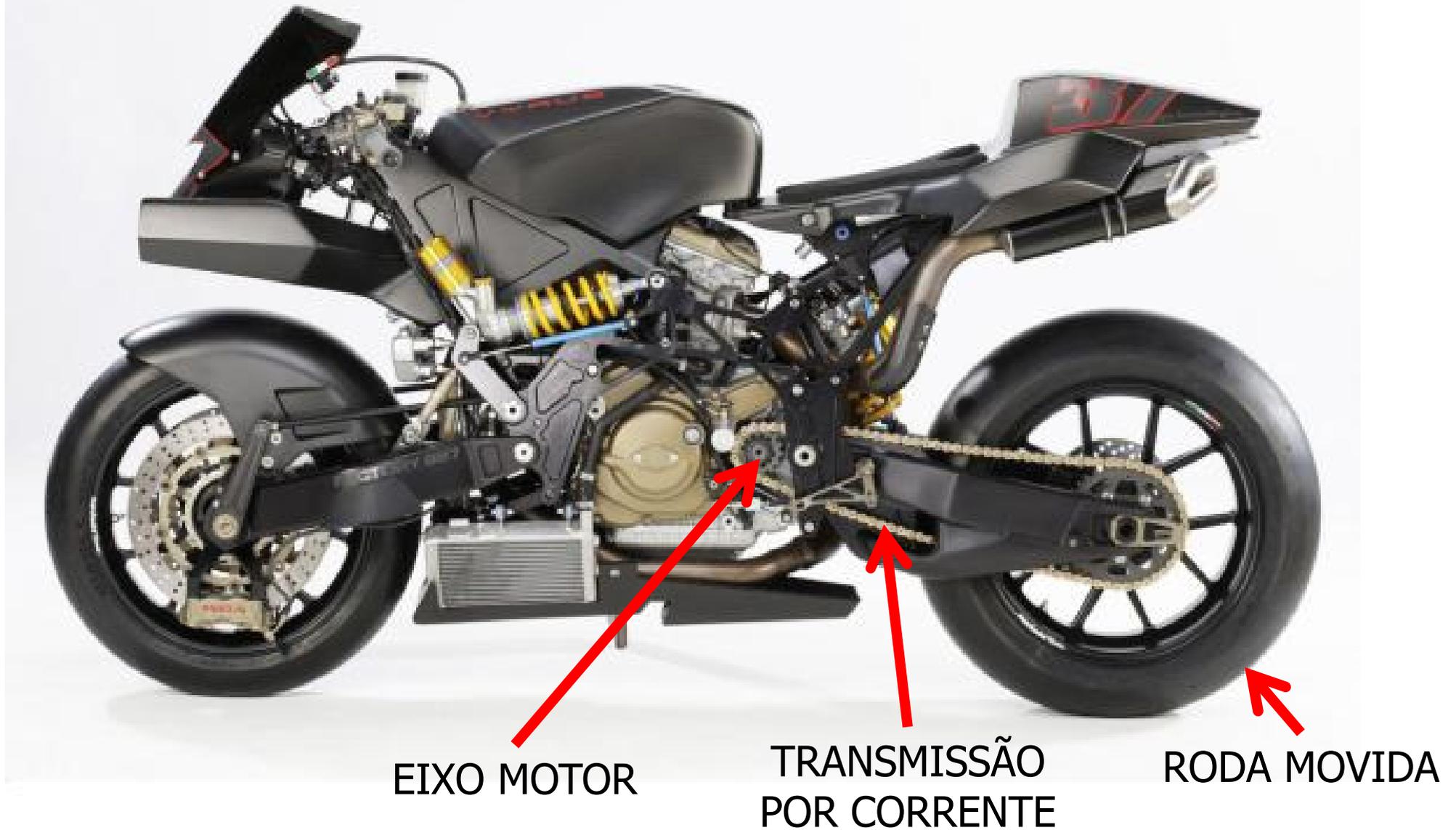
## CARACTERÍSTICAS

- Sincronismo entre eixo motor e movido
- Menor peso
- Menor raio de dobramento
- Maiores velocidades
- Menores conjugados
- Maior custo (correia e polias)

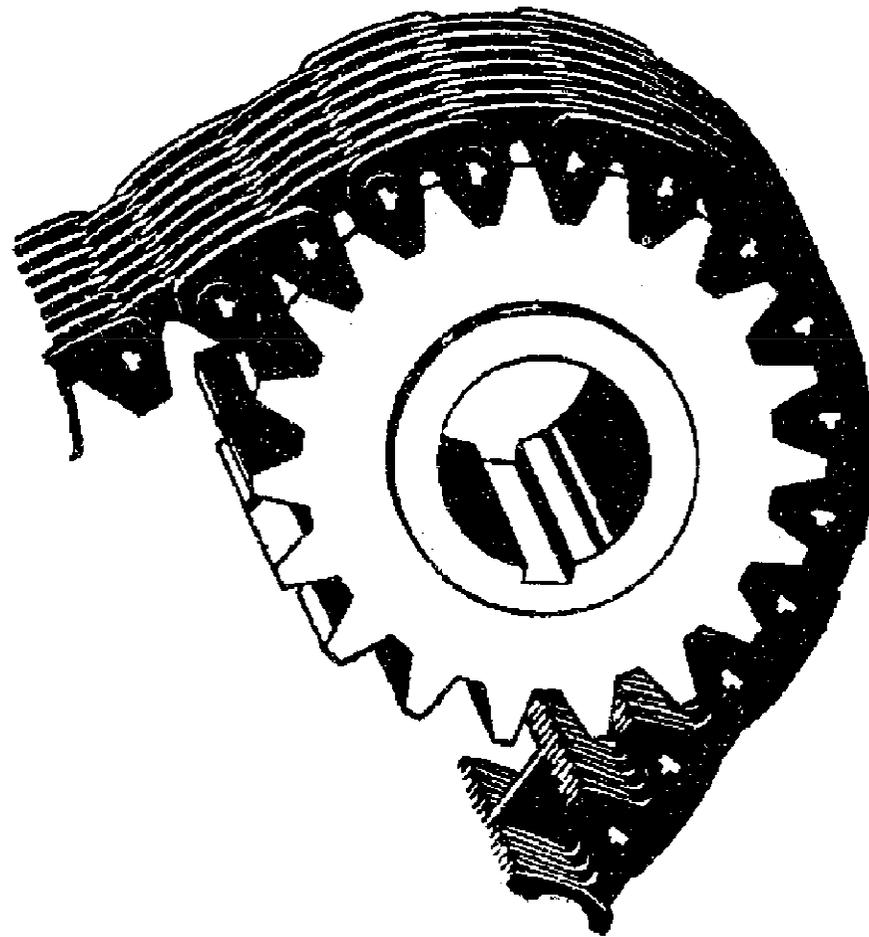
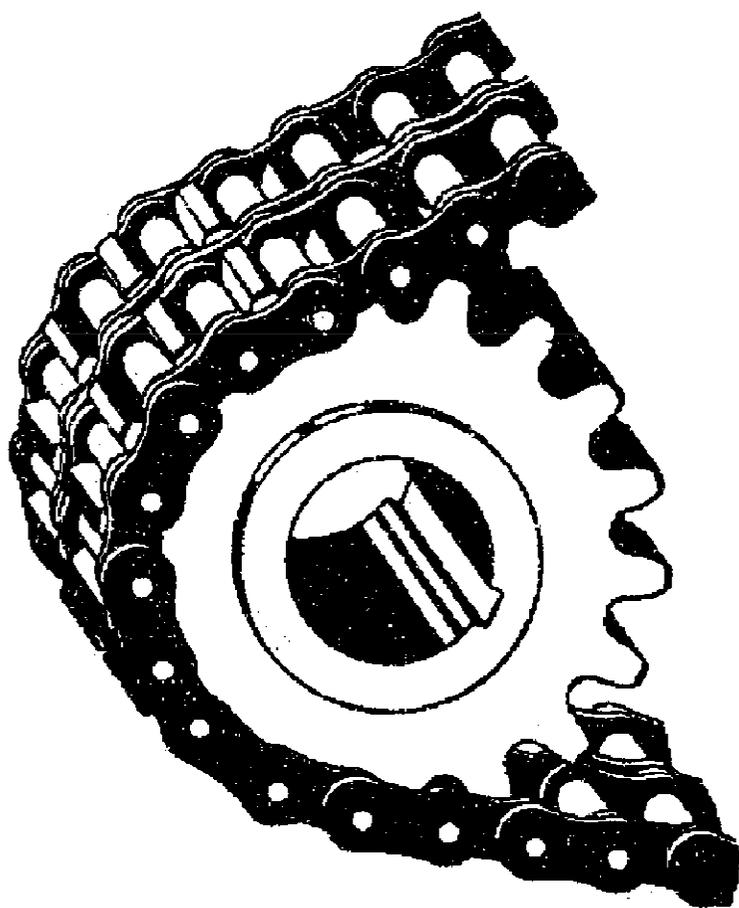
## 2.3 Transmissões por Correntes

A transmissão por **corrente** é alternativa à transmissão por correias quando se deseja transmitir potência entre eixos paralelos distantes entre si. Neste tipo de transmissão emprega-se a corrente, que é um elemento formado por elos padronizados, montados sobre uma roda dentada. Há contacto entre partes da corrente e os dentes da roda dentada, sendo que é através deste contacto que se observa a transmissão de potência.

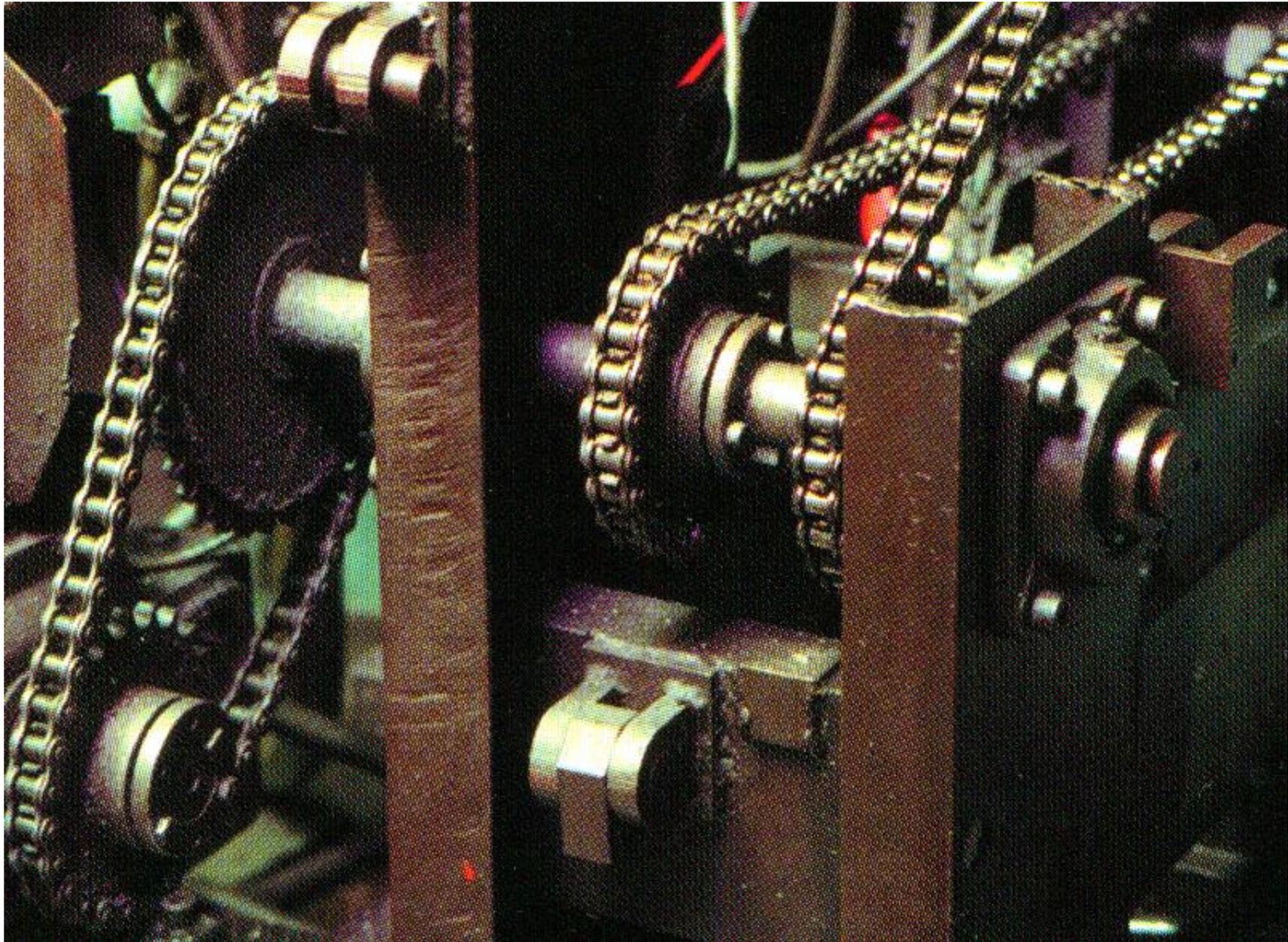
# MOTOCICLETA COM TRANSMISSÃO POR CORRENTE



# CORRENTES E RODAS DENTADAS



# ACIONAMENTOS POR CORRENTES



# TIPOS DE CORRENTES



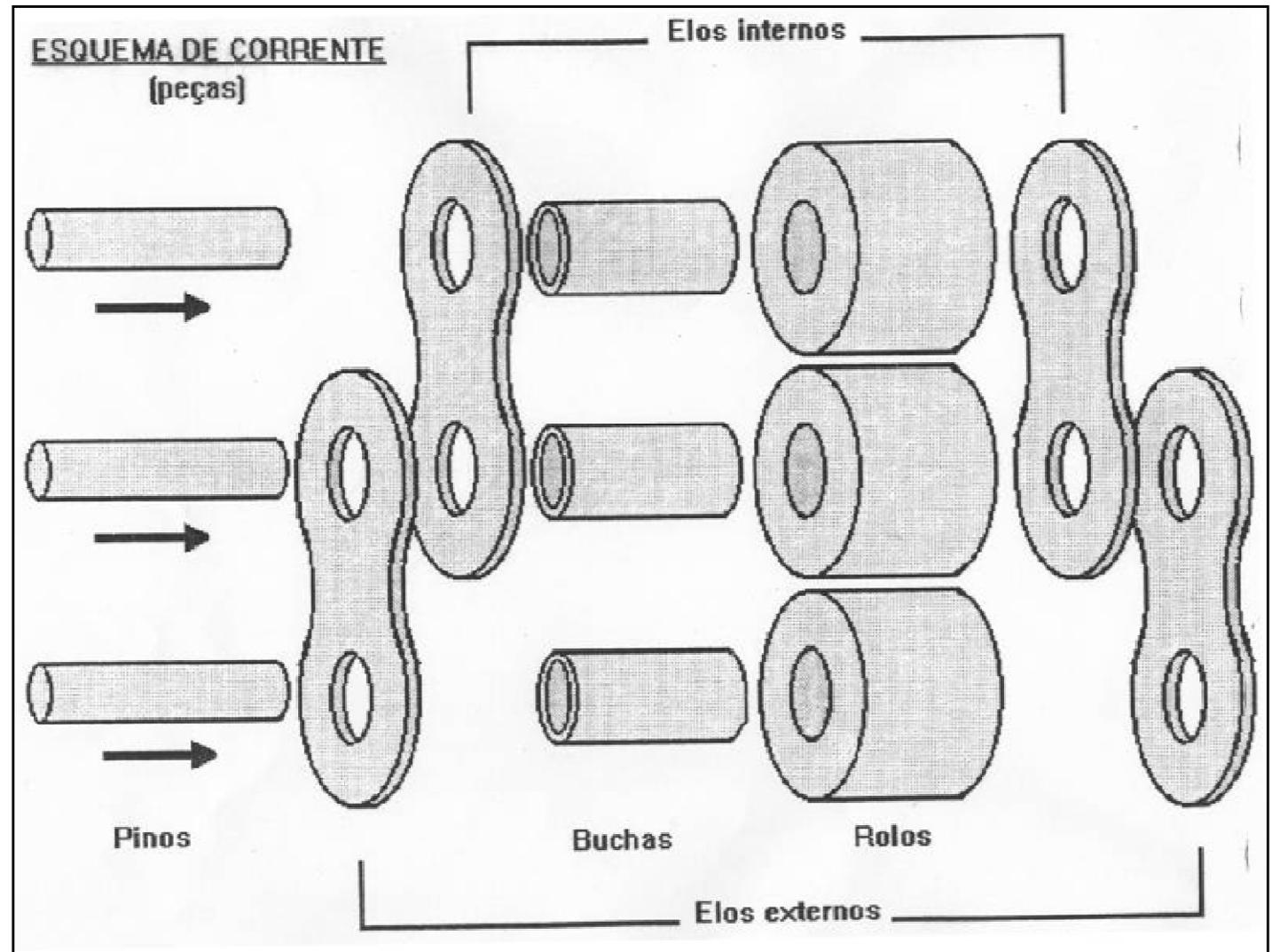
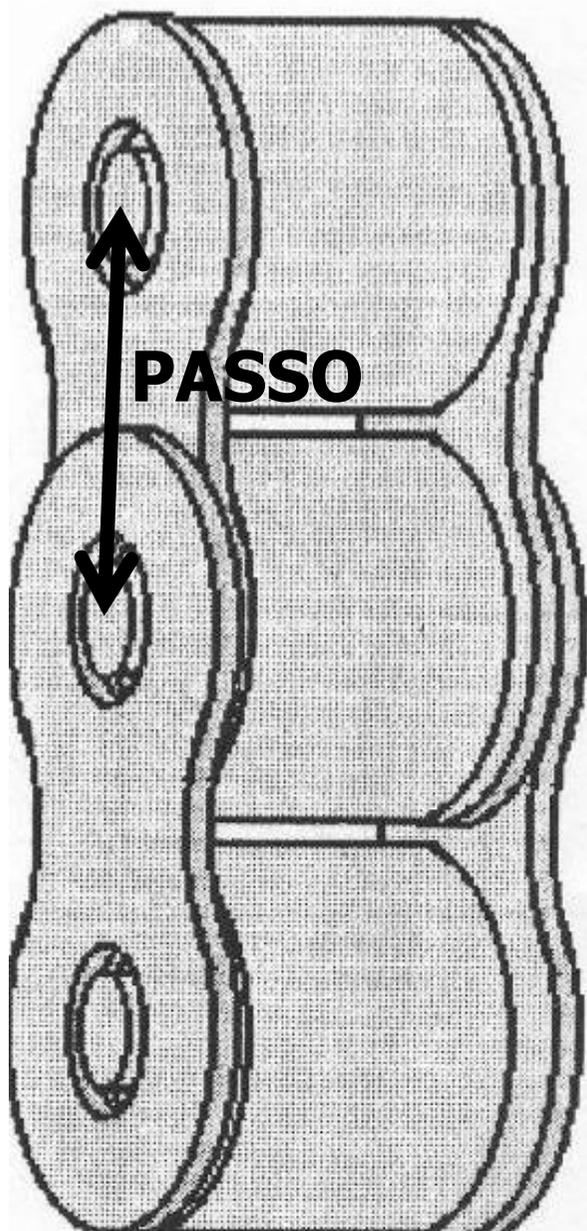
## Ferramenta para Emenda de Corrente



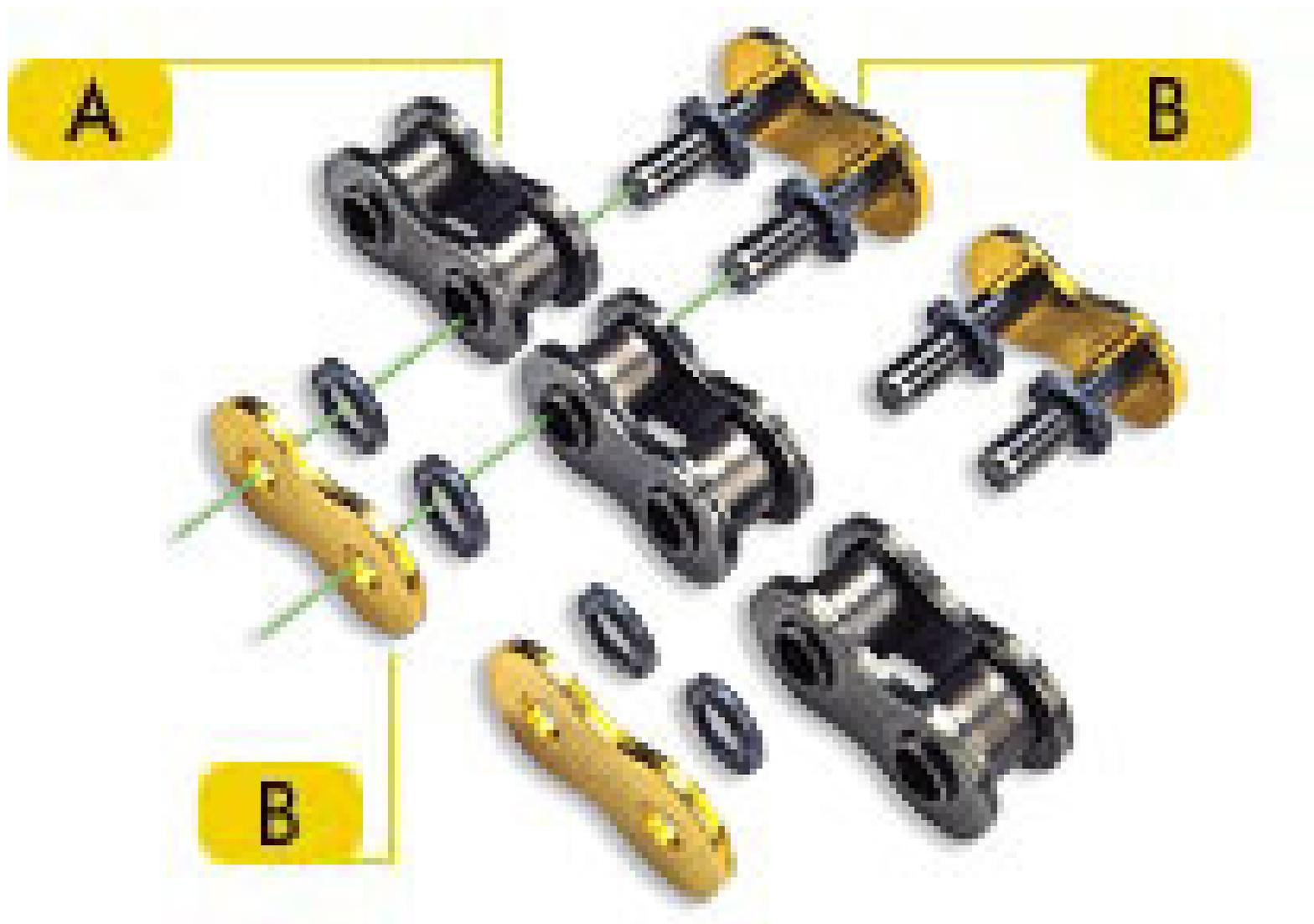
# TRANSMISSÃO POR CORRENTE

- As correntes são elementos padronizados, significando que a geometria e as dimensões dos elos são definidas por normas técnicas. Conseqüentemente, a geometria dos dentes da roda também é padronizada, a fim de garantir a montagem dos elos da corrente. As correntes são especificadas em função do seu **passo**, ou seja, a distância entre os pontos de articulação de um elo.

# CORRENTE DE ROLOS MONTADA E DESMONTADA



# CORRENTE DE ROLOS COM VEDAÇÃO E LUBRIFICAÇÃO PERMANENTE



# TRANSMISSÃO POR CORRENTE

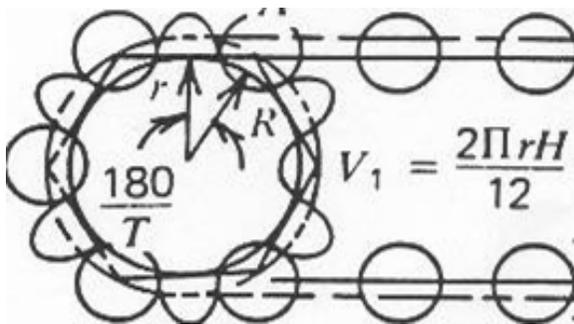
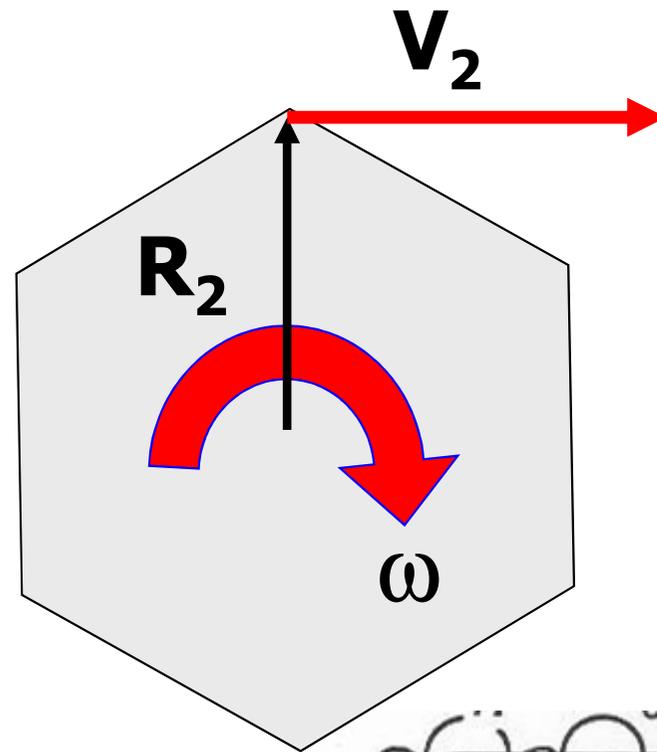
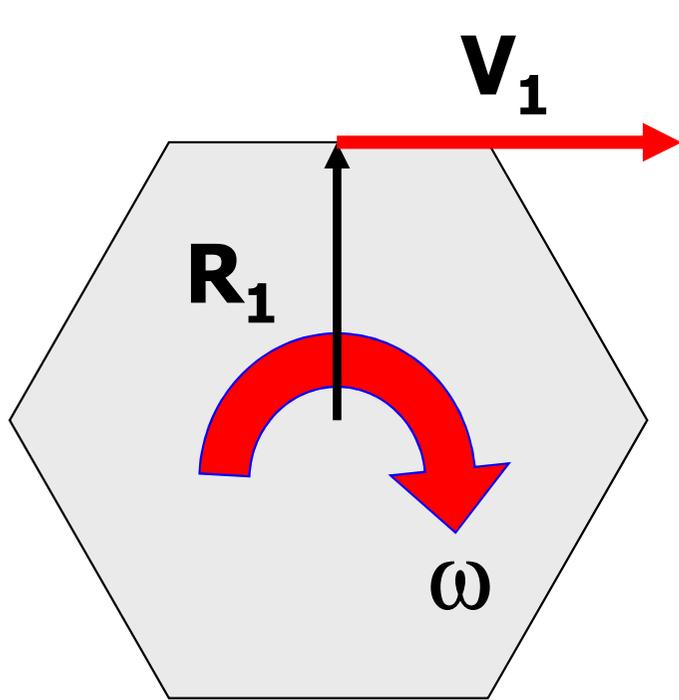
- Como há contato entre os dentes da roda e os elos da corrente, há a imperiosa necessidade de lubrificar tais elementos, a fim de evitar o desgaste.
- A transmissão por corrente apresenta como modo de falha básico a fadiga das talas (porção lateral) dos elos da corrente, fadiga superficial dos rolos e buchas, além do desgaste entre pinos e buchas.

# TRANSMISSÃO POR CORRENTE

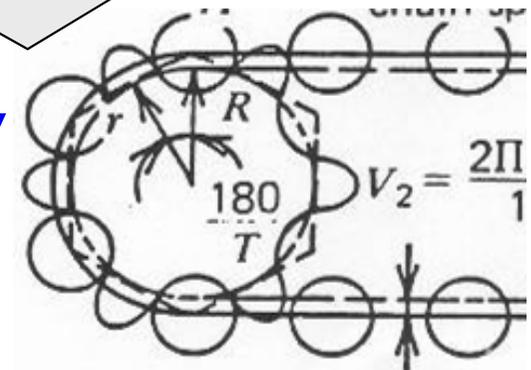
- A transmissão por corrente é sincronizada, porém a mesma não apresenta uma relação de transmissão constante, pois ocorre o chamado **“efeito poligonal”**. Este efeito ocorre em virtude da forma de encaixe da corrente à roda, o qual forma um polígono e não um arco de circunferência como nas correias.

# EFEITO POLIGONAL NAS CORRENTES

$R_2 > R_1 \longrightarrow V_2 > V_1, p/\omega = \text{cte}$



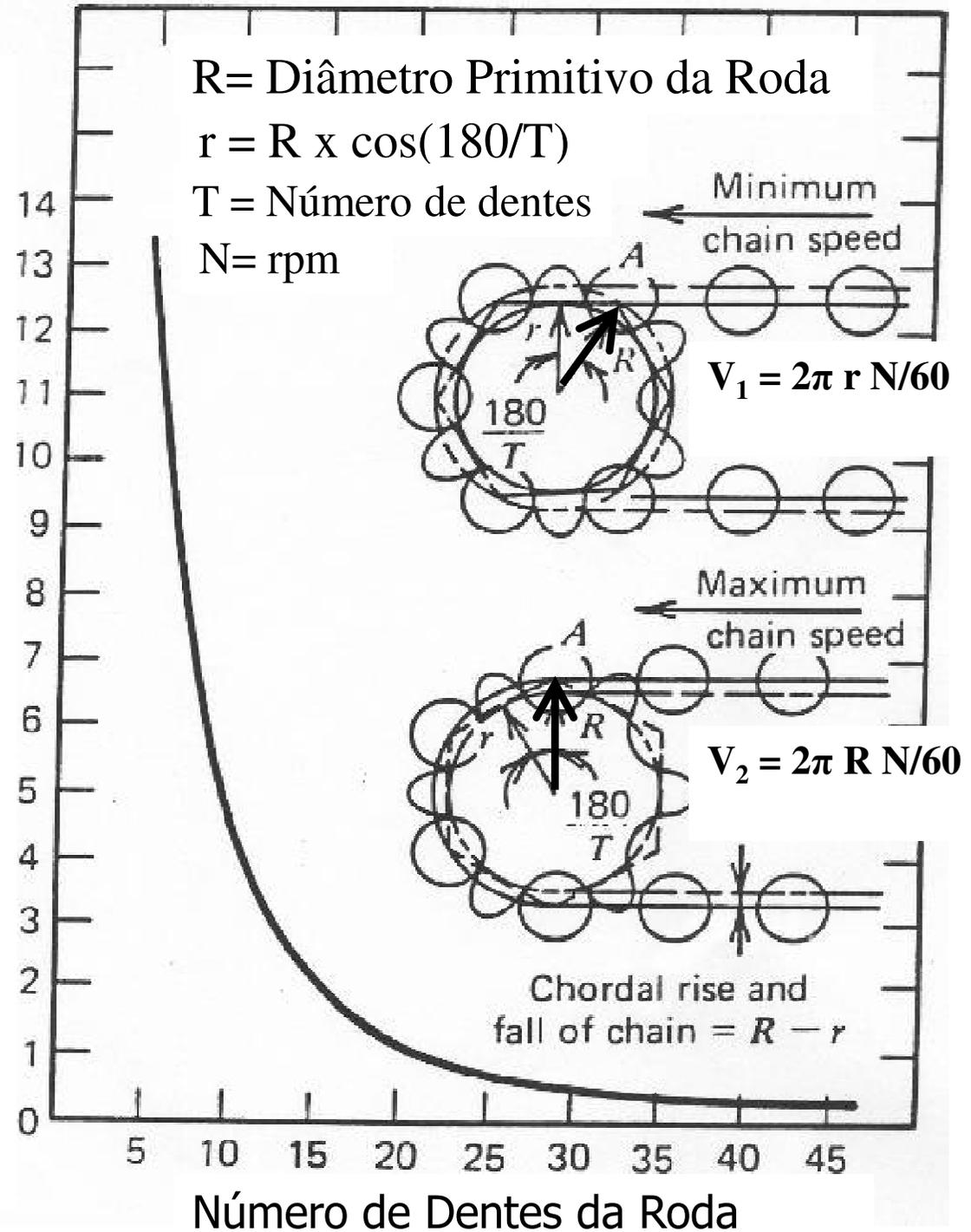
“Pinhão com 6 dentes”



# EFEITO POLIGONAL NAS CORRENTES

rpm = rotações por minuto

Varição Percentual de Velocidade  $[(V_2 - V_1) / V_2] \times 100$



# EFEITO DO DESGASTE NA CORRENTE

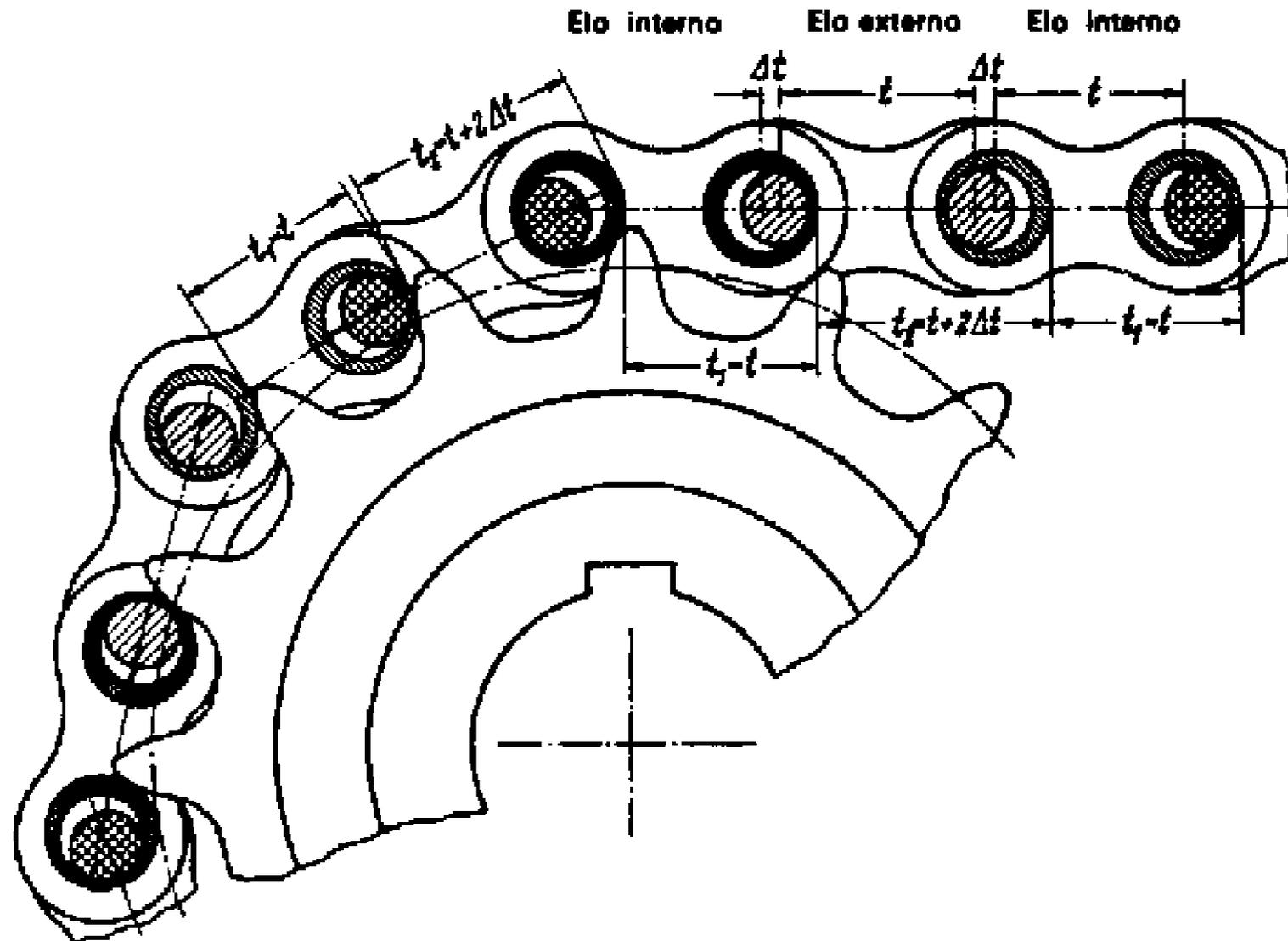


Figura 26.29 – Apoio desigual de uma corrente de buchas sobre uma engrenagem de corrente devido ao desgaste

# Transmissões por Correntes

## CARACTERÍSTICAS

- projeto não compacto
- montagem entre eixos paralelos
- uma só corrente pode acionar várias rodas
- sem escorregamento
- distância entre centros não precisa
- relação de transmissão até 6
- potência de transmissão até 5000 HP
- velocidade tangencial de operação até 17 m/s e rotações de até 5000 rpm
- rendimento elevado (97-98%)
- custo reduzido (85% das transmissões por engrenagens)
- elementos padronizados (correntes e rodas dentadas)