

Sistema de transmissão dos tratores

LER 332 - Mecânica e Máquinas Motoras



USP



ESALQ



ENGENHARIA DE
BIOSISTEMAS
USP - ESALQ

José P. Molin
jpmolin@usp.br

Objetivos

- Conhecer, diferenciar e ordenar os tipos e diferentes partes de um sistema de transmissão de tratores
- conhecer as partes constituintes e o funcionamento da embreagem, caixa de mudança de marchas, diferencial, redução final e tomada-de-potência de tratores
- fazer uso dos conceitos de transmissão para o cálculo de parâmetros de desempenho entre motor e rodado do trator

Bibliografia

Material no e-Disciplinas - textos:

Transmissão_01

Transmissão_02

Transmissão em tratores

Função

A partir do motor a potência (rotação e torque) deve ser transmitida aos rodados. O sistema de transmissão, composto pelos mecanismos de transmissão, realiza a recepção, transformação e transmissão dessa potência para ser utilizada no rodado ou na tomada de potência

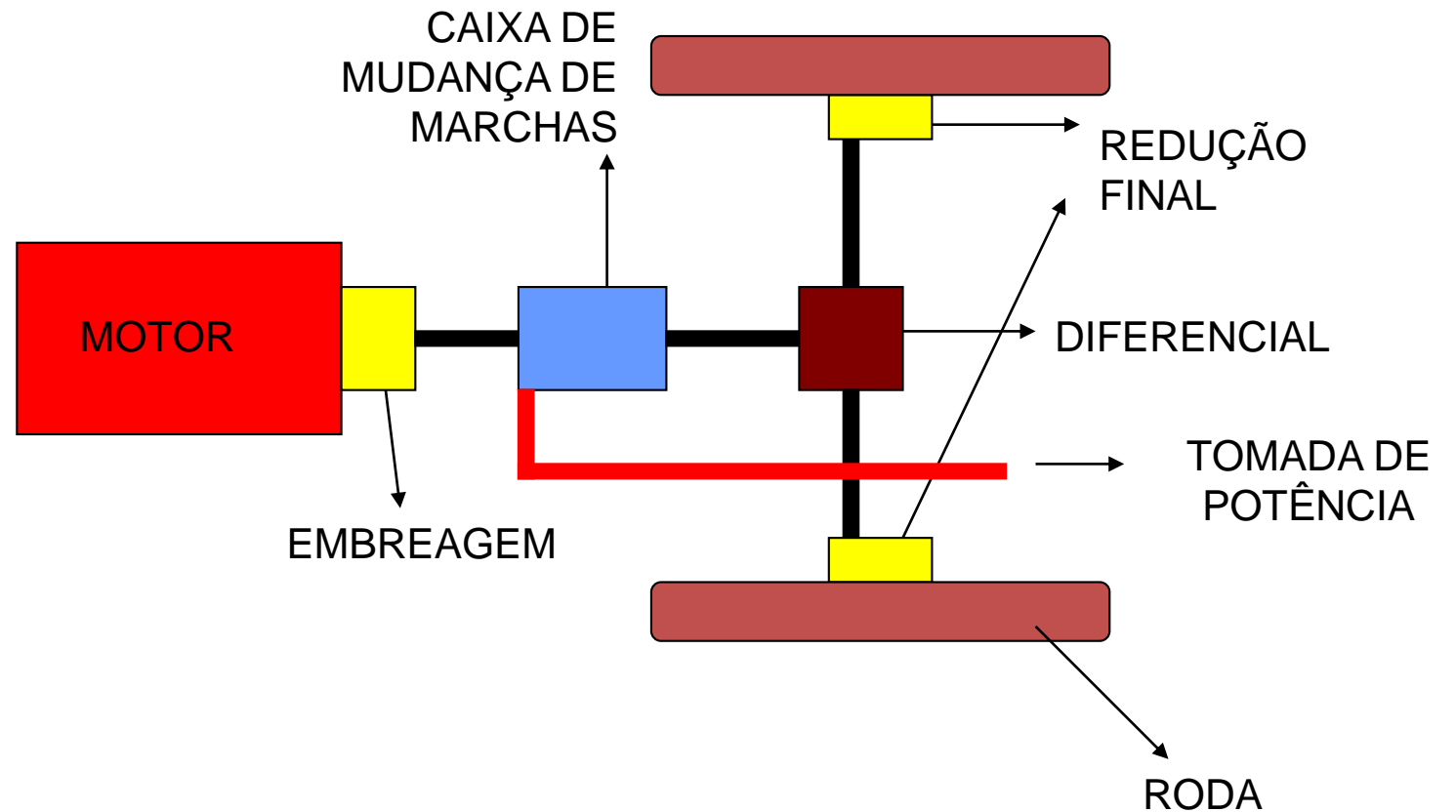
Transmissão em tratores

Tipos de transmissão

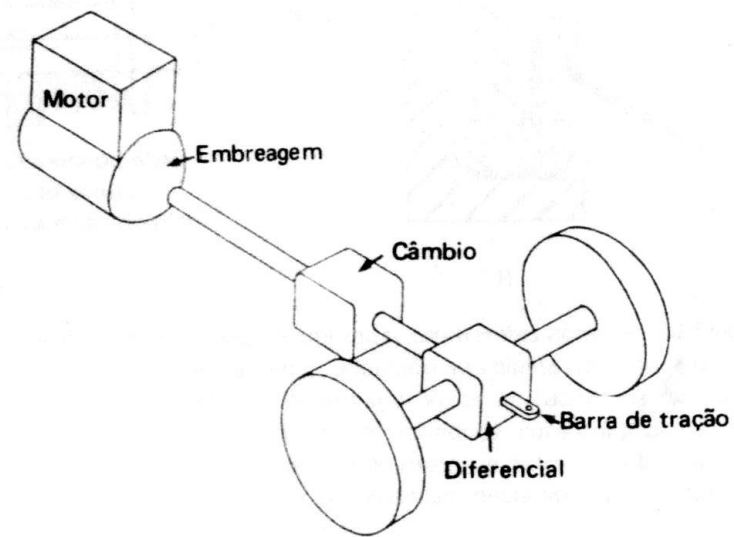
- Mecânica - a potência é transmitida do motor ao rodado por mecanismos de contato direto (embreagens e engrenagens)
- Hidráulica - a potência é transmitida através de meio fluido
- Hidromecânica - composição de transmissão hidráulica (acoplamento fluido, conversor hidráulico de torque) e transmissão mecânica

Transmissão mecânica

- Embreagem
- Caixa de câmbio
- Diferencial
- Redução final
- Tomada de Potência



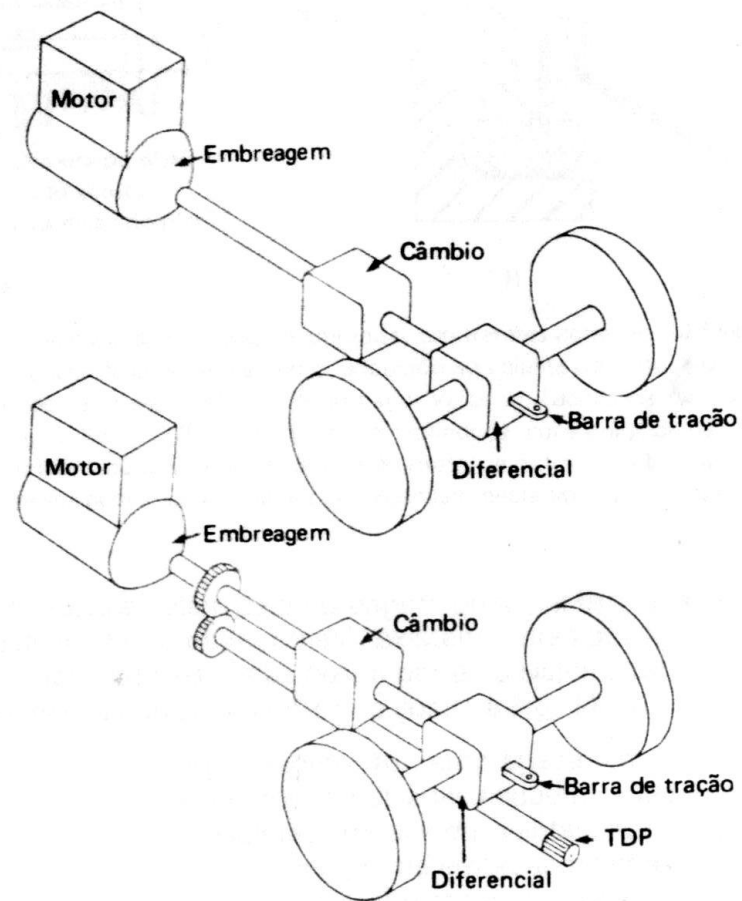
A evolução histórica do trator



Pouca diferença
com o
automóvel

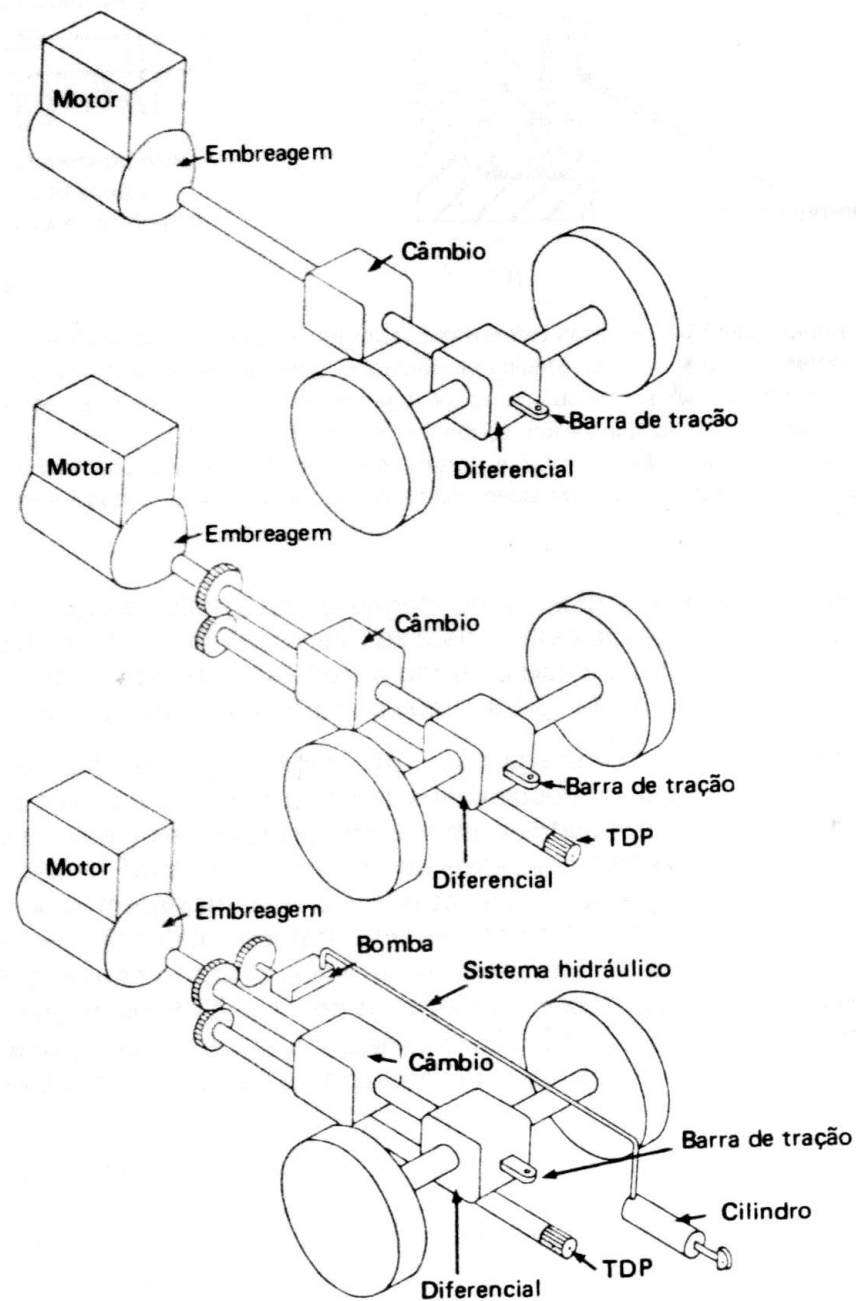


A evolução histórica do trator



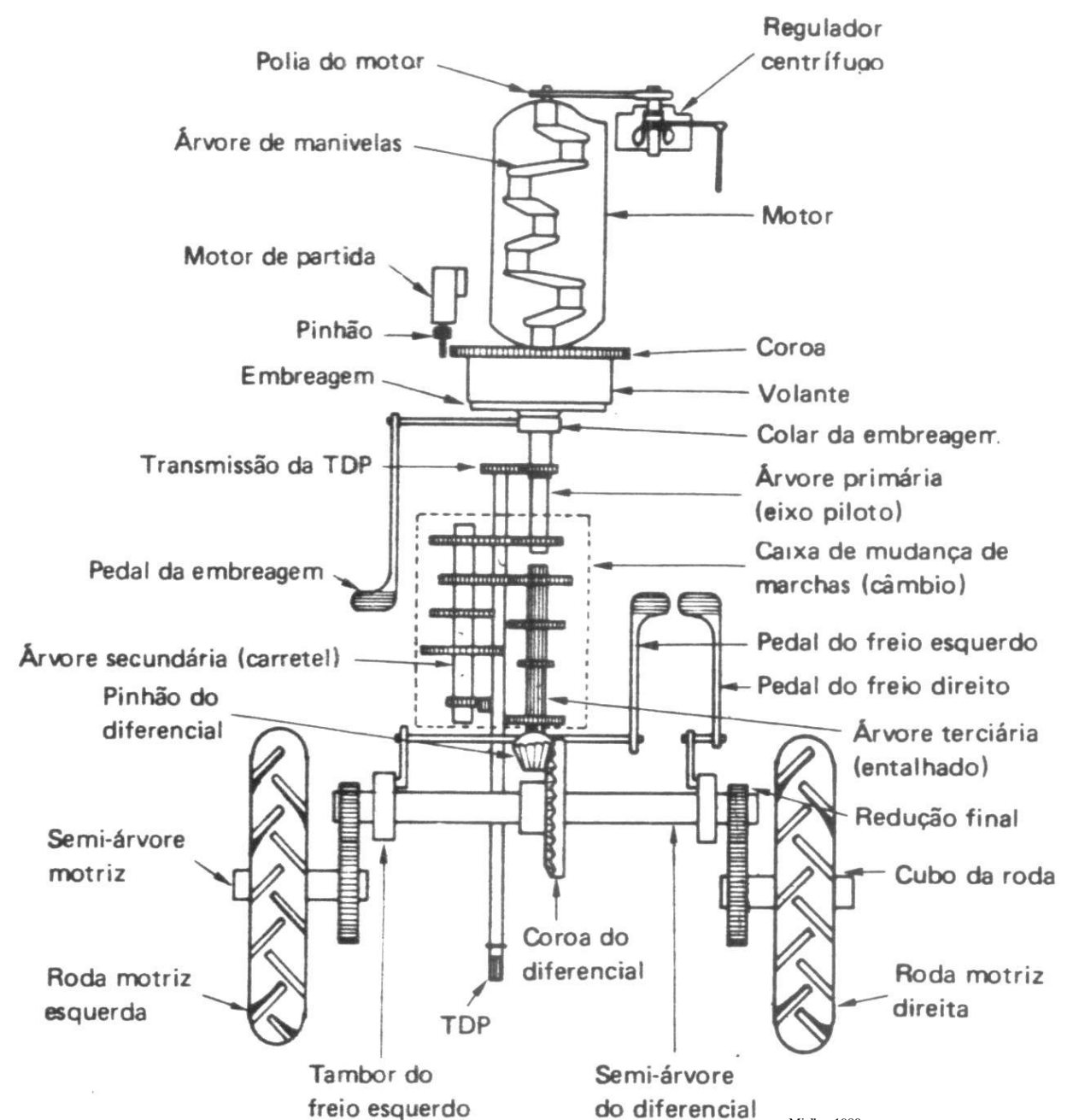
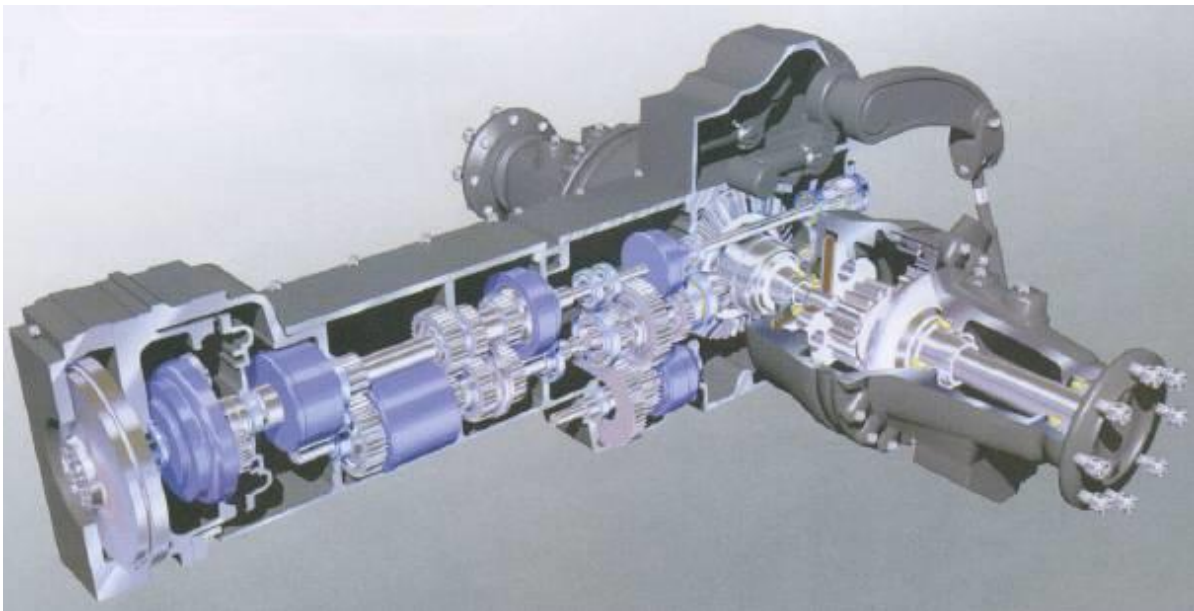
Tomada de Potência

A evolução histórica do trator



Tomada de Potência

Engate de três pontos e sistema hidráulico



Mialhe, 1980

Embreagem

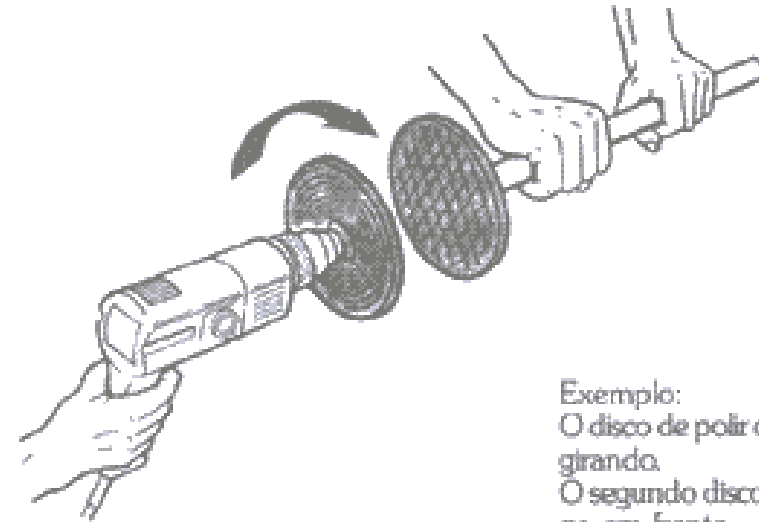
Função

Promover ou interromper a conexão motor-caixa, possibilitando:

- arranque do trator
- mudança de marcha
- funcionamento independente do motor

debreado

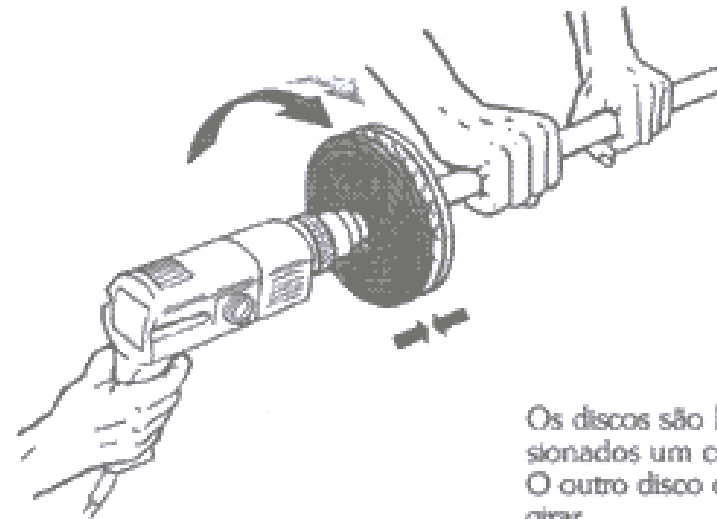
Como funciona?



Exemplo:
O disco de polir da furadeira está girando.
O segundo disco está parado logo em frente.

Como funciona?

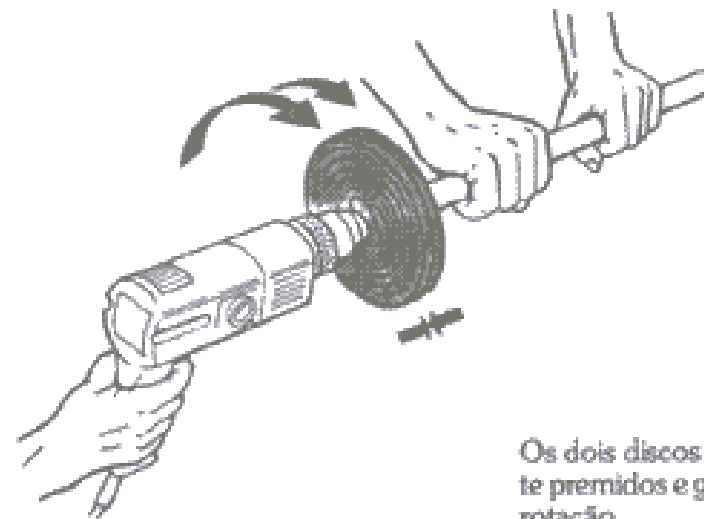
início do acoplamento



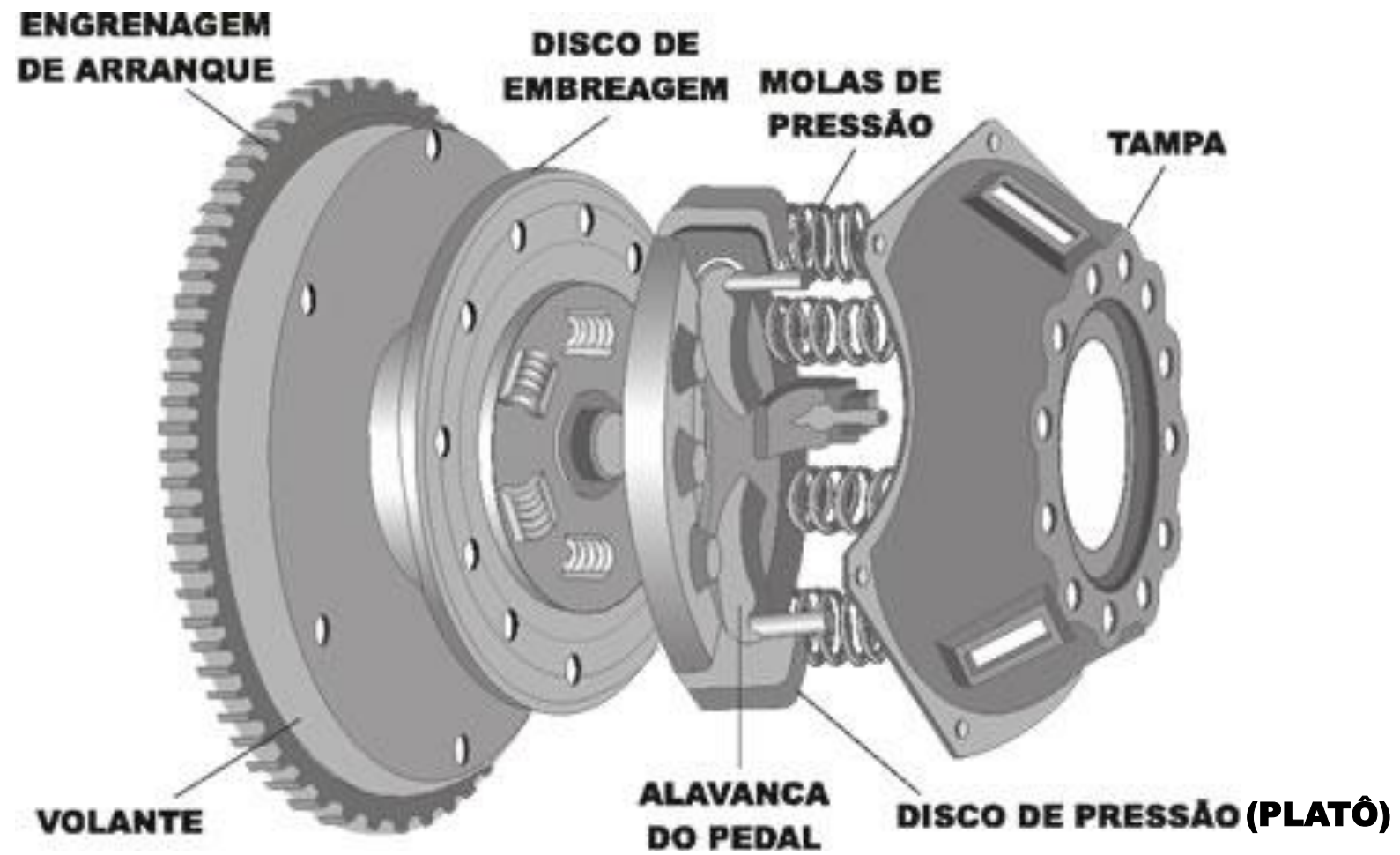
Os discos são levemente pressionados um contra o outro. O outro disco começa então a girar.

Como funciona?

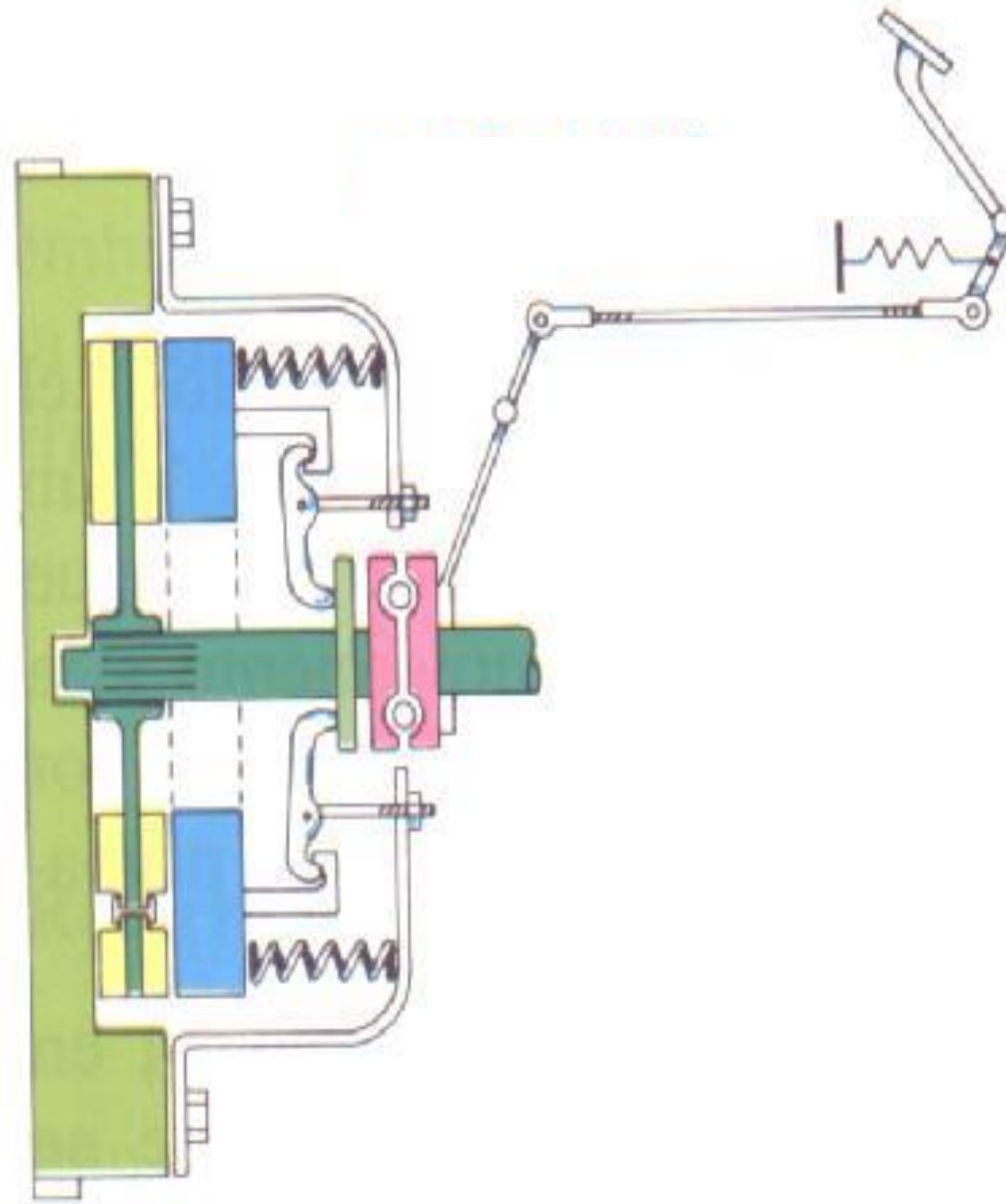
acoplado



Os dois discos estão fortemente premidos e girando à mesma rotação.

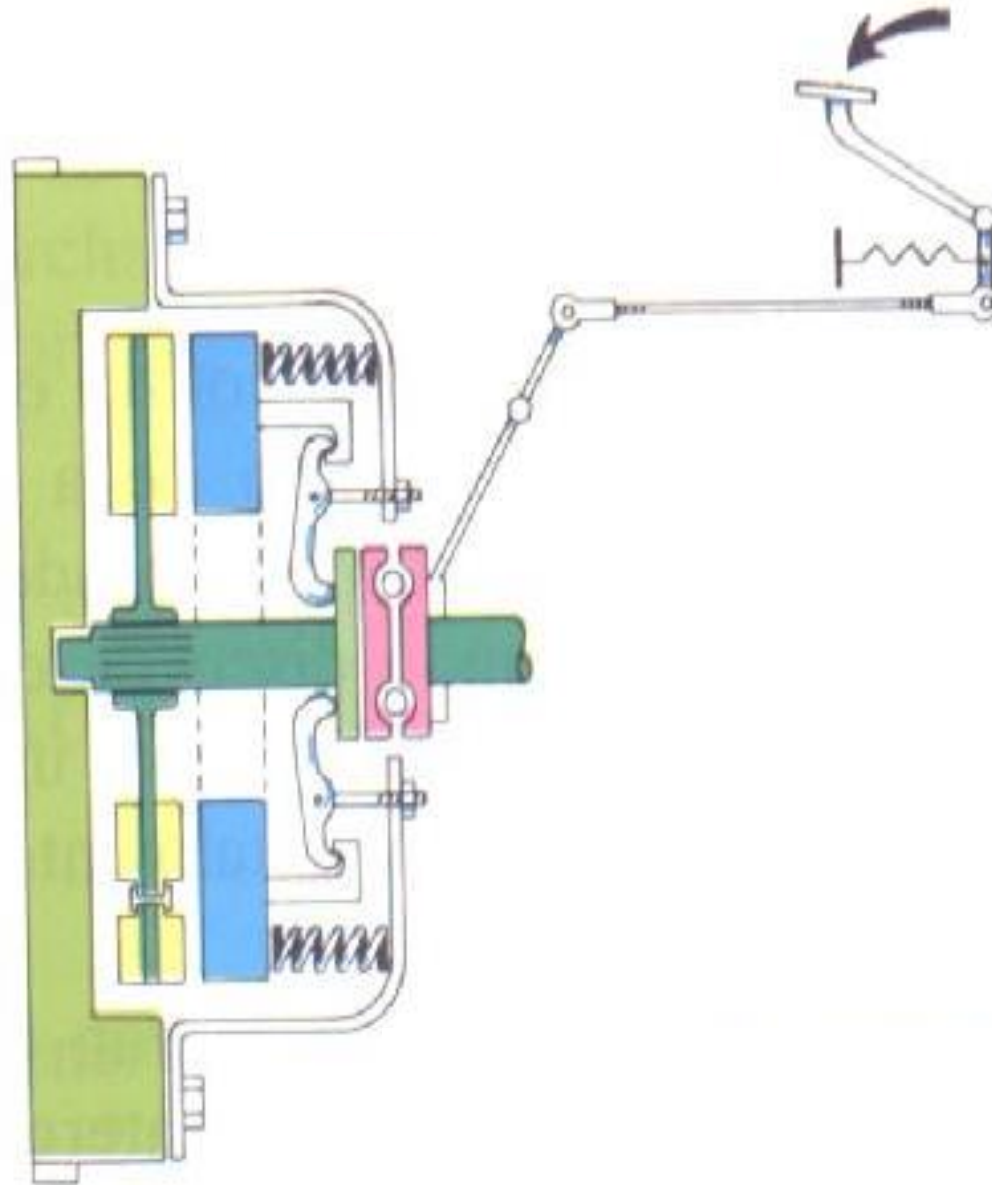


Como funciona?



ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

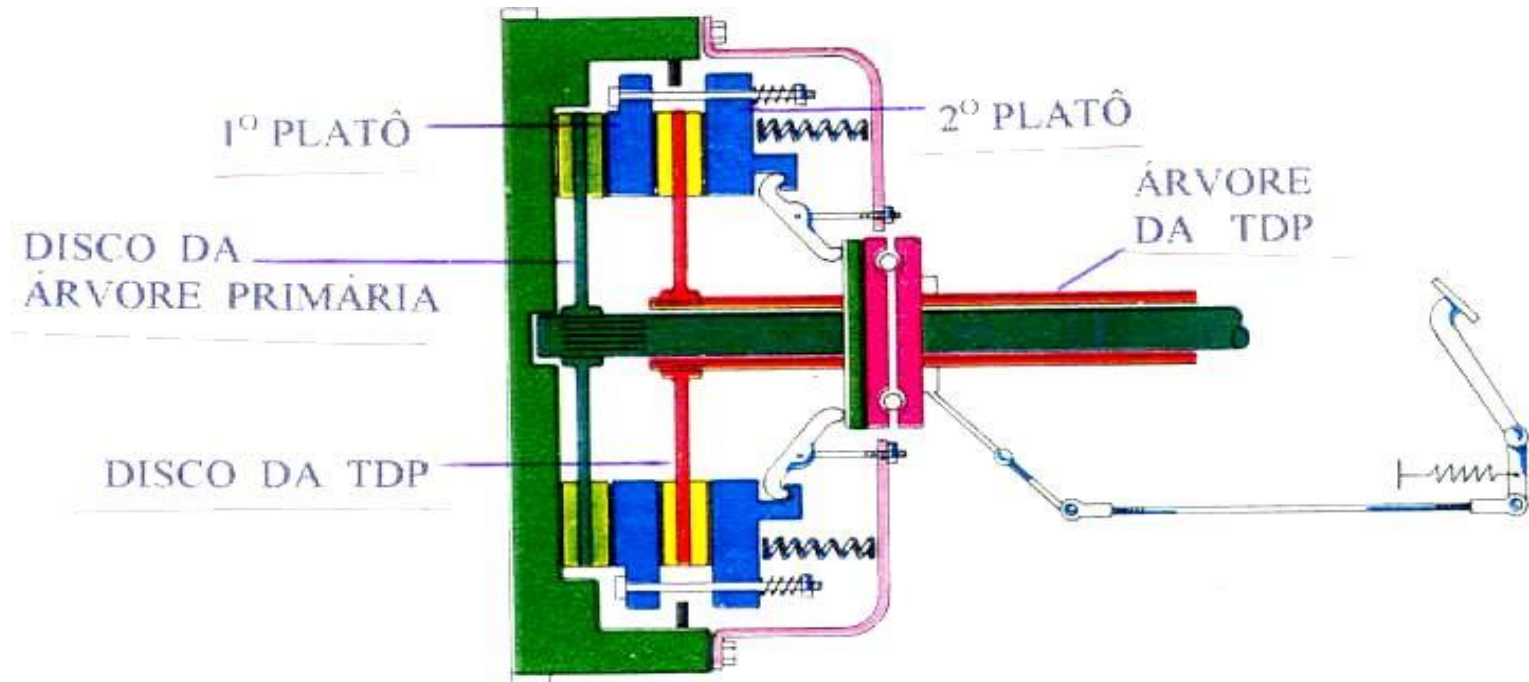
Como funciona?



ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

Embreagem de dois discos

Um para caixa de câmbio
e outro para a TDP



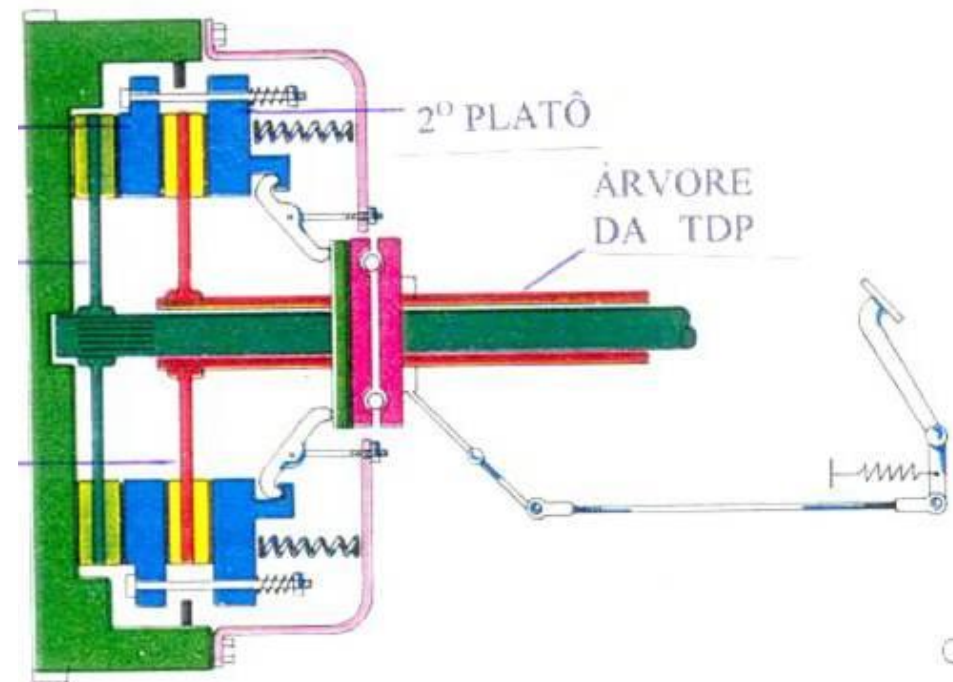
ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

Como funciona?

No pedal:

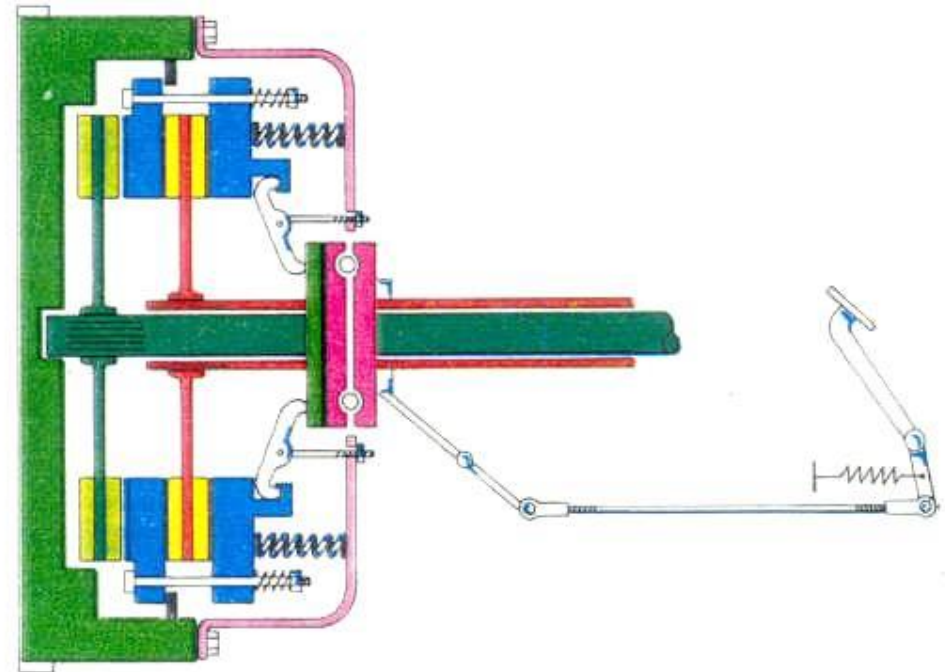
primeiro estágio - caixa de câmbio

segundo estágio - TDP



Como funciona?

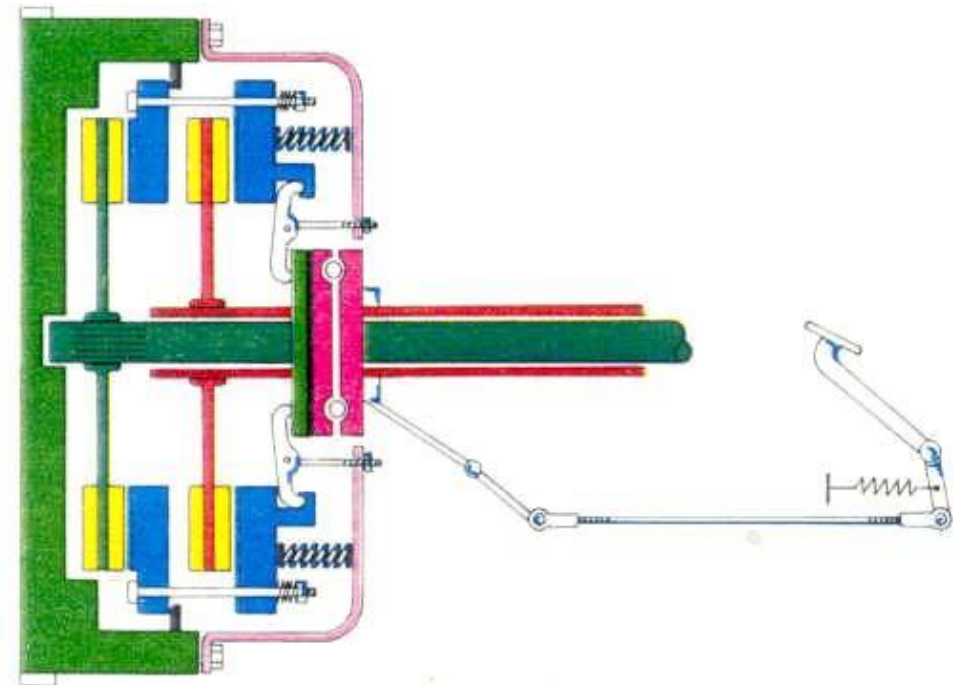
primeiro estágio - caixa de câmbio



ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

Como funciona?

segundo estágio - TDP



ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

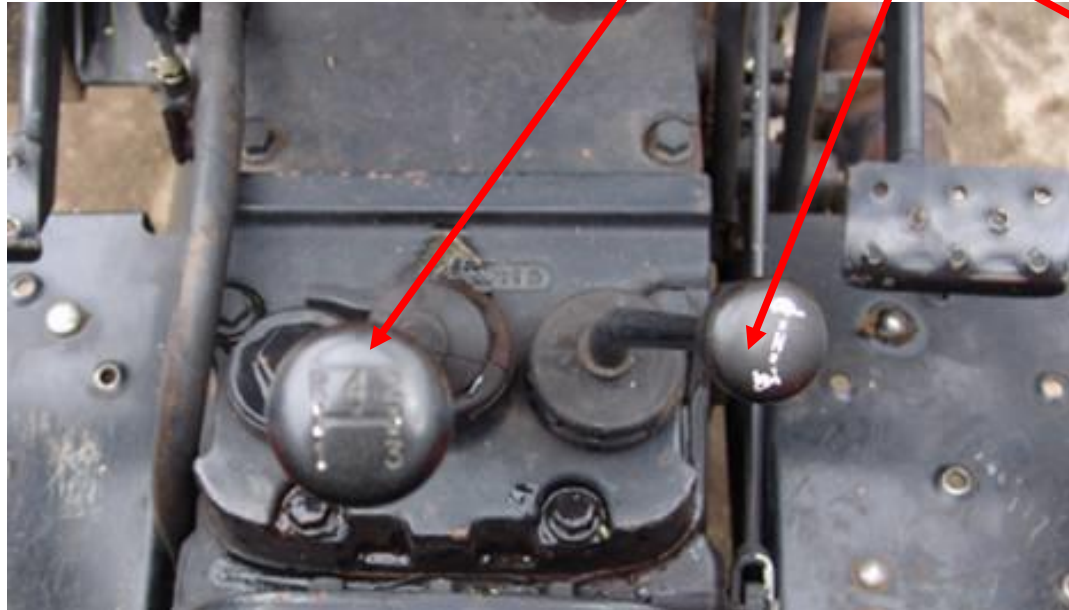
Caixa de mudança de marchas

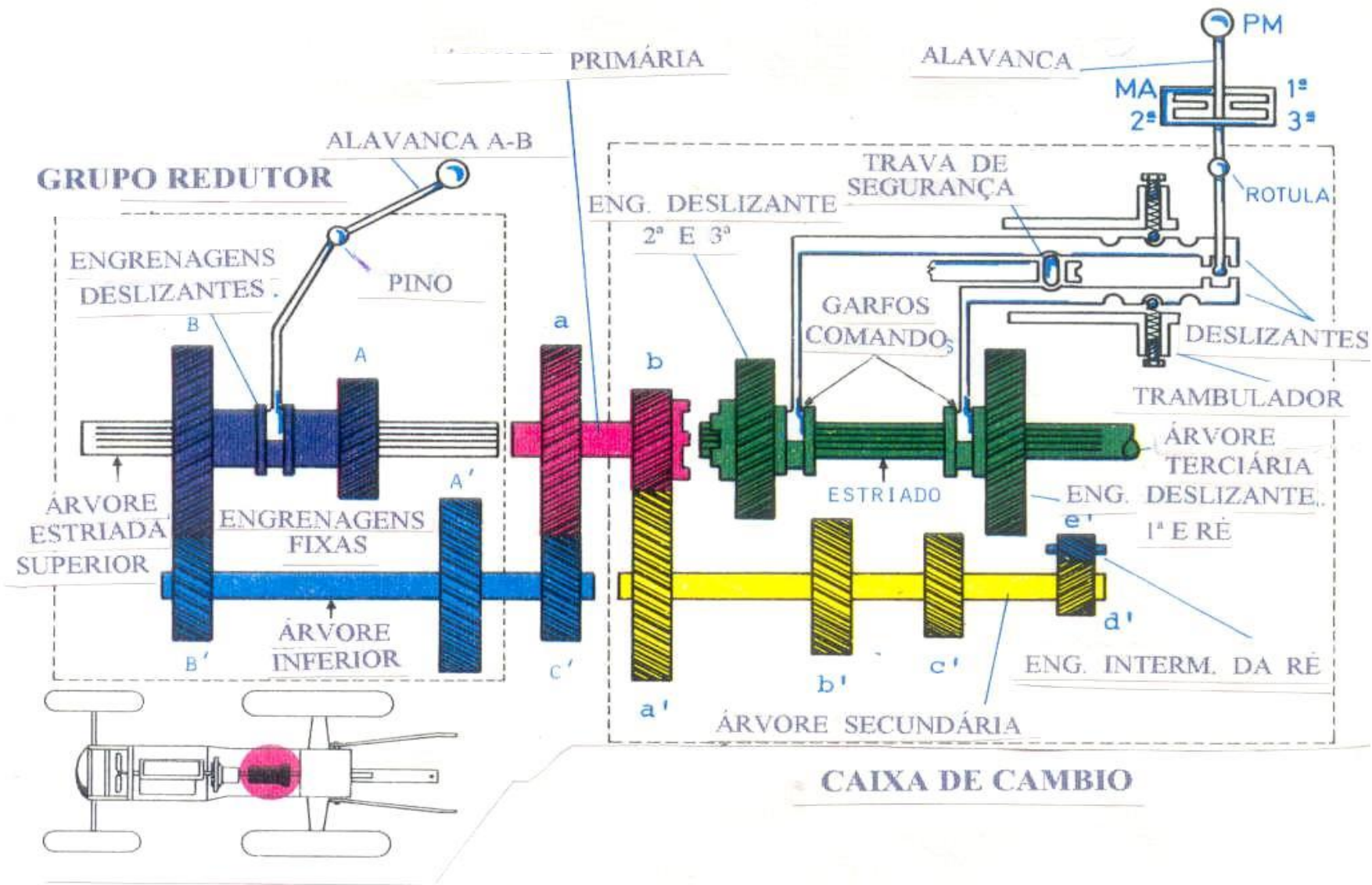
- Função
 - Transformar torque e rotação
- No movimento circular
 - Potência = Torque x Rotação
- No movimento linear
 - Potência = Força x Velocidade

Alavancas

Caixa principal

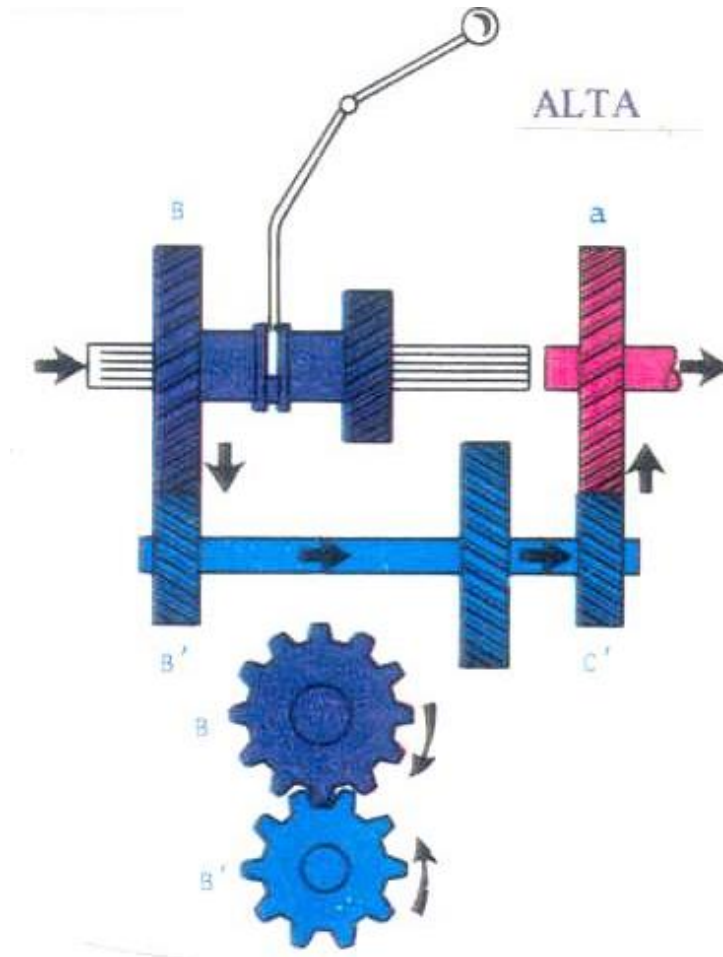
Grupo reductor



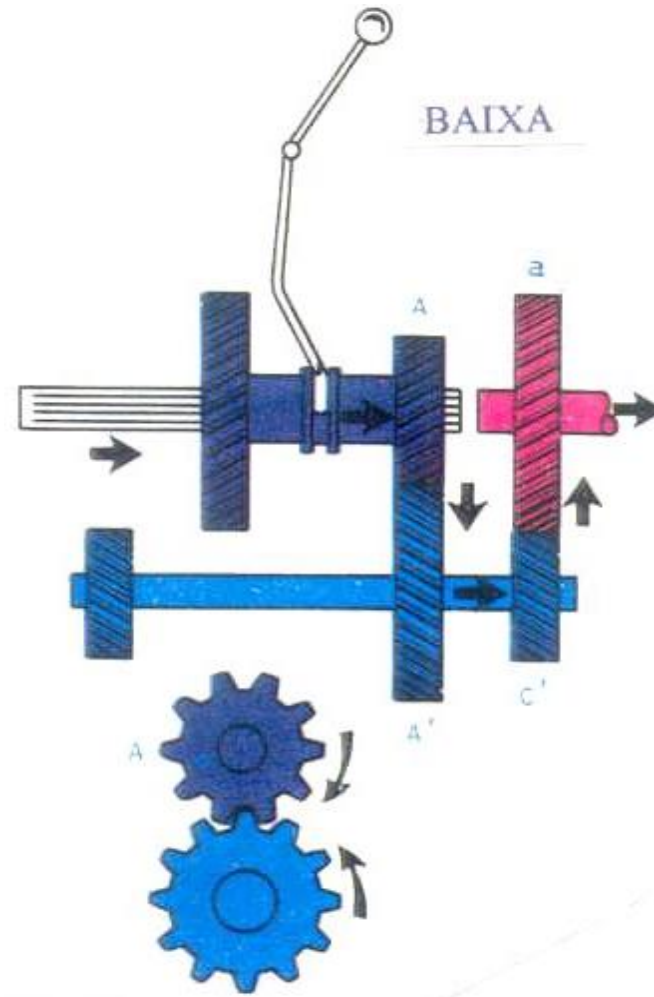


ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

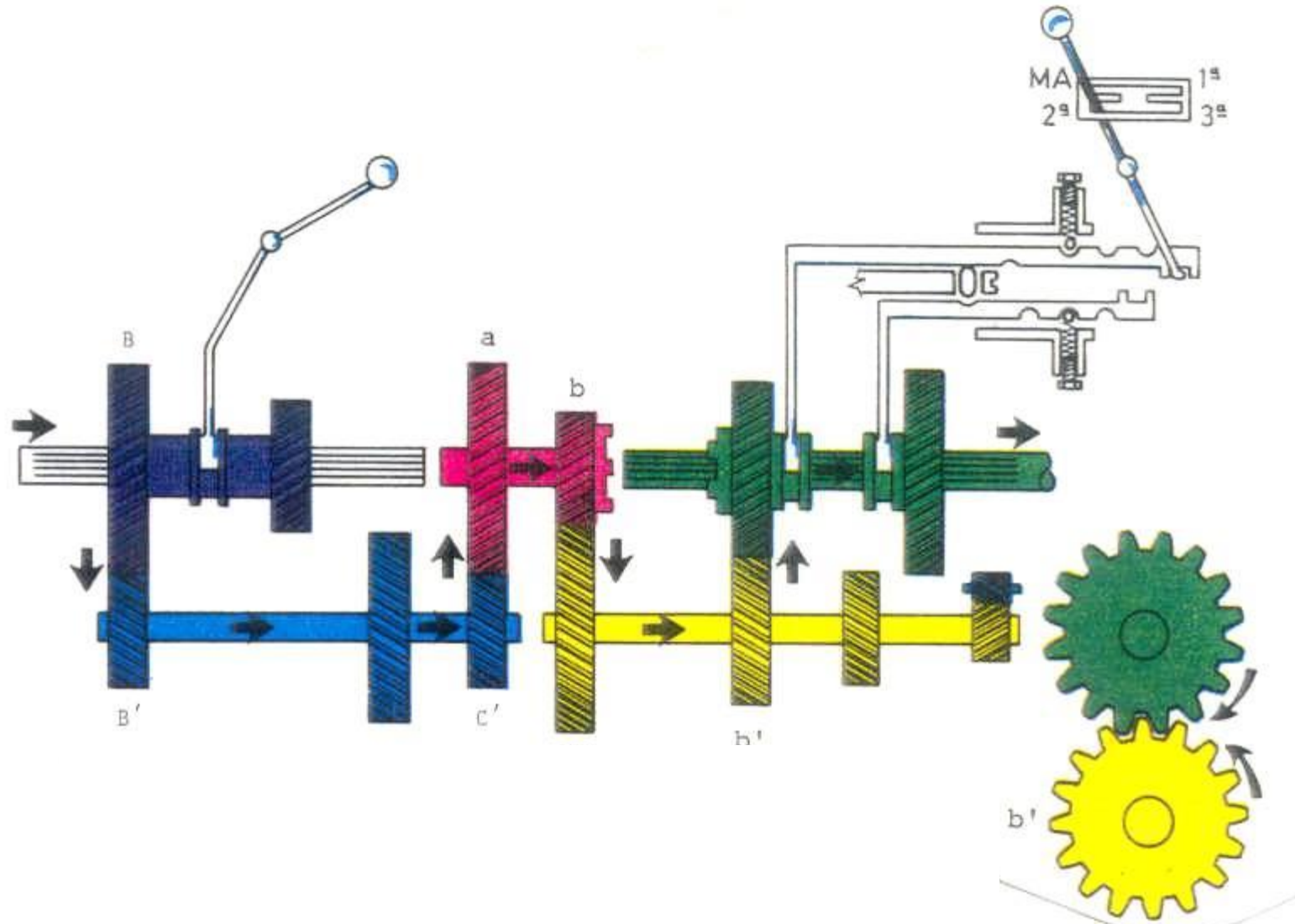
Grupo reductor



Grupo reductor

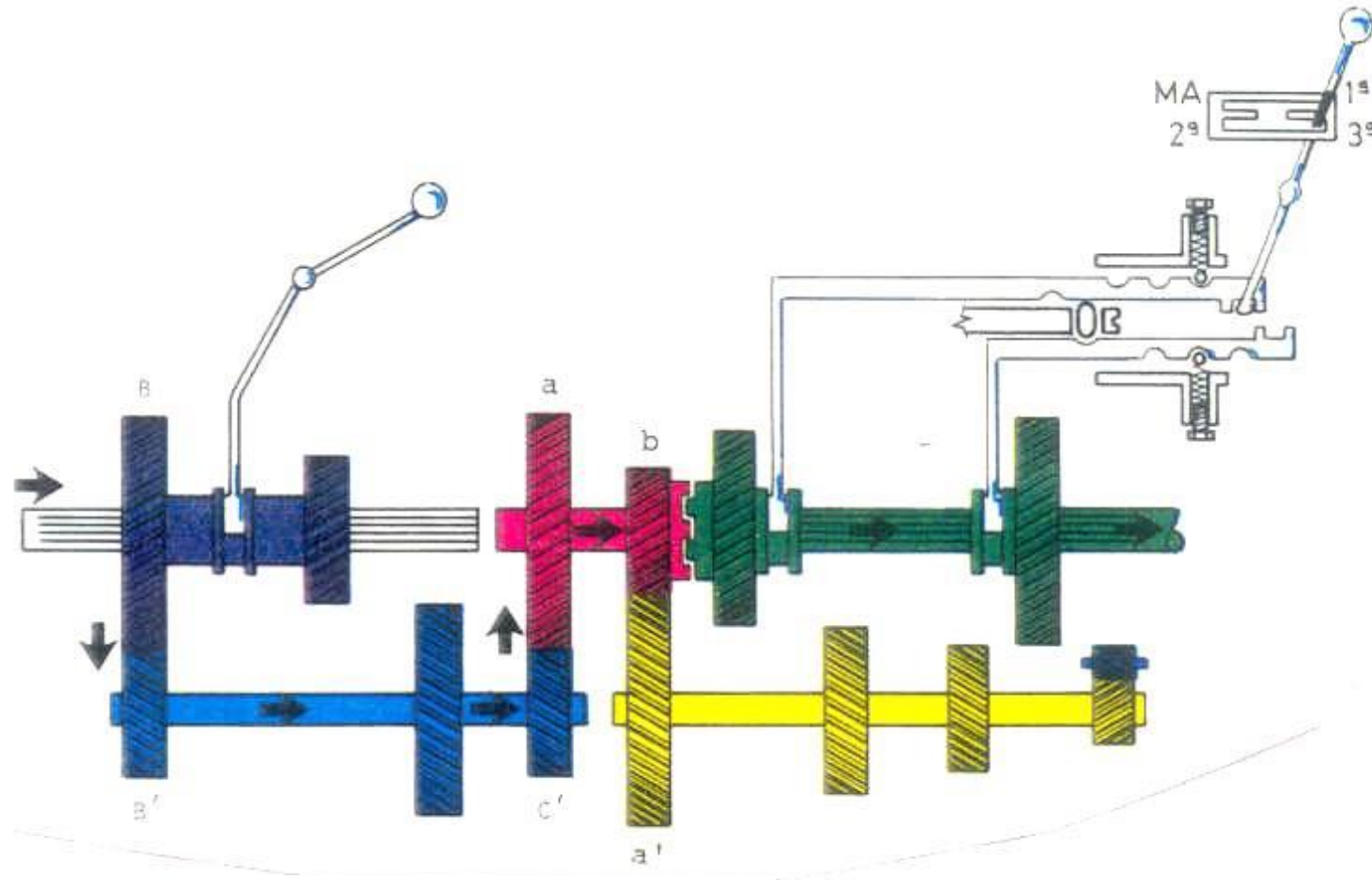


2ª marcha

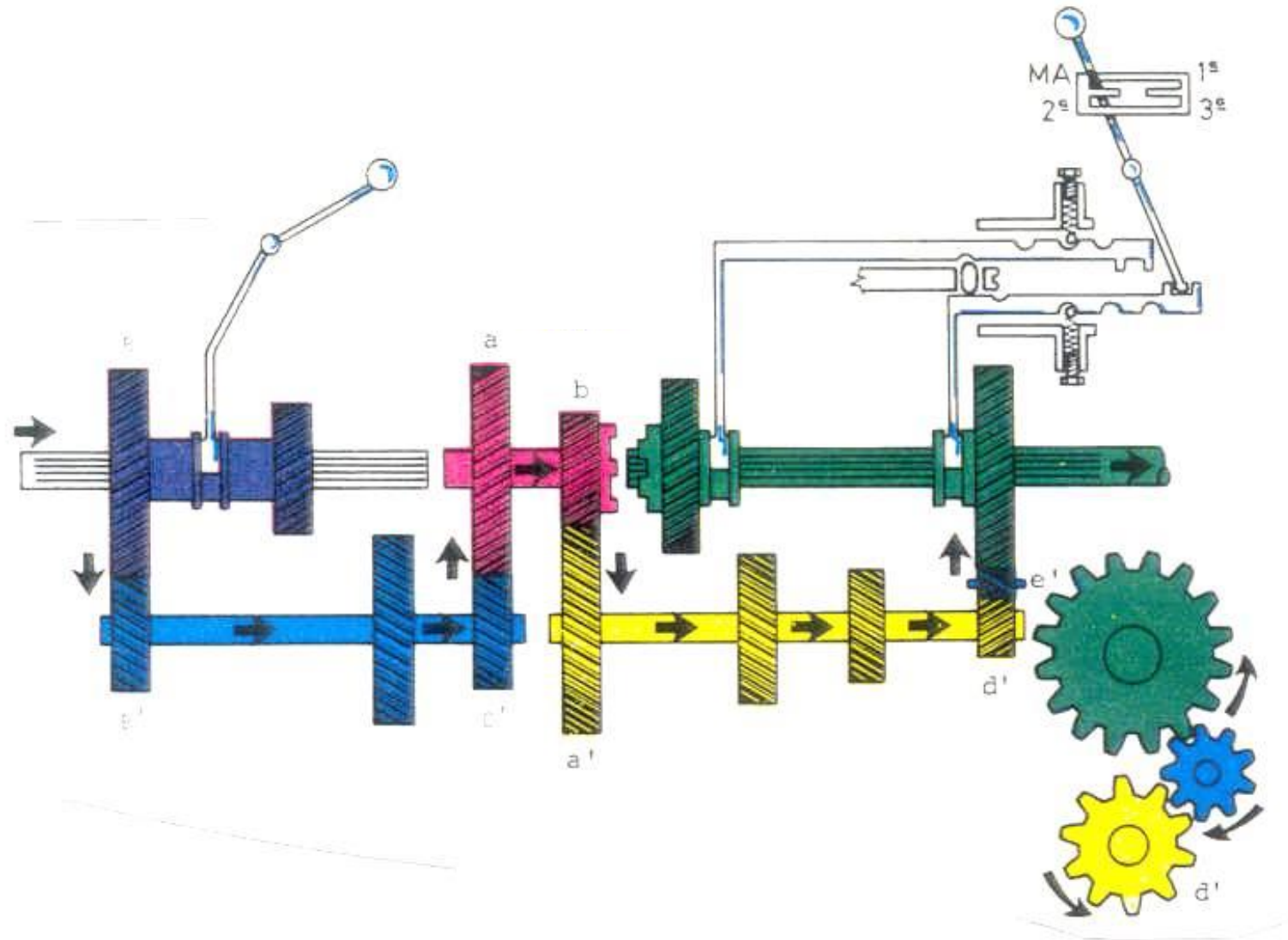


ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

3ª marcha



Ré



ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

Condição de engrenamento

As duas engrenagens devem estar com velocidades periféricas iguais

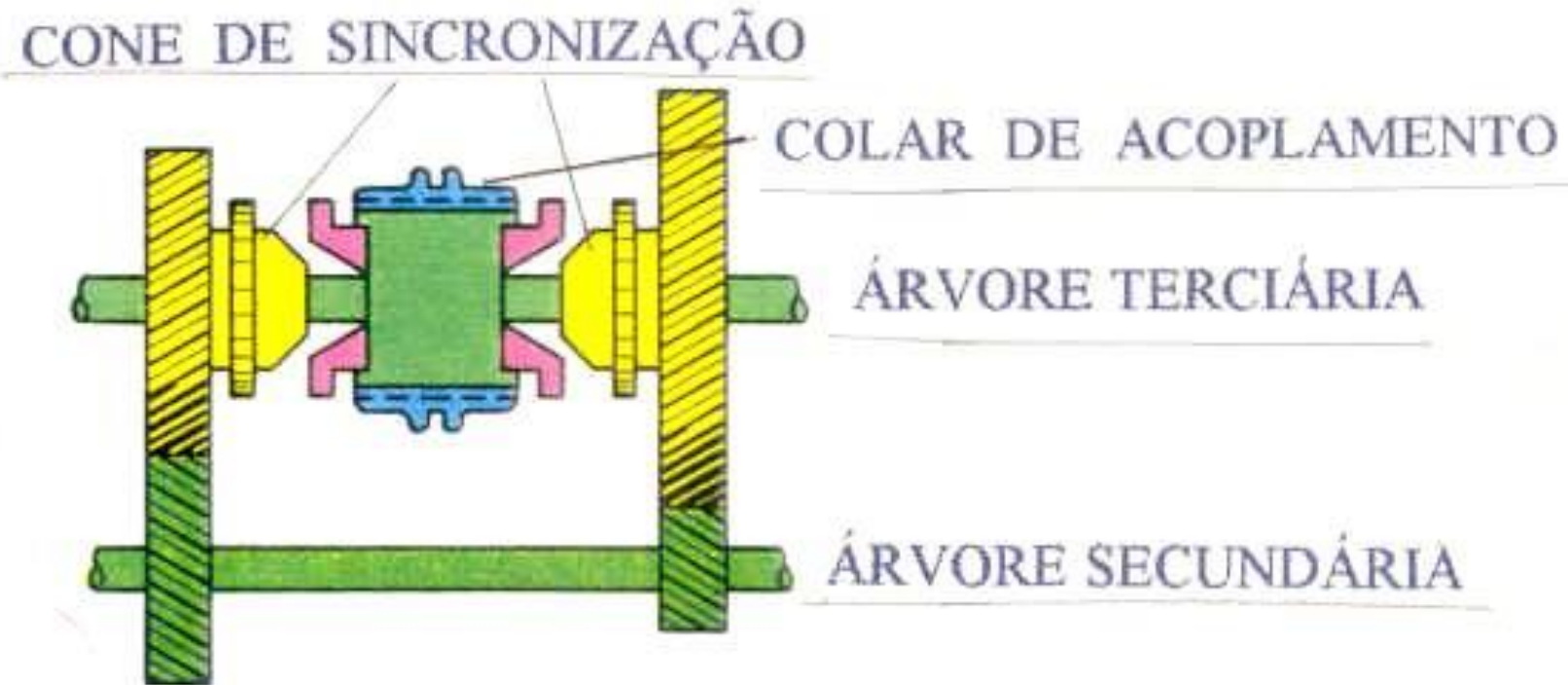
Esta condição é conseguida em duas situações:

com habilidade do operador

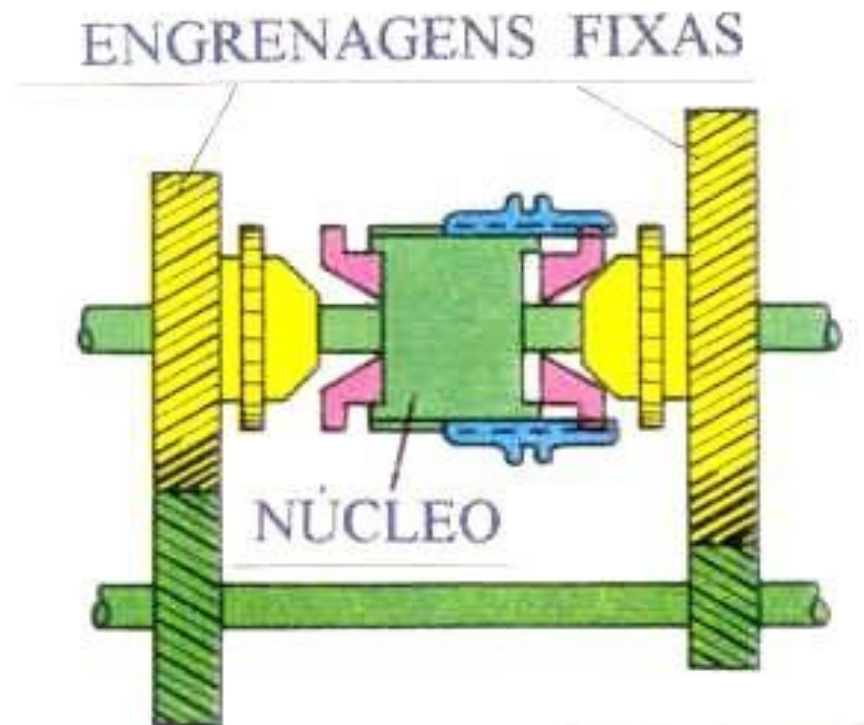
com a presença de mecanismo sincronizador

Sincronização

Desengrenado (“ponto morto”)



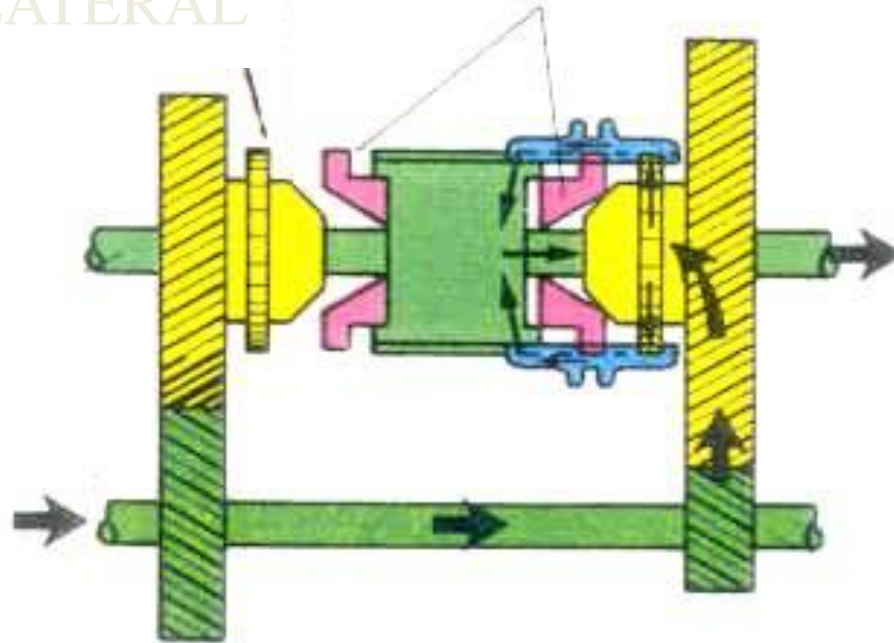
Fase de sincronização



Engrenado

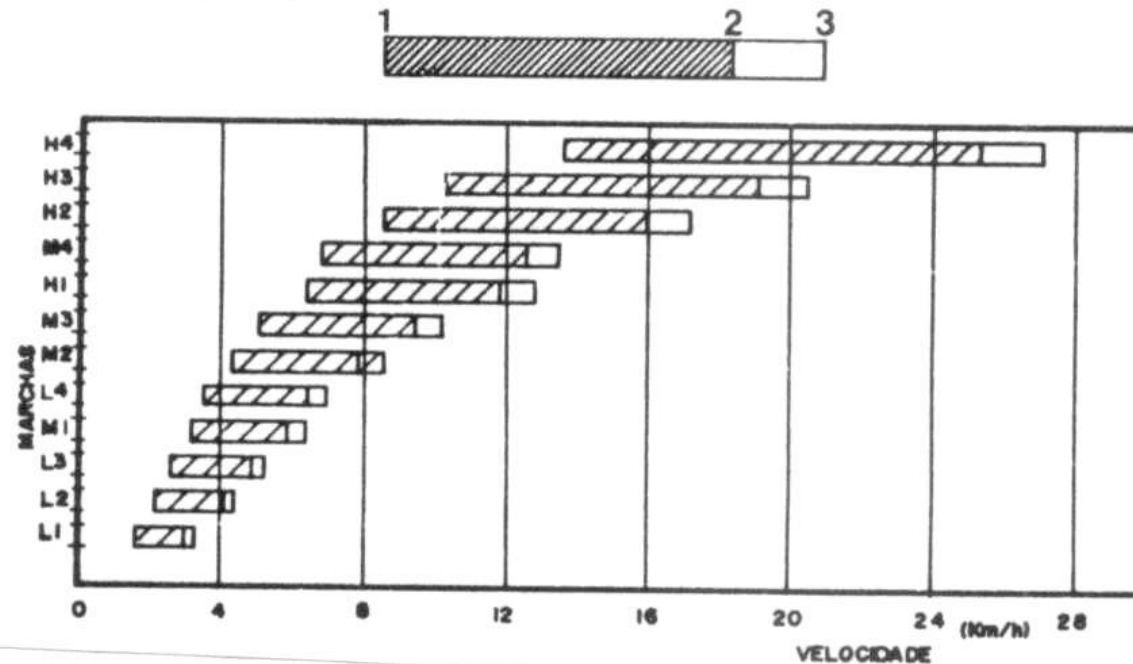
PINHÃO
LATERAL

PINHÃO DE SINCRONIZAÇÃO

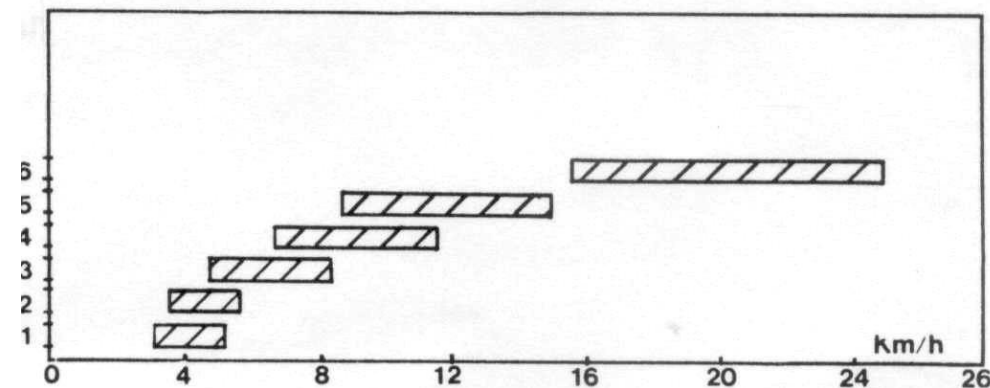
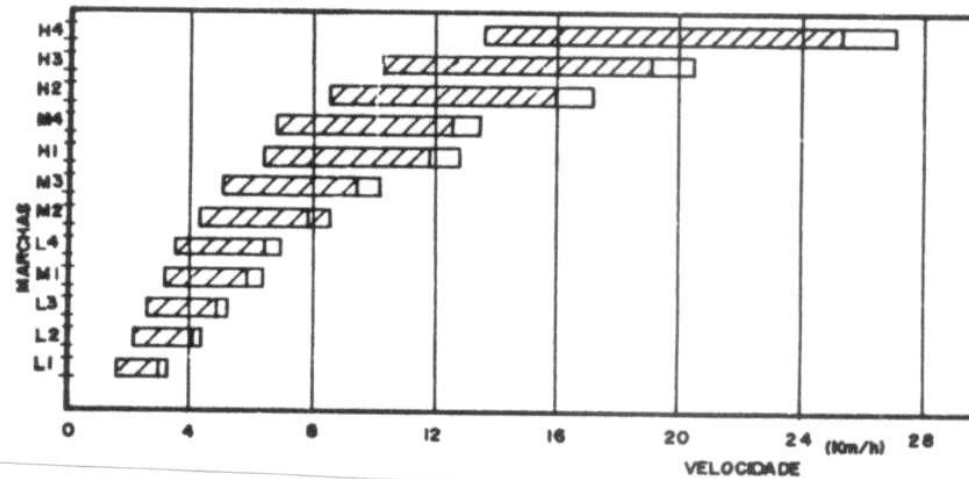


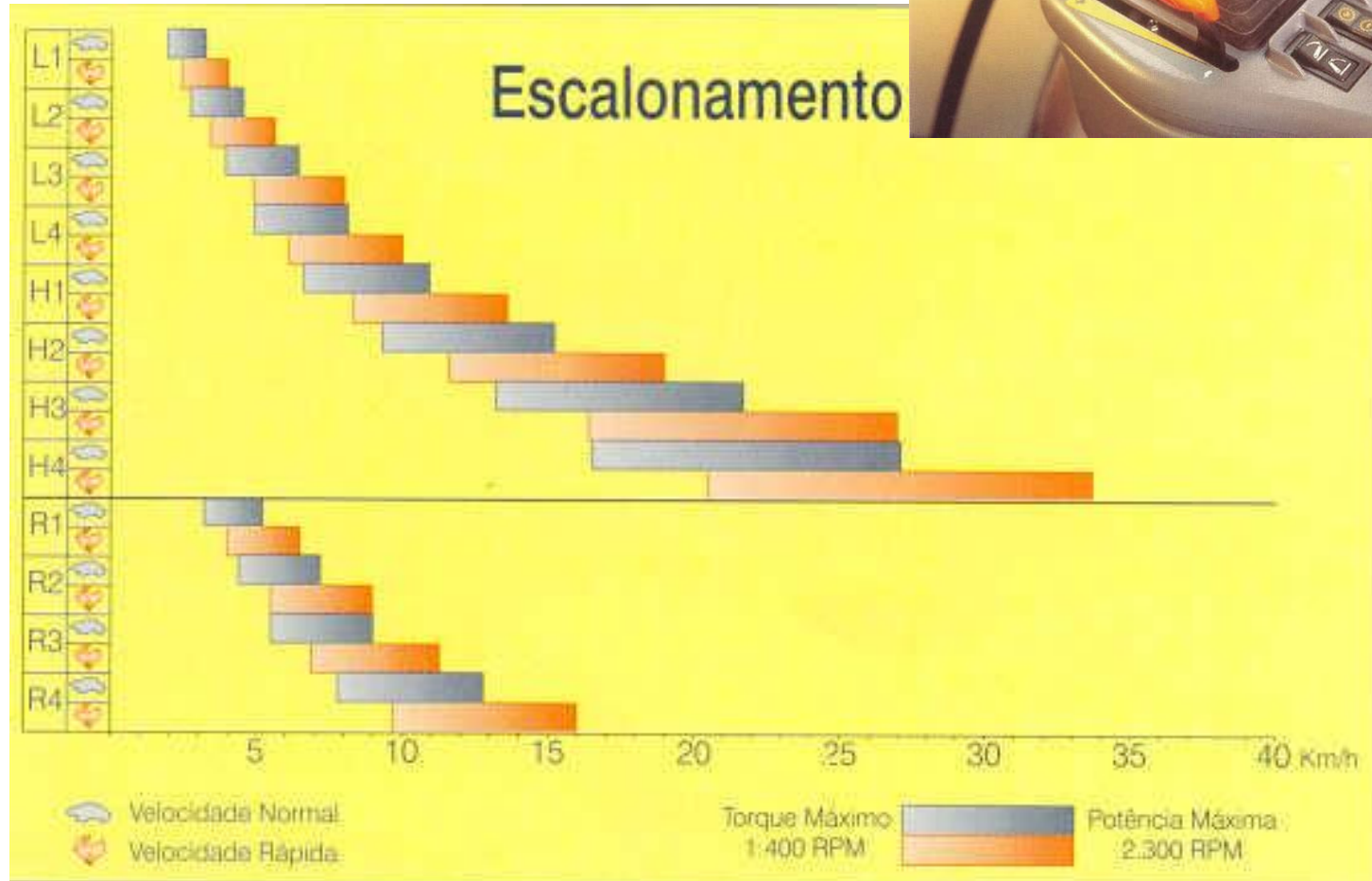
Escalonamento de marchas

- 1 - Velocidade com motor à rotação de torque máximo
- 2 - Velocidade com motor à rotação de potência máxima
- 3 - Velocidade com motor à rotação máxima durante deslocamento



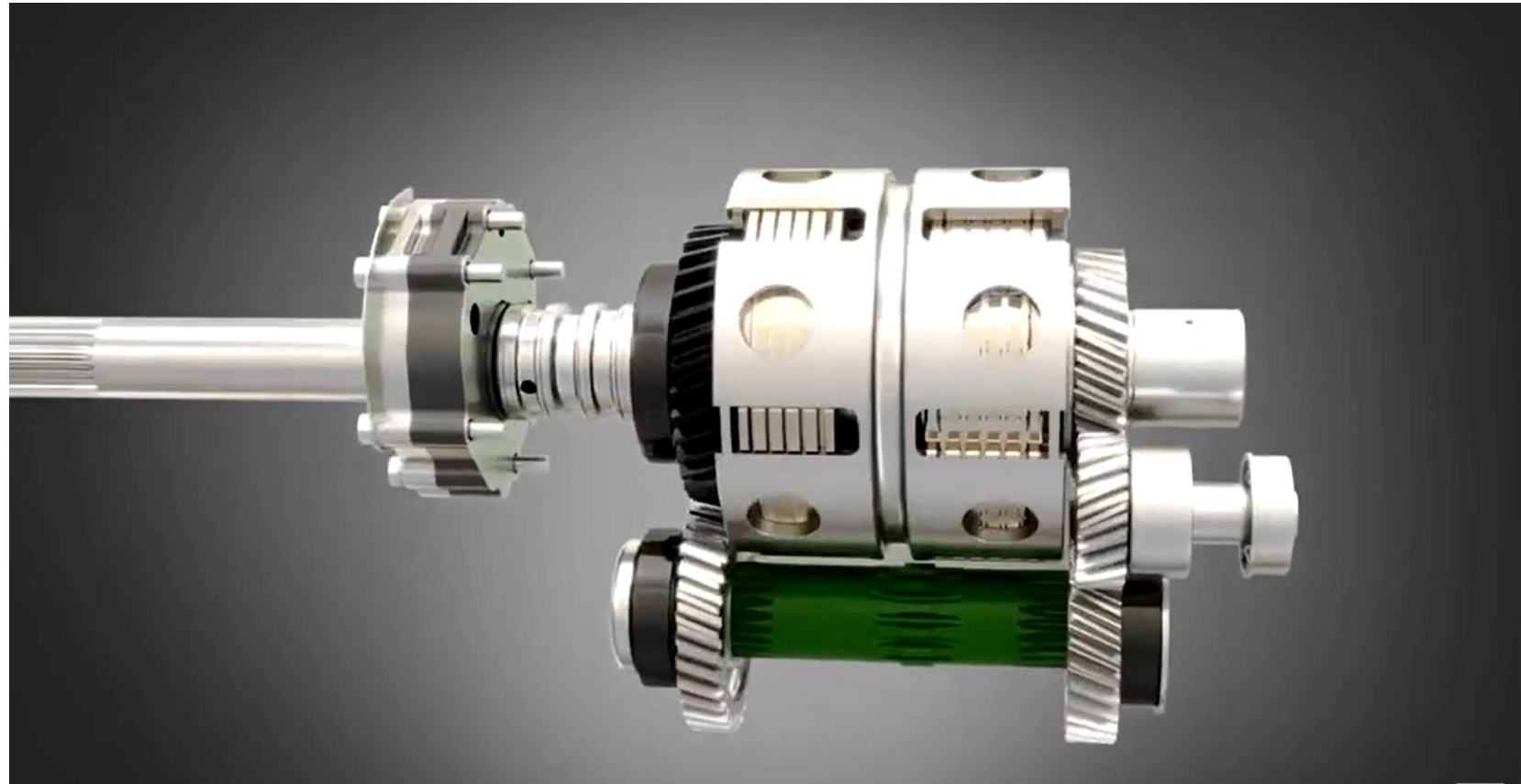
- 1 - Velocidade com motor à rotação de torque máximo
- 2 - Velocidade com motor à rotação de potência máxima
- 3 - Velocidade com motor à rotação máxima durante deslocamento



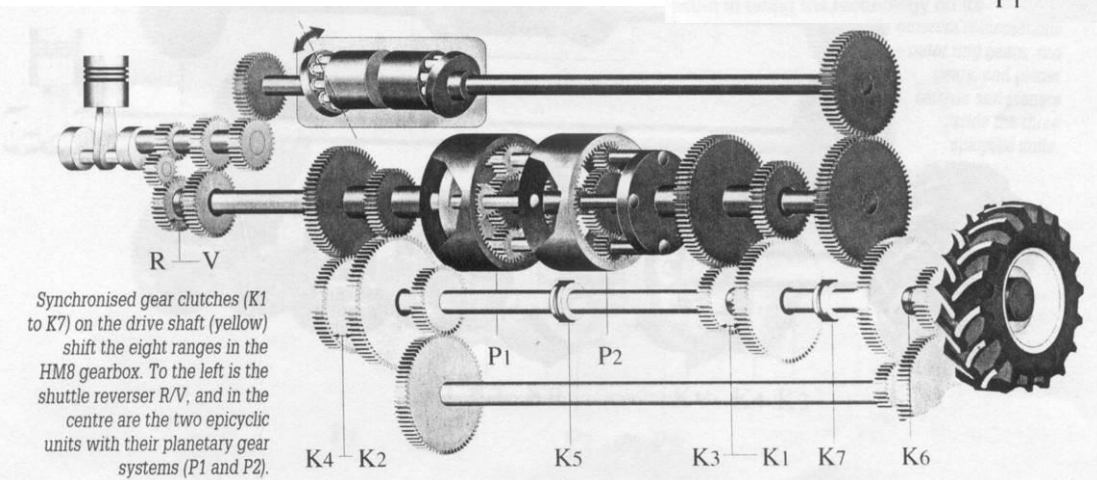
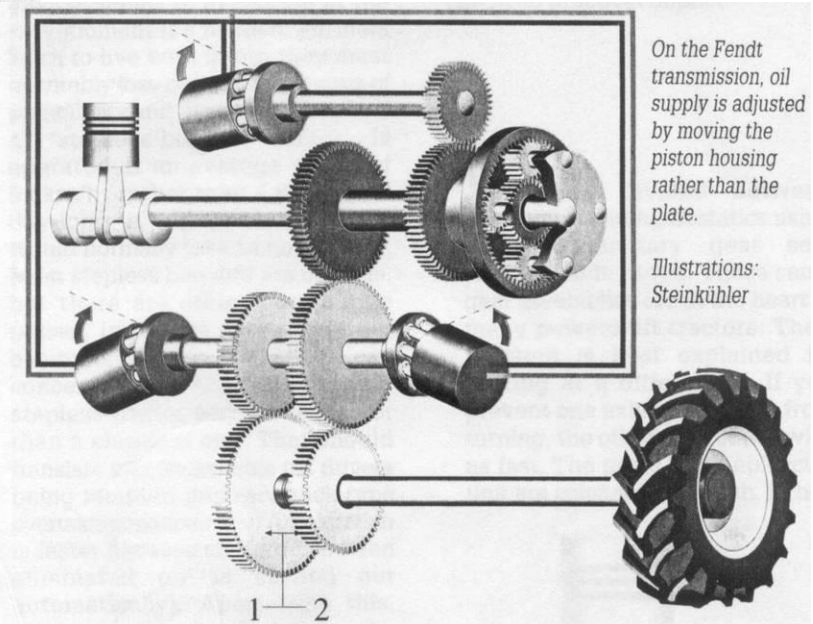
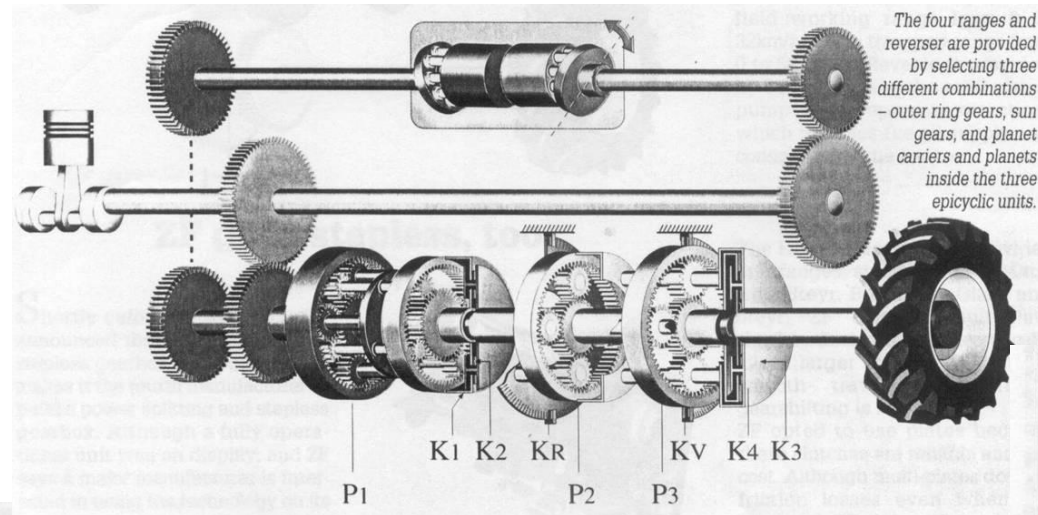


16 marchas à frente
e 8 a ré

Sistema Power Shift



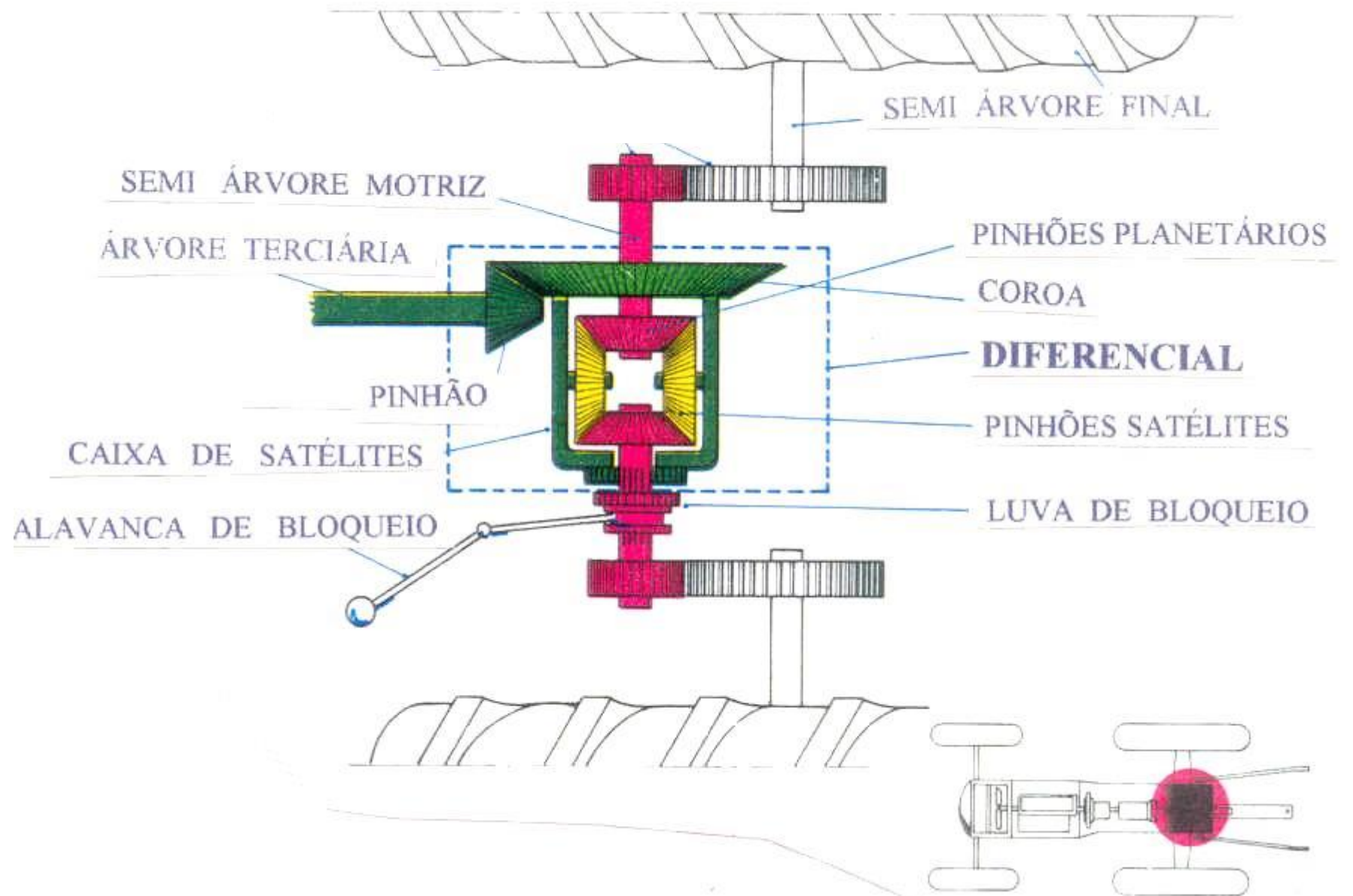
Transmissão automática – CVT (continuously variable transmission)



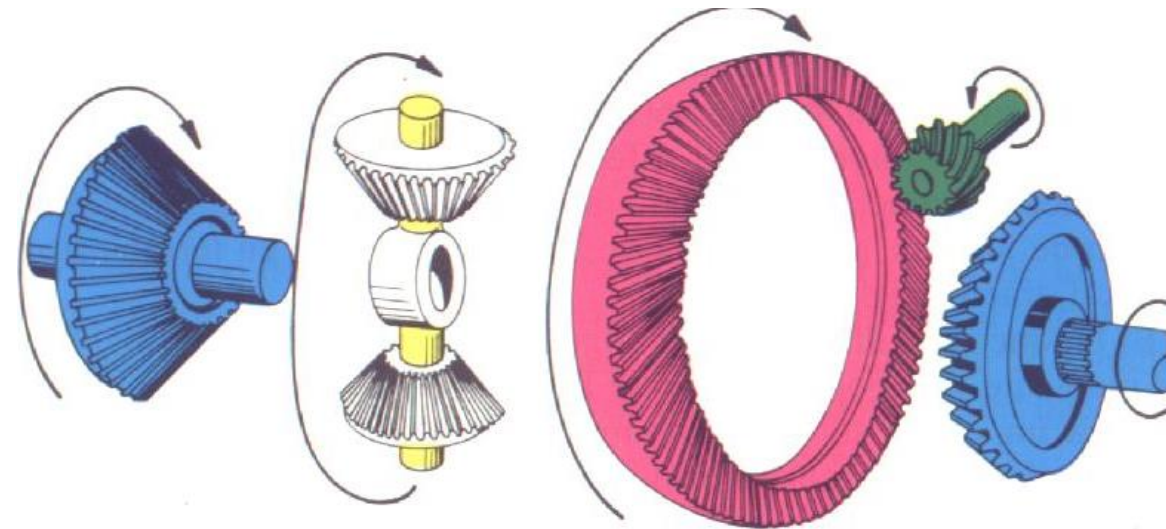
Diferencial

Função

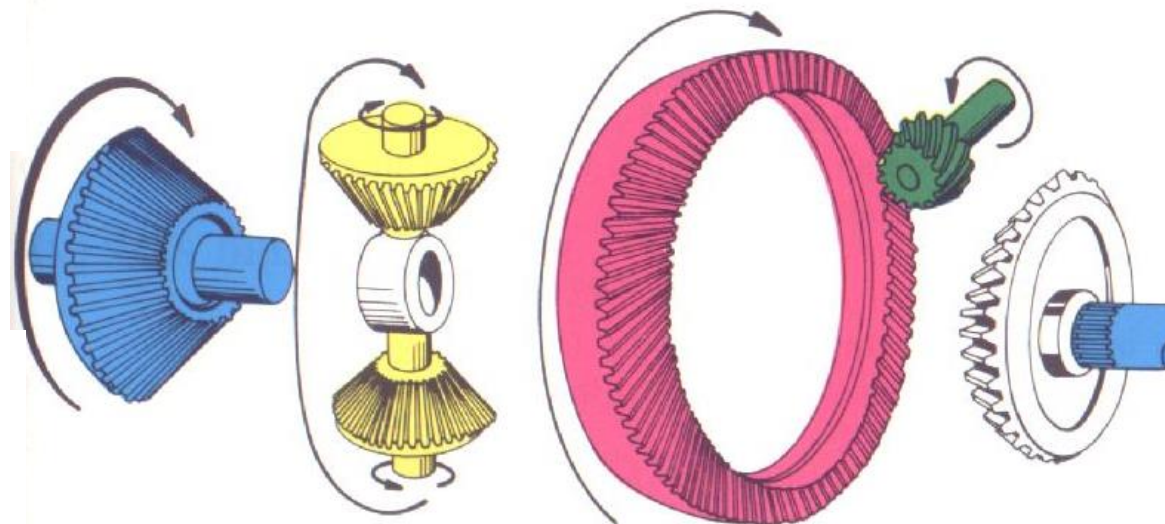
- Transmitir o movimento de forma proporcional nas curvas
- Mudar a direção da transmissão
- Reduzir a relação de transmissão



ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

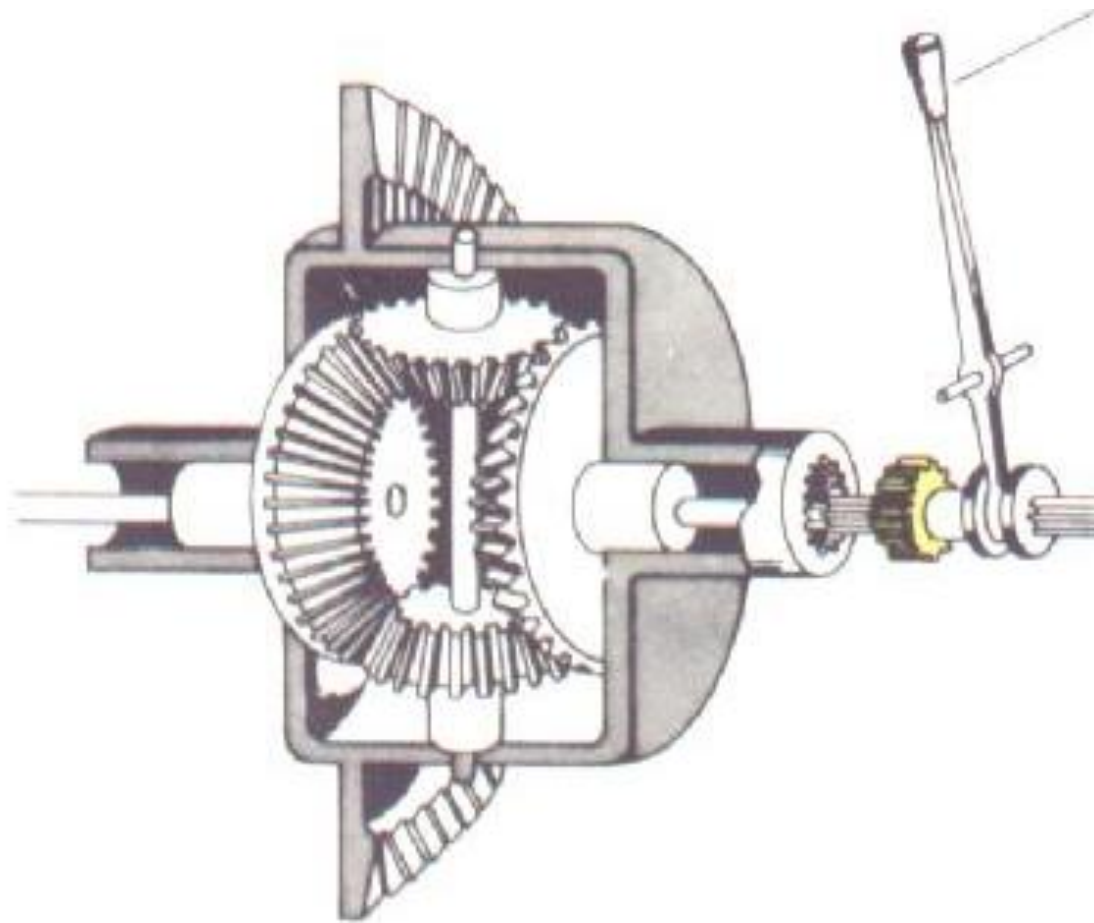


Funcionamento em reta



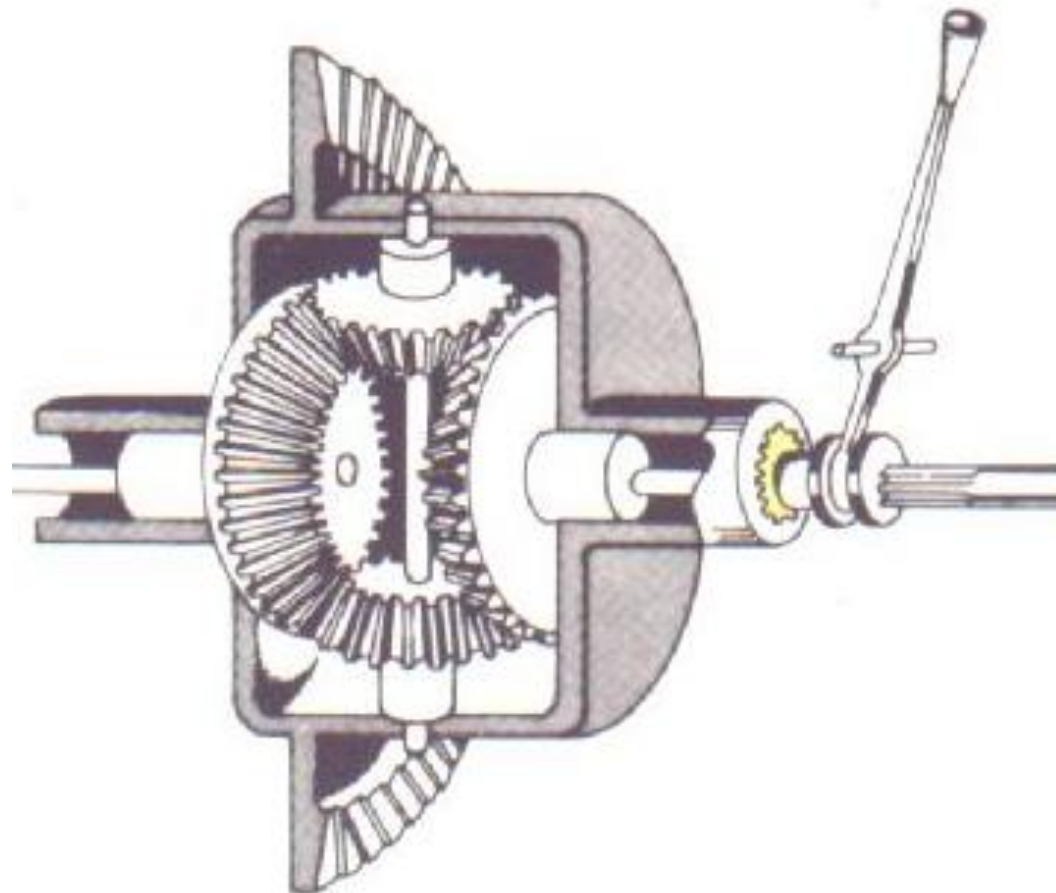
Funcionamento em curva

Bloqueio do diferencial



ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

Bloqueio do diferencial

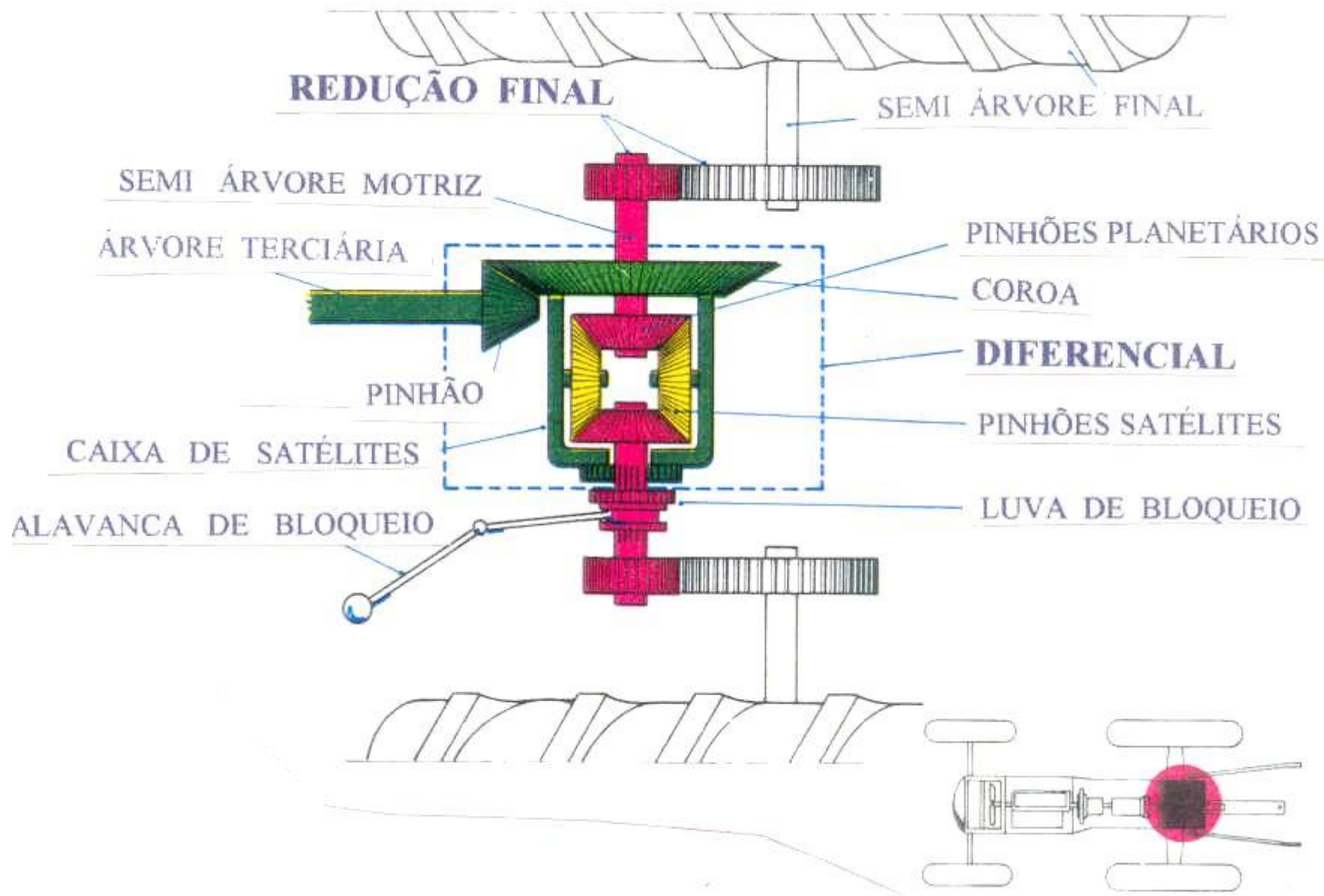


ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

Redução final

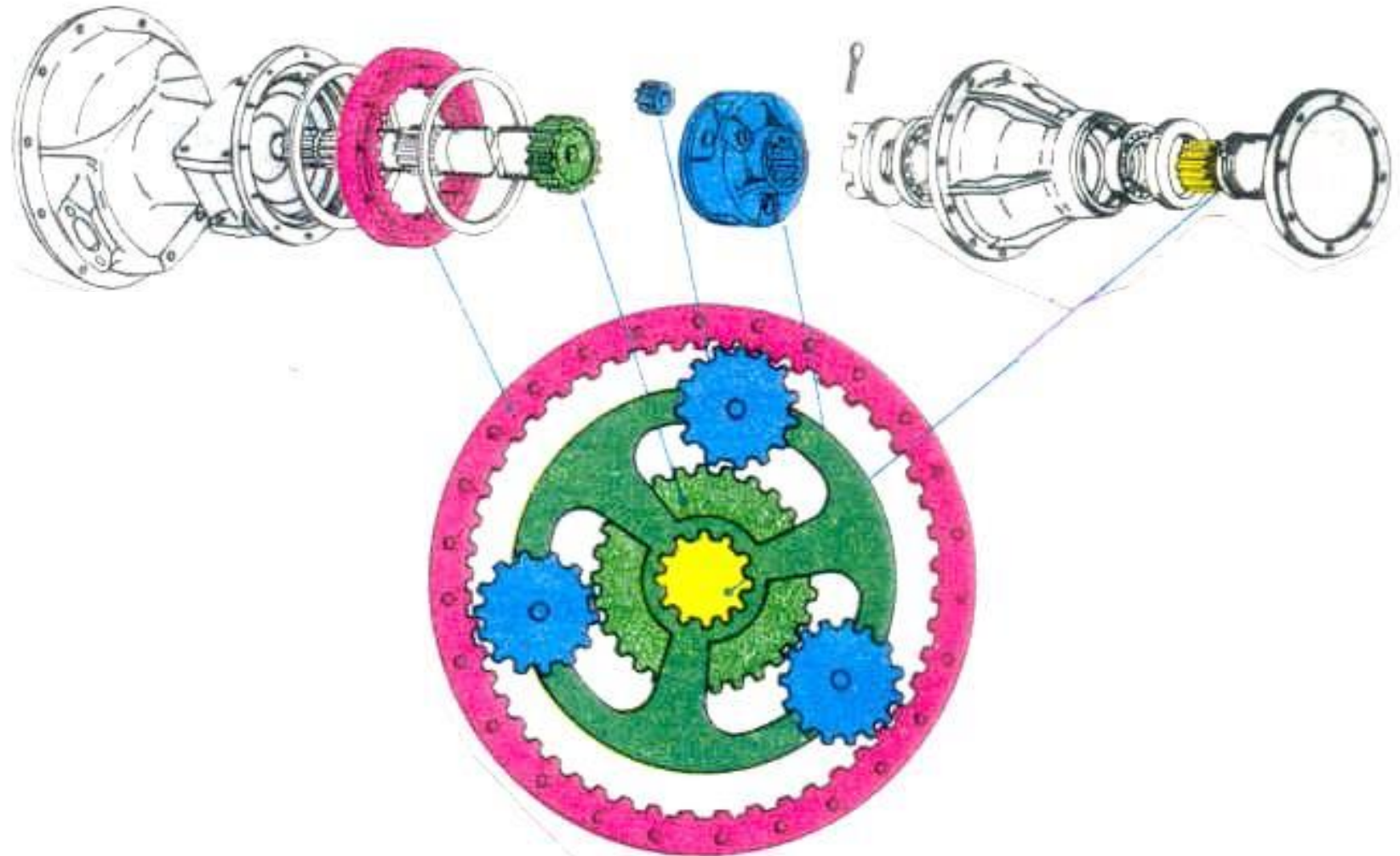
Função

- Promover a última redução na relação de transmissão do trator



ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

Redução final por conjunto planetário



Tomada de potência (TDP)

Função

- Fornecer potência vinda diretamente do motor para o acionamento de máquinas estacionárias ou acopladas ao trator

Tomada de potência (TDP)

Tipos

- Rotação constante

 - » 540 rpm

 - » 1000 rpm

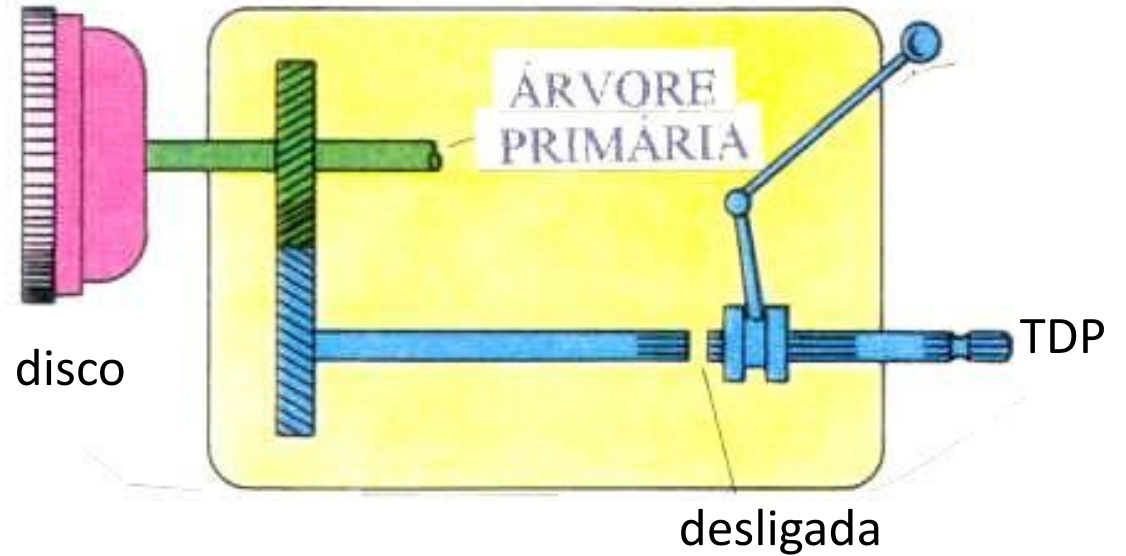
 - acionamento conjugado
 - acionamento independente

- Rotação proporcional

TDP de rotação constante

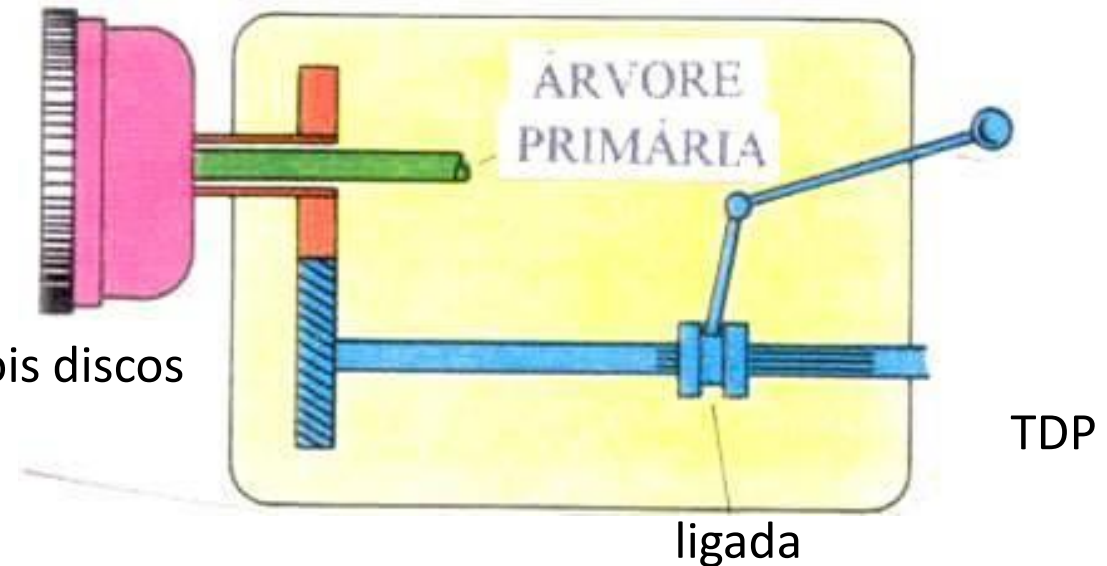
de acionamento
conjugado

embreagem de um disco



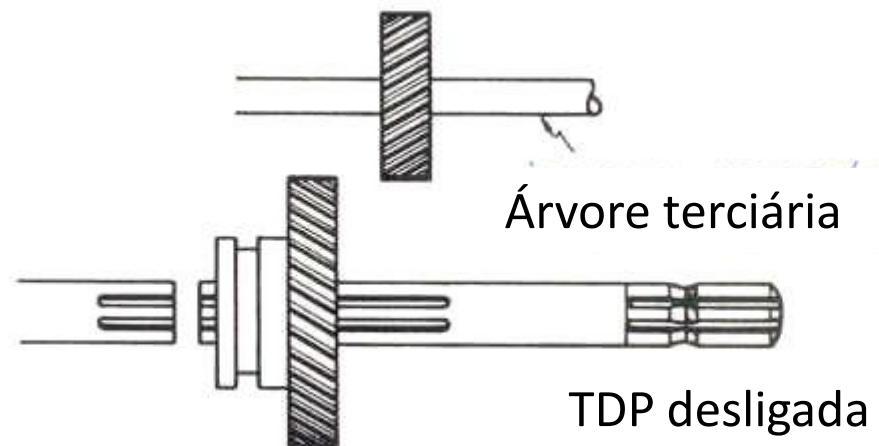
de acionamento
independente

embreagem de dois discos

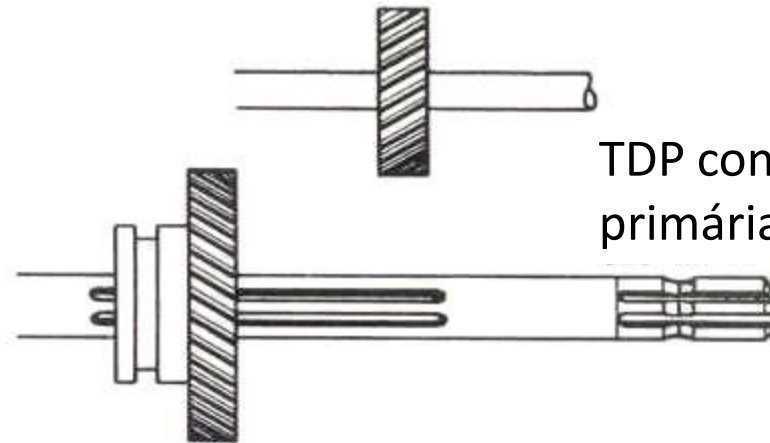


ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

TDP de rotação proporcional

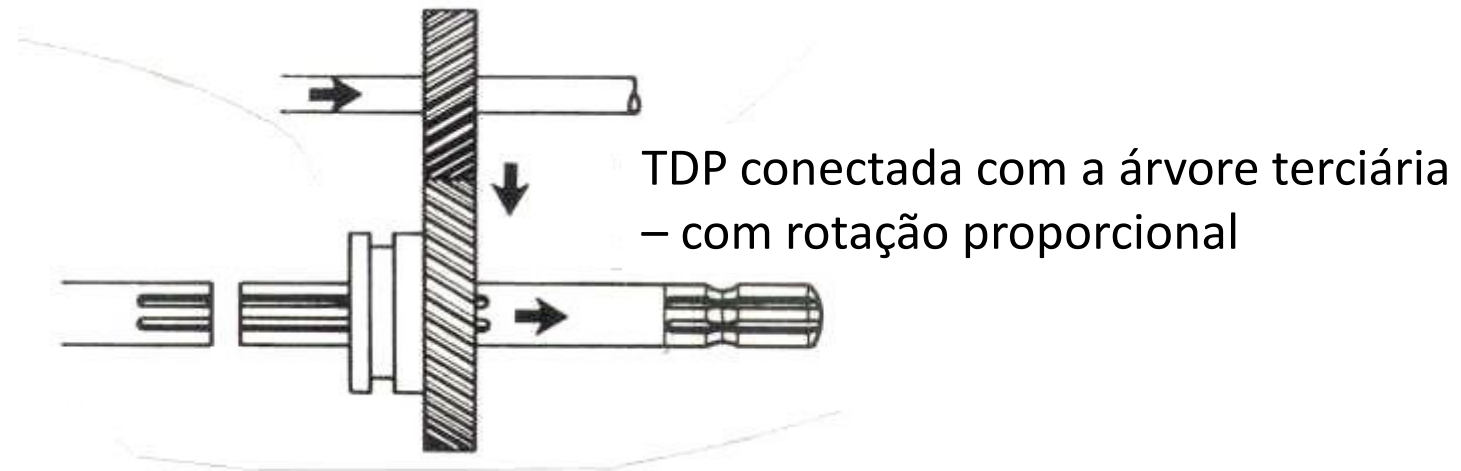


TDP de rotação proporcional

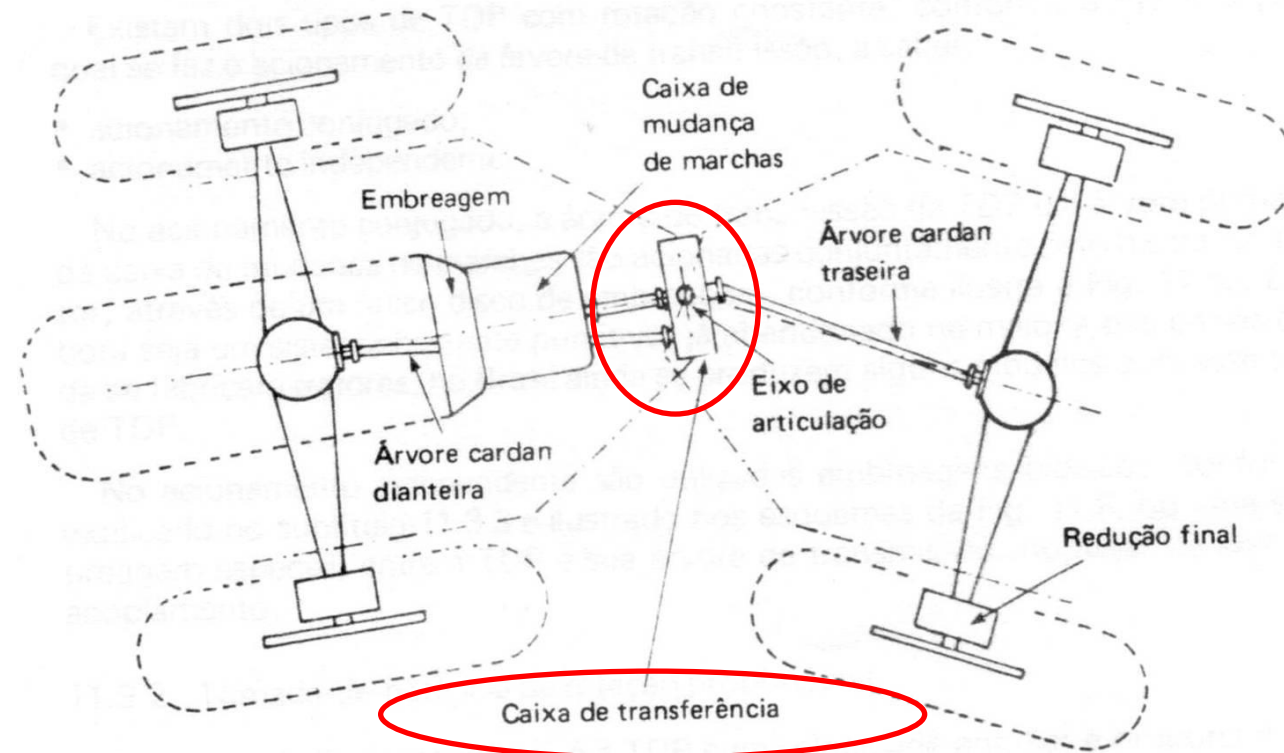


TDP conectada com a árvore primária – com rotação constante

TDP de rotação proporcional

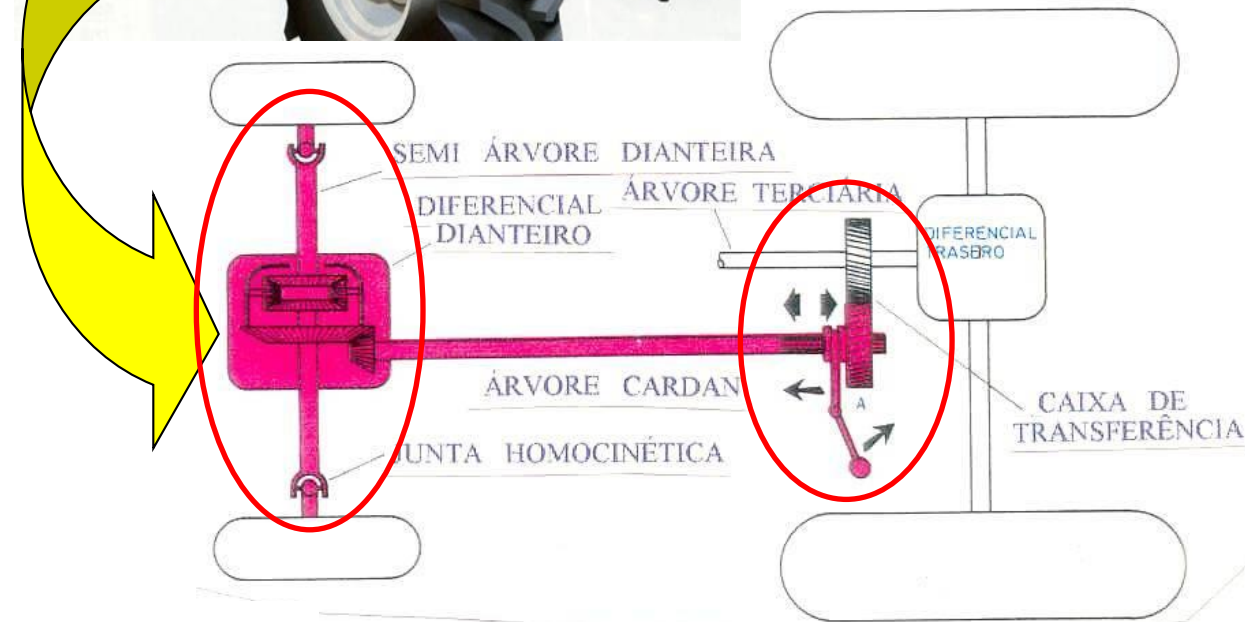
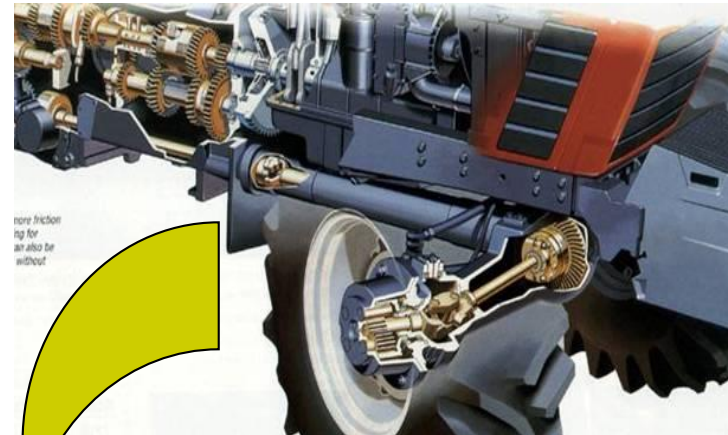


Trator 4 x 4



Mialhe, 1980

Trator 4 x 2 TDA



ATARES e LAGUNA BLANCA, 2000

Relação de avanço na tração dianteira do trator 4 x 2 TDA



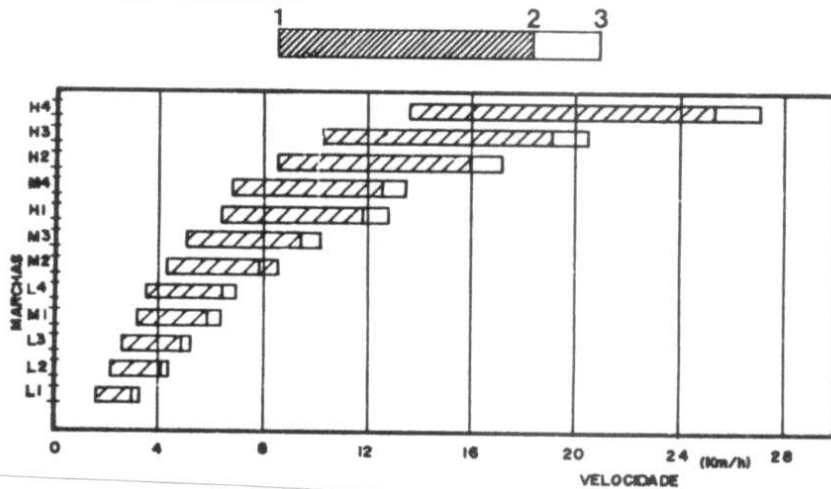
Dianteiro desloca mais que o traseiro

varia de 1 a 5%
abaixo de 1%, a tração dianteira perde eficiência trativa
acima de 5% ocorre desgaste excessivo dos pneus dianteiros

A relação pode ser alterada pelo usuário
trocando os pneus
alterando a pressão interna dos pneus

Relações fundamentais na transmissão

- 1 - Velocidade com motor à rotação de torque máximo
- 2 - Velocidade com motor à rotação de potência máxima
- 3 - Velocidade com motor à rotação máxima durante deslocamento



Marcha	Relação de transmissão (motor-roda)	Pneu 18.4/15-34"		
		Velocidade teórica em km/h		
		800 rpm	1747 rpm	2300 rpm
1 ^a (L1)	219,55:1	1,0	2,4	3,1
2 ^a (L2)	163,29:1	1,5	3,2	4,1
3 ^a (L3)	136,86:1	1,8	3,8	5,0
4 ^a (M1)	112,30:1	2,1	4,6	6,1
5 ^a (L4)	102,94:1	2,3	5,1	6,7
6 ^a (M2)	83,52:1	2,9	6,2	8,2
7 ^a (M3)	70,00:1	3,4	7,4	9,8
8 ^a (H1)	55,60:1	4,3	9,4	12,3
9 ^a (M4)	52,65:1	4,5	10,0	13,0
10 ^a (H2)	41,35:1	5,8	12,6	16,6
11 ^a (H3)	34,66:1	6,9	15,0	19,8
12 ^a (H4)	26,07:1	9,1	20,0	26,3
1 ^a Rē (R1)	129,15:1	1,8	4,0	5,3
2 ^a Rē (R2)	96,05:1	2,5	5,4	7,1
3 ^a Rē (R3)	80,50:1	3,0	6,5	8,5
4 ^a Rē (R4)	60,55:1	3,9	8,6	11,3

Relações fundamentais na transmissão

m (motor), r (rodado), t (transmissão), b (barra de tração)

$$T_m \times N_m \times E_t = T_r \times N_r \cong \text{constante}$$

$$\text{Eficiência de transmissão} - E_t = P_r / P_m$$

$$P_b = F \times v = E_r \times P_r$$

$$\text{Eficiência de tração do rodado} - E_r = P_b / P_r$$

$$P_b = P_m \times E_t \times E_r$$

$$\text{Rendimento tratório} - \eta_t = P_b / P_m$$

Um exemplo

- Rotação do motor = 1950 rpm
- torque do motor = 200 Nm
- relação de transmissão da 4ª marcha = 2,1:1
- relação de transmissão do diferencial = 6,0:1
- relação de transmissão da redução final = 3,95:1
- diâmetro dos pneus traseiros = 1100 mm
- eficiência de transmissão = 97% (p/ cada conjunto)
- rendimento tratório = 70%

Qual a velocidade?

Qual o torque no rodado?

Qual a potência no rodado?

Qual a potência na barra de tração?

Qual a velocidade?

- $i = 2,1 \times 6,0 \times 3,95 = 49,77$
- $N_2 = 1950/49,77 = 39,18\text{rpm}/60 = 0,653\text{rps}$
- Perímetro da roda = $1,1\text{m} \times \pi = 3,456\text{m}$
- $v = 0,653\text{rps} \times 3,456\text{m} = 2,26\text{m/s}$

Qual o torque no rodado?

- $E_t = 0,97^3 = 0,913$
- $T_2 = 200\text{Nm} \times 49,77 \times 0,913 = 9084,7\text{Nm}$

Qual a potência no rodado?

$$- P_r = 2 \pi \times 0,653 \text{ rps} \times 9084,7 \text{ Nm} = 37,3 \text{ kW}$$

Qual a potência na barra de tração?

$$- N_m = 1950 \text{ rpm} / 60 = 32,5 \text{ rps}$$

$$- P_m = 2 \pi \times 32,5 \text{ rps} \times 200 \text{ Nm} = 40,48 \text{ kW}$$

$$- P_b = 0,70 \times 40,48 \text{ kW} = 28,59 \text{ kW}$$

