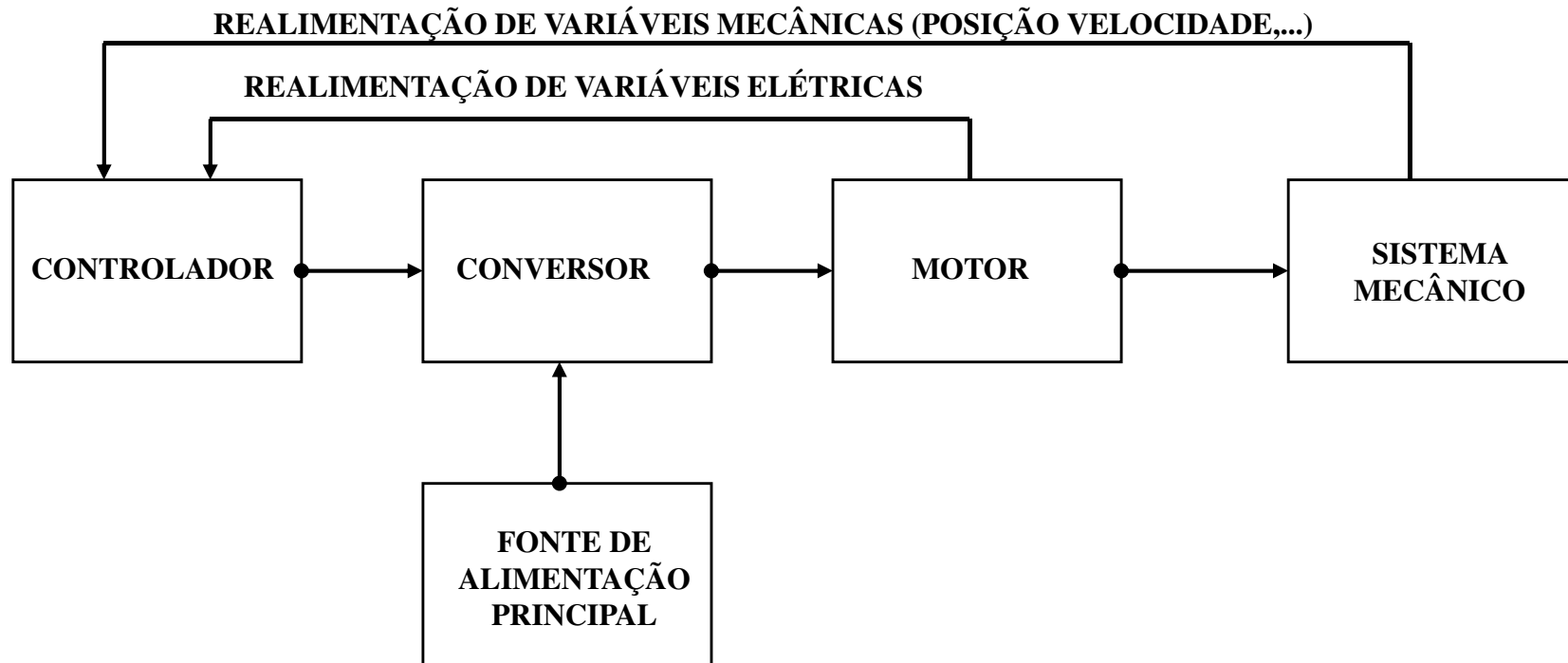


# SISTEMAS DE ACIONAMENTO DE VELOCIDADE VARIÁVEL

## ELEMENTOS DE UM SISTEMA DE ACIONAMENTO BÁSICO

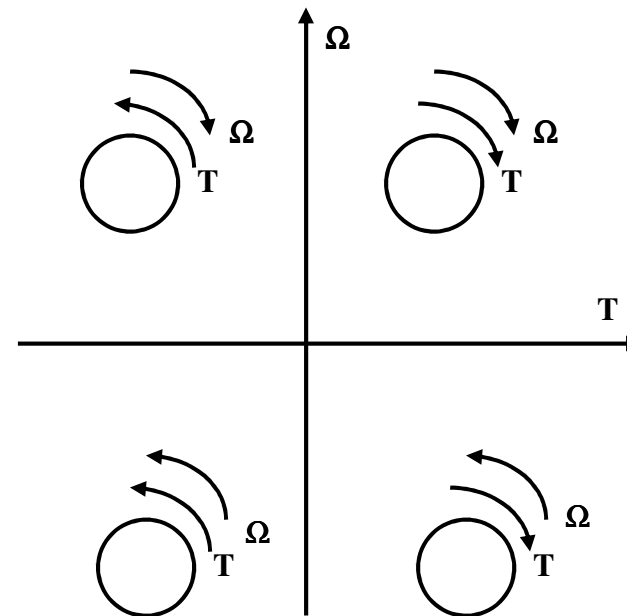


## **O SISTEMA MECÂNICO**

- **O sistema mecânico é visto pelo motor como um conjugado (torque) que deve ser aplicado ao eixo pelo acoplamento do motor.**
- **Para a operação em regime estacionário, a definição entre a relação do conjugado de carga e a velocidade do motor pode ser feita em termos dos quatro quadrantes do diagrama “conjugado-velocidade”.**

# DIAGRAMA CONJUGADO-VELOCIDADE

- **Quadrante 1** : Acionamento direto
- **Quadrante 2** : O sistema mecânico demanda um conjugado negativo para proporcionar a frenagem.
- **Quadrante 3**: O conjugado e a rotação são revertidas. Similar ao primeiro quadrante.
- **Quadrante 4**: Duas condições possíveis. Se as condições elétricas são as mesmas do primeiro quadrante, o sistema mecânico está acionando o motor em uma direção oposta. É um outro tipo de frenagem chamada e “plugging”. Se as condições elétricas são as do terceiro quadrante, tem-se a frenagem reversa.



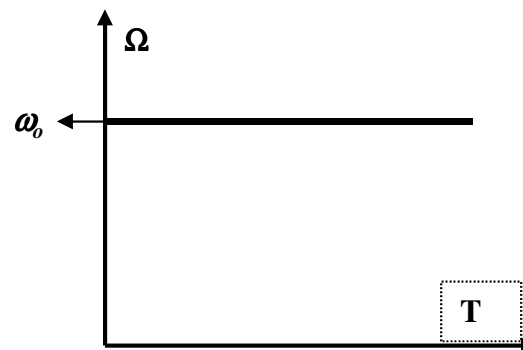
# CARACTERÍSTICA CONJUGADO - VELOCIDADE DOS MOTORES ELÉTRICOS

**1º GRUPO:** *Característica essencialmente rígida.*

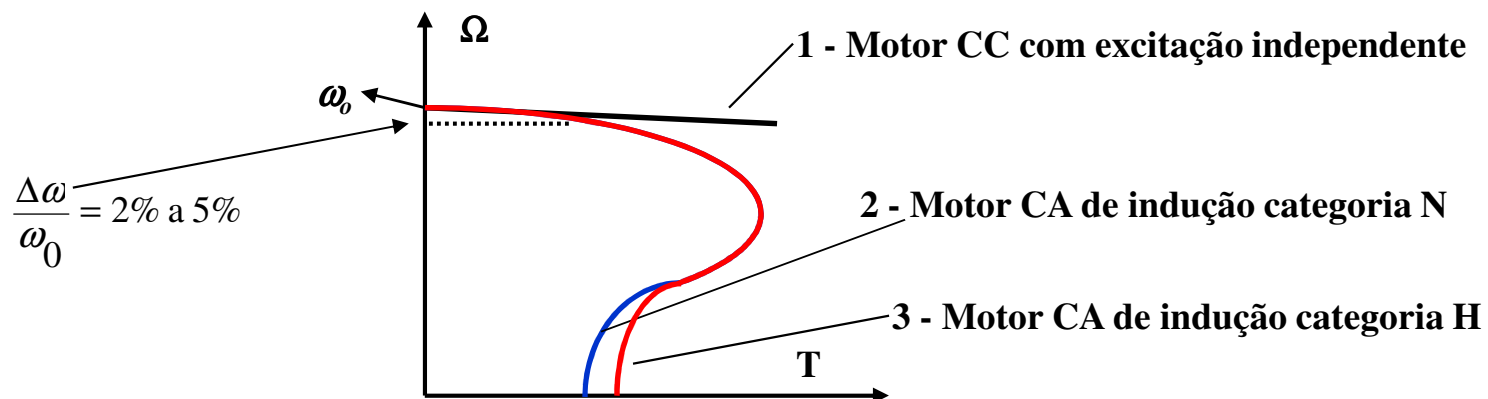
$$\frac{\Delta\omega}{\omega_0} = 0\%$$

$\omega_0$ : *velocidade síncrona*

Motor Síncrono

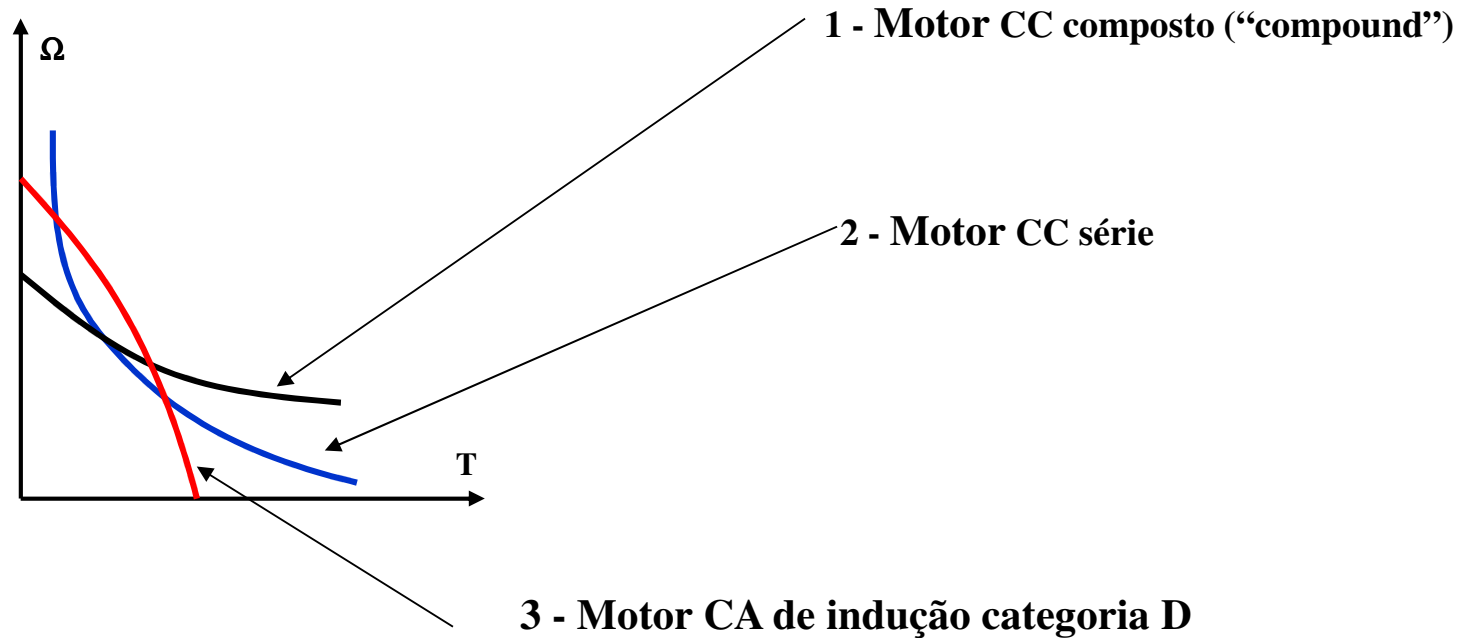


**2º GRUPO:** *Característica rígida.*



# CARACTERÍSTICA CONJUGADO - VELOCIDADE DOS MOTORES ELÉTRICOS

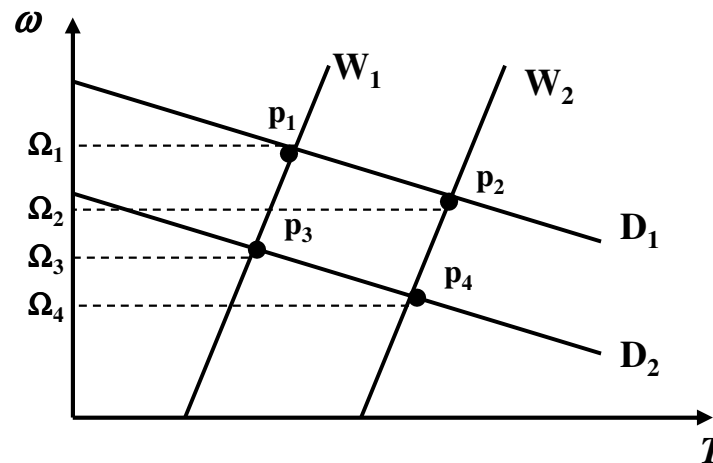
3º GRUPO: *Característica flexível.*



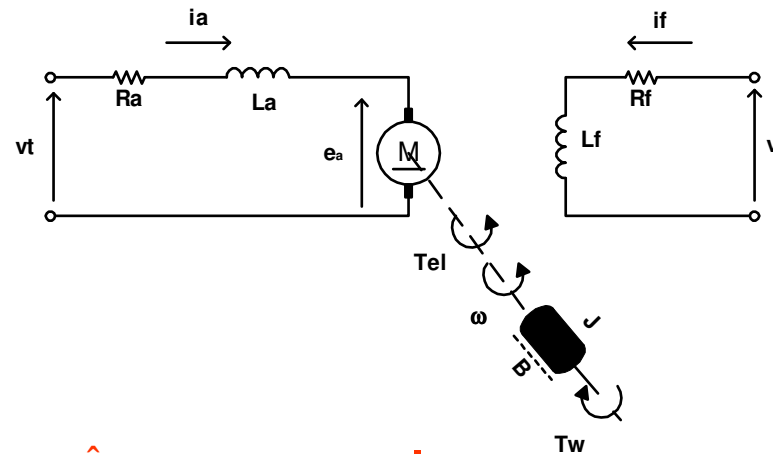
# CARACTERÍSTICAS DO ACIONAMENTO

*Uma vez estando definida a característica conjugado-velocidade da carga, é possível considerar a combinação motor-controlador (que é também influenciada pela natureza da fonte de alimentação).*

*Qualquer combinação motor-conversor pode ser representada, em regime estacionário, por uma família de características conjugado-velocidade em malha aberta, que corresponde a uma série de ajustes de controle.*



## MODELO MATEMÁTICO DO MOTOR CC DE EXCITAÇÃO INDEPENDENTE



- EQUAÇÕES DINÂMICAS**

$$v_f = R_f \cdot i_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

$$v_t = k\phi\omega + L_a \frac{di_a}{dt} + R_a \cdot i_a$$

$$T_{el} = k\phi i_a = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_w$$

- EQUAÇÕES ESTÁTICAS (REGIME PERMANENTE)**

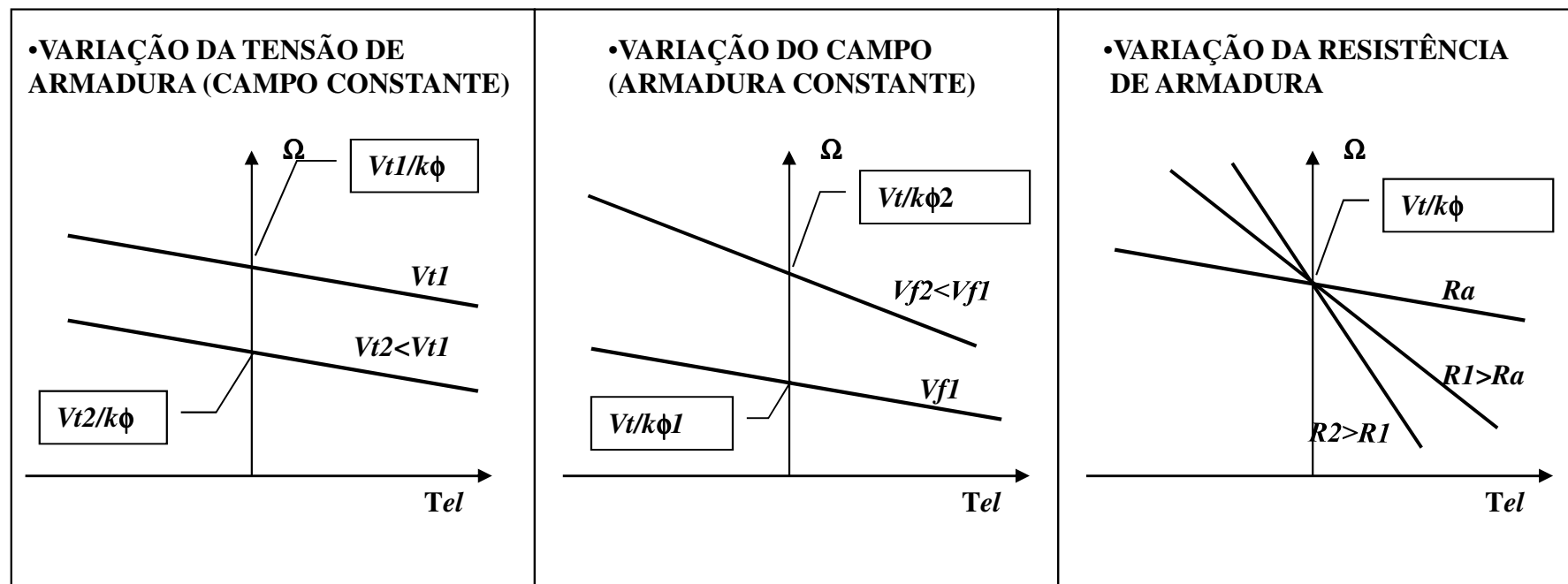
$$V_f = R_f \cdot I_f$$

$$V_t = k\Phi\Omega + R_a \cdot I_a$$

$$T = k\Phi I_a = B\Omega + T_w$$

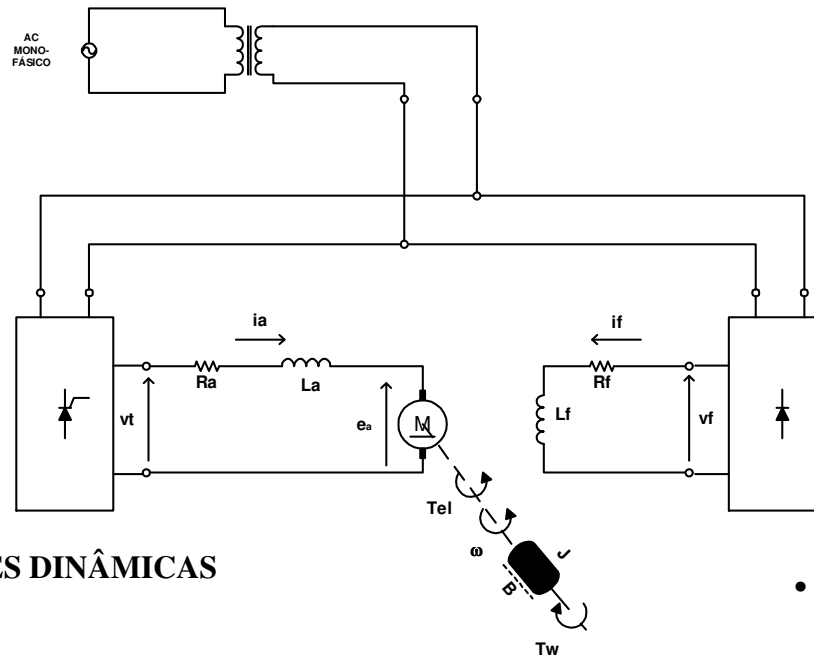
## CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS DO MOTOR CC DE EXCITAÇÃO INDEPENDENTE

$$\Omega = \frac{V_t}{k\Phi} - \frac{R_a \cdot T_{el}}{(k\Phi)^2} = \frac{k\Phi \cdot V_t - R_a \cdot T_w}{(k\Phi)^2 + R_a \cdot B}$$





# ACIONAMENTO DE MOTORES CC DE EXCITAÇÃO INDEPENDENTE MONOFÁSICOS



- EQUAÇÕES DINÂMICAS

$$v_f = R_f \cdot i_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

$$v_t = k\phi\omega + L_a \frac{di_a}{dt} + R_a \cdot i_a$$

$$T_{el} = k\phi i_a = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_w$$

- EQUAÇÕES ESTÁTICAS (REGIME PERMANENTE)

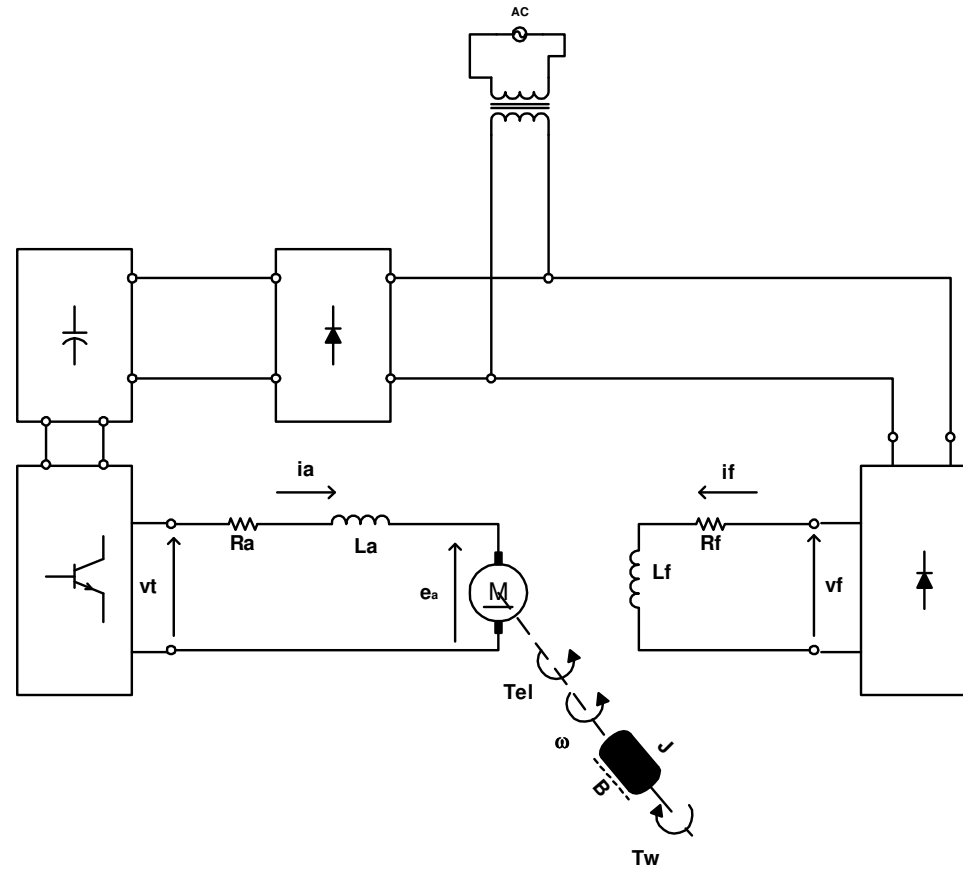
- (VALORES MÉDIOS)

$$V_f = R_f \cdot I_f$$

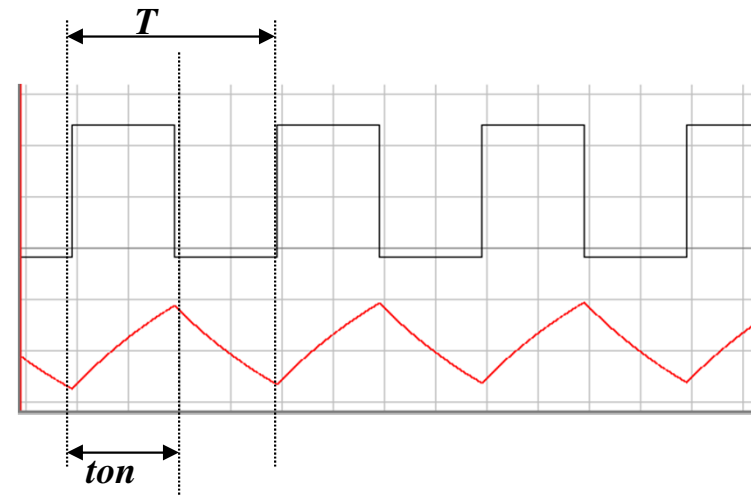
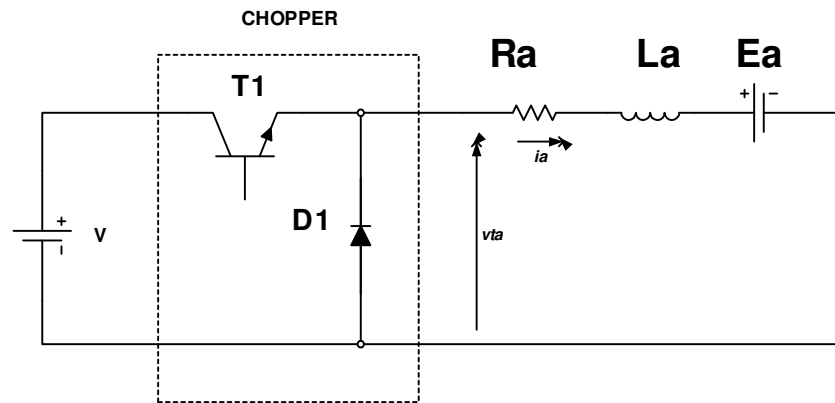
$$V_t = k\Phi\Omega + R_a \cdot I_a$$

$$T = k\Phi I_a = B\Omega + T_w$$

# ACIONAMENTO DE MOTORES CC DE EXCITAÇÃO INDEPENDENTE COM CHOPPERS



# CHOPPER DE 1 QUADRANTE EM CONDUÇÃO CONTÍNUA



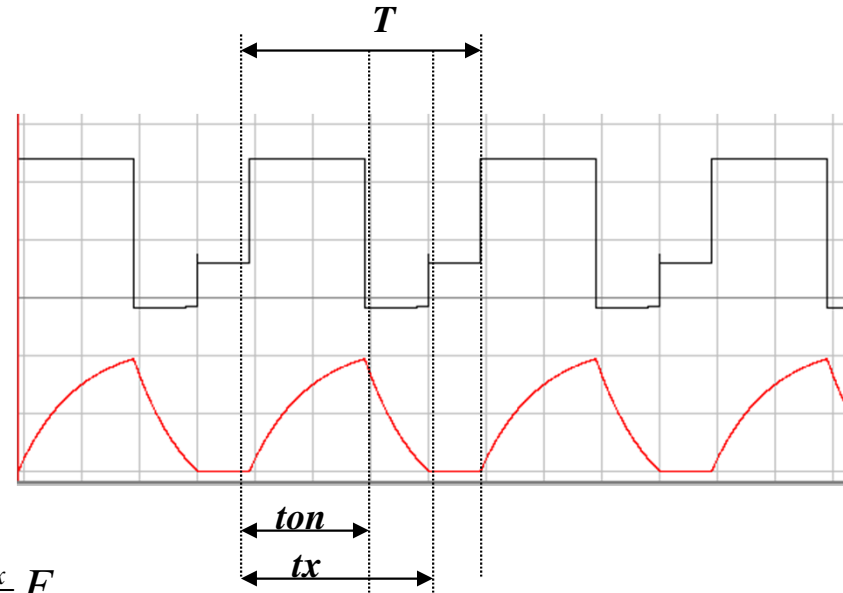
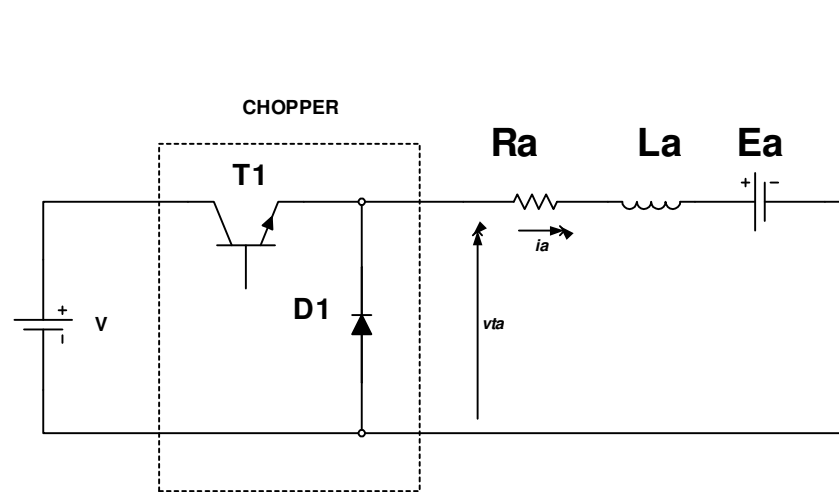
$$V_{t0} = \frac{t_{ON}}{T} V = \delta \cdot V \quad \text{onde } \delta \text{ é o ciclo de trabalho}$$

$$I_{a0} = \frac{V_{t0} - k\phi\Omega_0}{R_a}$$

$$\Omega_0 = \frac{V_{t0}}{k\phi} - \frac{R_a \cdot T_0}{(k\phi)^2} = \frac{\delta V}{k\phi} - \frac{R_a \cdot T_0}{(k\phi)^2}$$

$$T_0 = k\phi I_{a0}$$

# CHOPPER DE UM QUADRANTE EM CONDUÇÃO DESCONTÍNUA



$$V_{t0} = \frac{t_{ON}}{T} V + \frac{(T - t_x)}{T} E_a = \delta \cdot V + E_a - \frac{t_x}{T} E_a$$

$$t_x = \tau_a \ln \left\{ e^{ton/\tau_a} \left[ 1 + \frac{V - E_a}{E_a} (1 - e^{-ton/\tau}) \right] \right\}$$

$$I_{a0} = \frac{V_{t0} - k\Phi\Omega_0}{R_a}$$

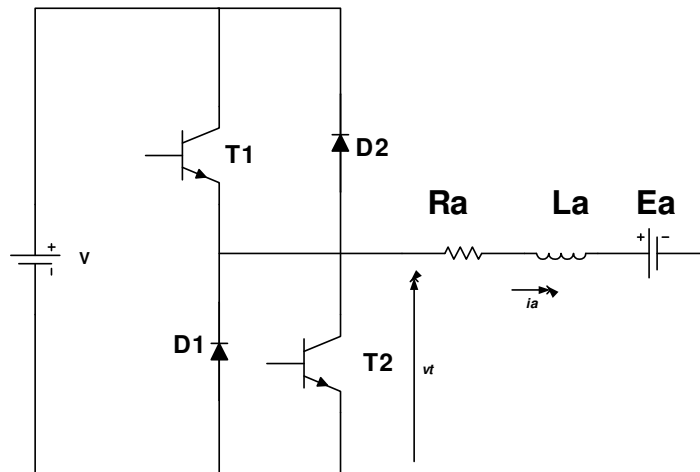
$$T_0 = k\Phi I_{a0}$$

$$\Omega_0 = \frac{V_{t0}}{k\Phi} - \frac{Ra \cdot T_0}{(k\Phi)^2}$$

# CHOPPERS DE DOIS E QUATRO QUADRANTES

## CHOPPER DE DOIS QUADRANTES

- Chopper Regenerativo
- Só opera em condução contínua



## CHOPPER DE QUATRO QUADRANTES

- Chopper Regenerativo e Reversível
- Só opera em condução contínua

