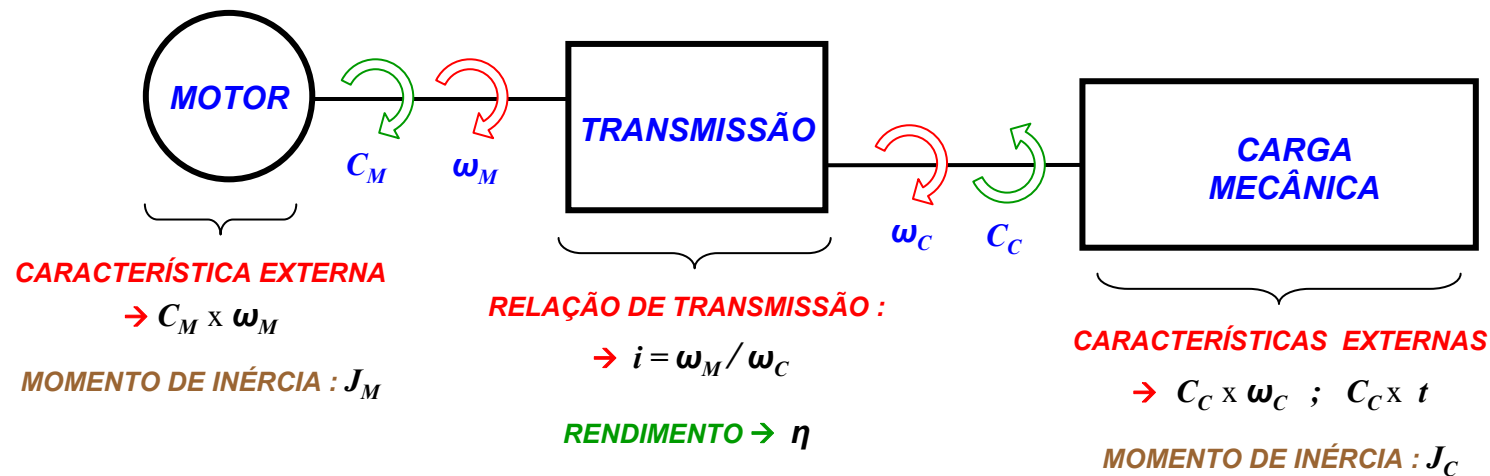


PARTE 2 – ACIONAMENTOS

ASPECTOS GERAIS DOS ACIONAMENTOS INDUSTRIAIS

ACIONAMENTO → **CARACTERIZADO POR MOTOR ACOPLADO A UMA CARGA MECÂNICA ATRAVÉS DE UMA TRANSMISSÃO ADEQUADA**



POTÊNCIA DE SAÍDA NO EIXO DO MOTOR: $P_M = C_M \cdot \omega_M \rightarrow P_M: [W]$; $C_M: [N.m]$; $\omega_M: [rd/s]$

POTÊNCIA DE ENTRADA NO EIXO DA CARGA: $P_C = C_C \cdot \omega_C$

$$\rightarrow P_M = (1/\eta) \cdot P_C$$

CARGA REFERIDA AO EIXO DO MOTOR:

CONJUGADO REFERIDO $\rightarrow C_M = \frac{C_C}{i \cdot \eta}$

VELOCIDADE REFERIDA $\rightarrow \omega_M = i \cdot \omega_C$

MOMENTO DE INÉRCIA TOTAL TRACIONADO $\rightarrow J_{TOT} = J_M + \frac{1}{i^2} \cdot J_C$

TRANSMISSÃO REDUTORA: $i > 1$; TRANSMISSÃO MULTIPLICADORA: $i < 1$

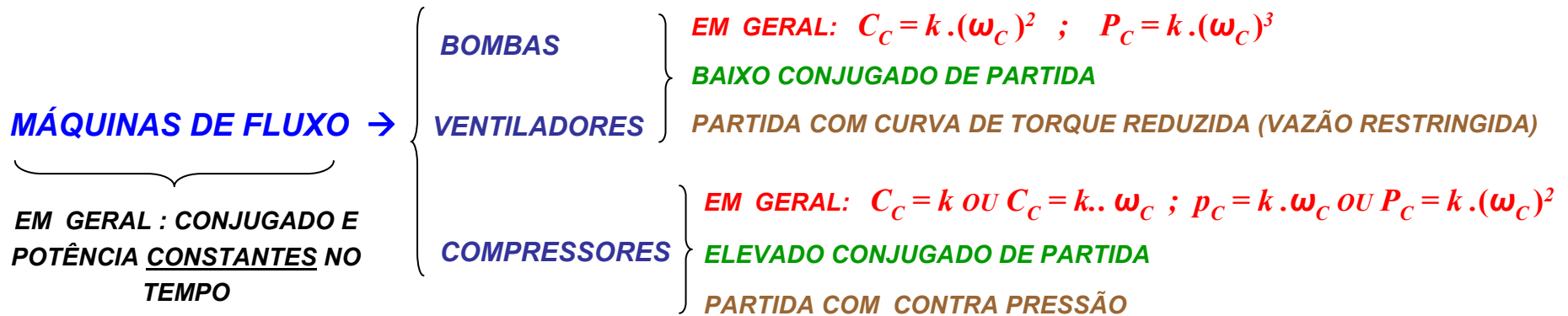
TIPO DE MOTOR (CARACTERÍSTICA $C_M \times \omega_M$)
 VELOCIDADE (FIXA – VARIÁVEL – CONTROLÁVEL)
 POTÊNCIA REQUERIDA - REGIME DE TRABALHO

ASSOCIADO AO TIPO E NATUREZA
 DA CARGA MECÂNICA ACIONADA

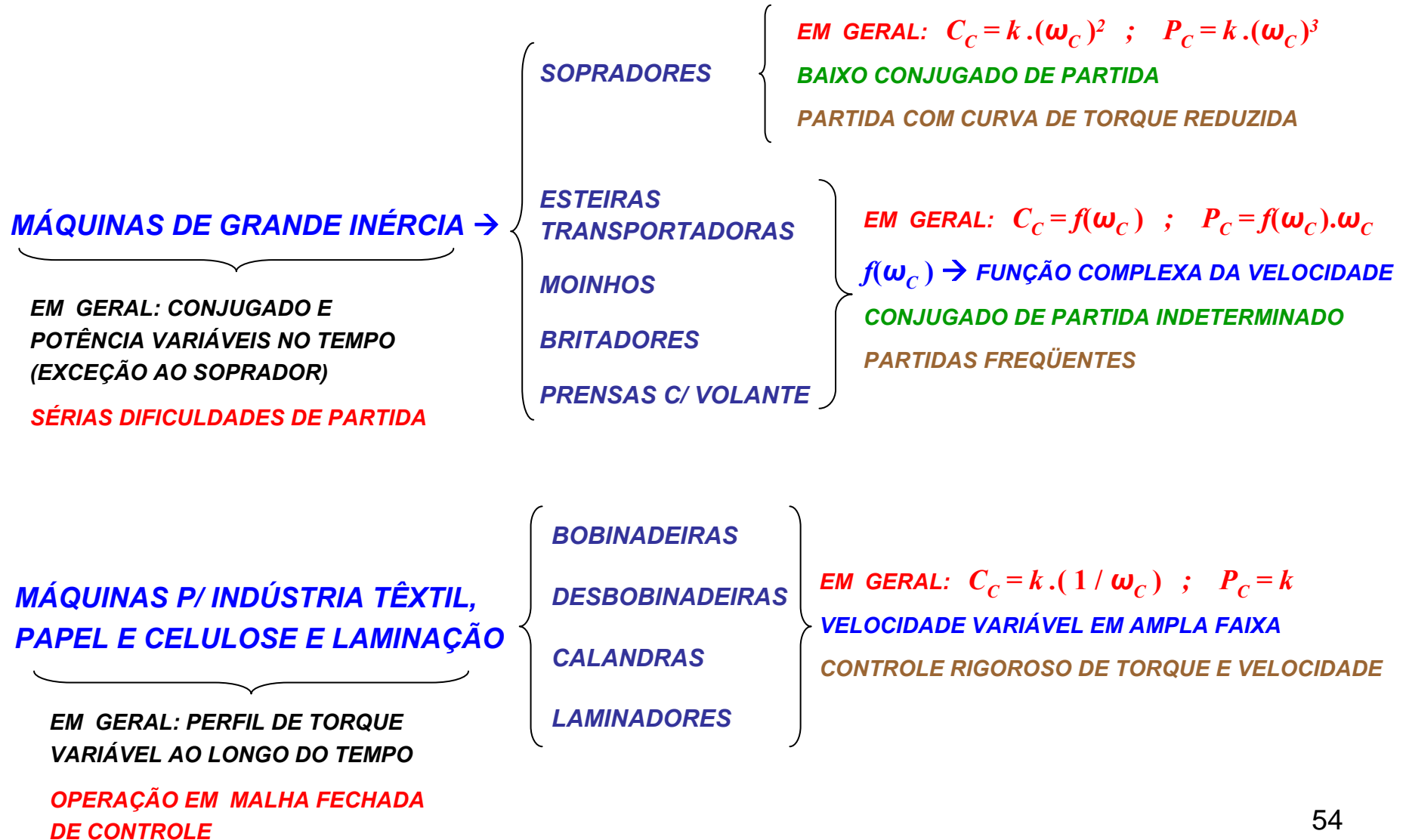
MÉTODO DE PARTIDA (VAZIO – EM CARGA)
 LIMITAÇÃO DE CORRENTE DE PARTIDA
 DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DE PARTIDAS

ASSOCIADO AO TIPO DE ALIMENTADOR
 DISPONÍVEL E LIMITE DE IMPACTO
 ELÉTRICO PERMITIDO NA REDE

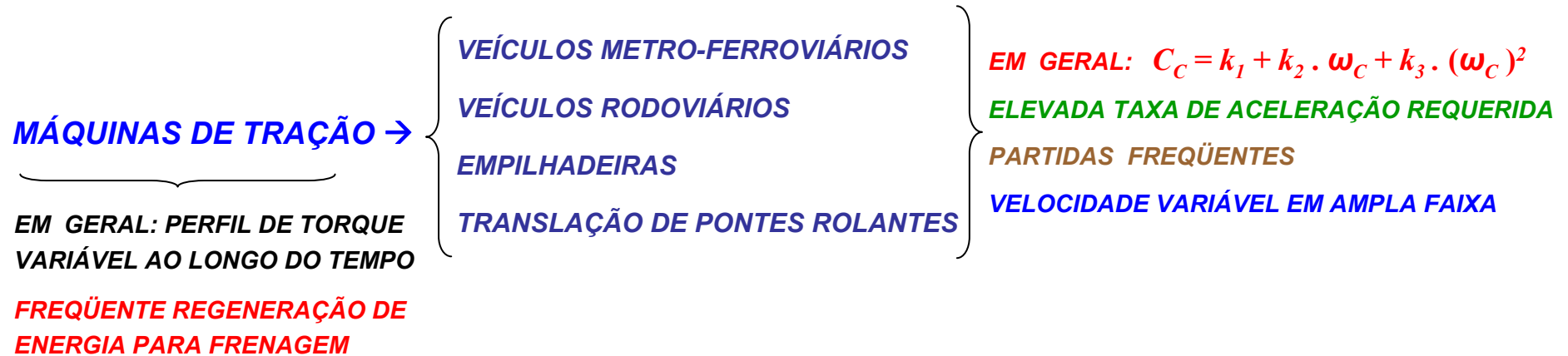
CARGAS MECÂNICAS → PRINCIPAIS TIPOS E CARACTERÍSTICAS



CARGAS MECÂNICAS → PRINCIPAIS TIPOS E CARACTERÍSTICAS



CARGAS MECÂNICAS → PRINCIPAIS TIPOS E CARACTERÍSTICAS



CARGAS MECÂNICAS PODEM IMPOR AOS MOTORES:

SEVERAS SOLICITAÇÕES MECÂNICAS → VIBRAÇÃO – CHOQUE - ESFORÇOS ESTRUTURAIS

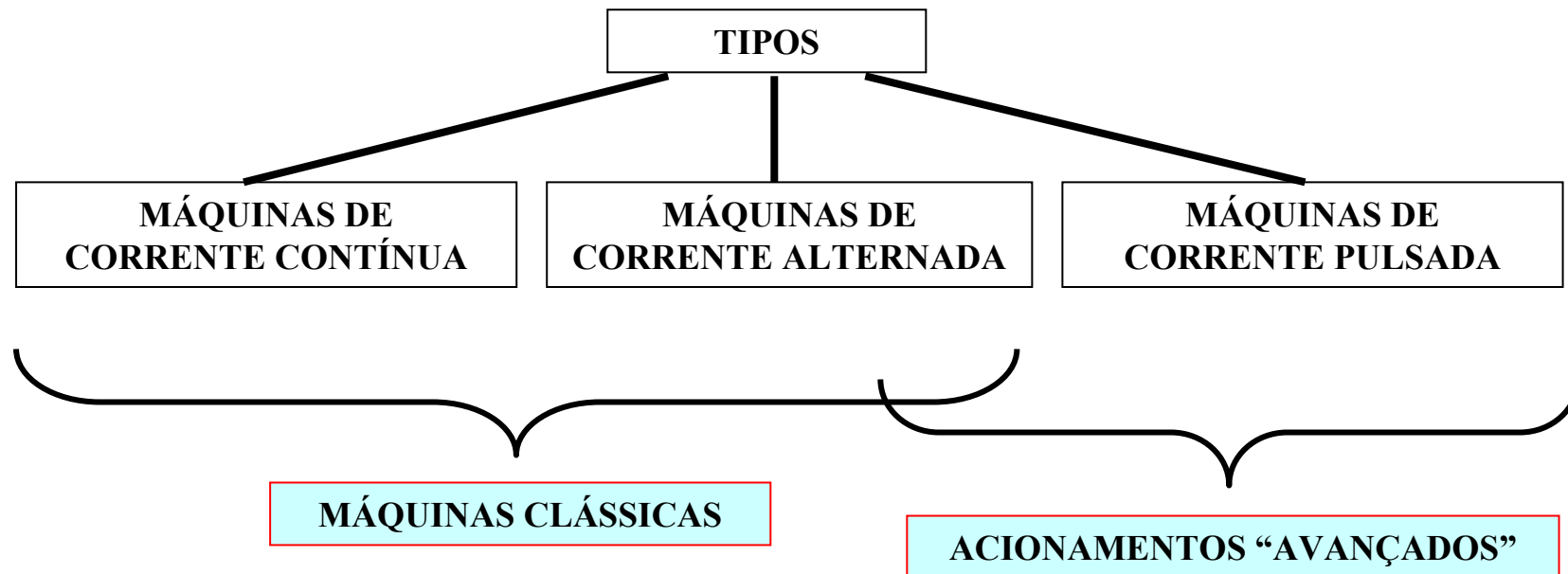
SEVERAS SOLICITAÇÕES AMBIENTAIS → TEMPERATURA – UMIDADE – AMBIENTE AGRESSIVO

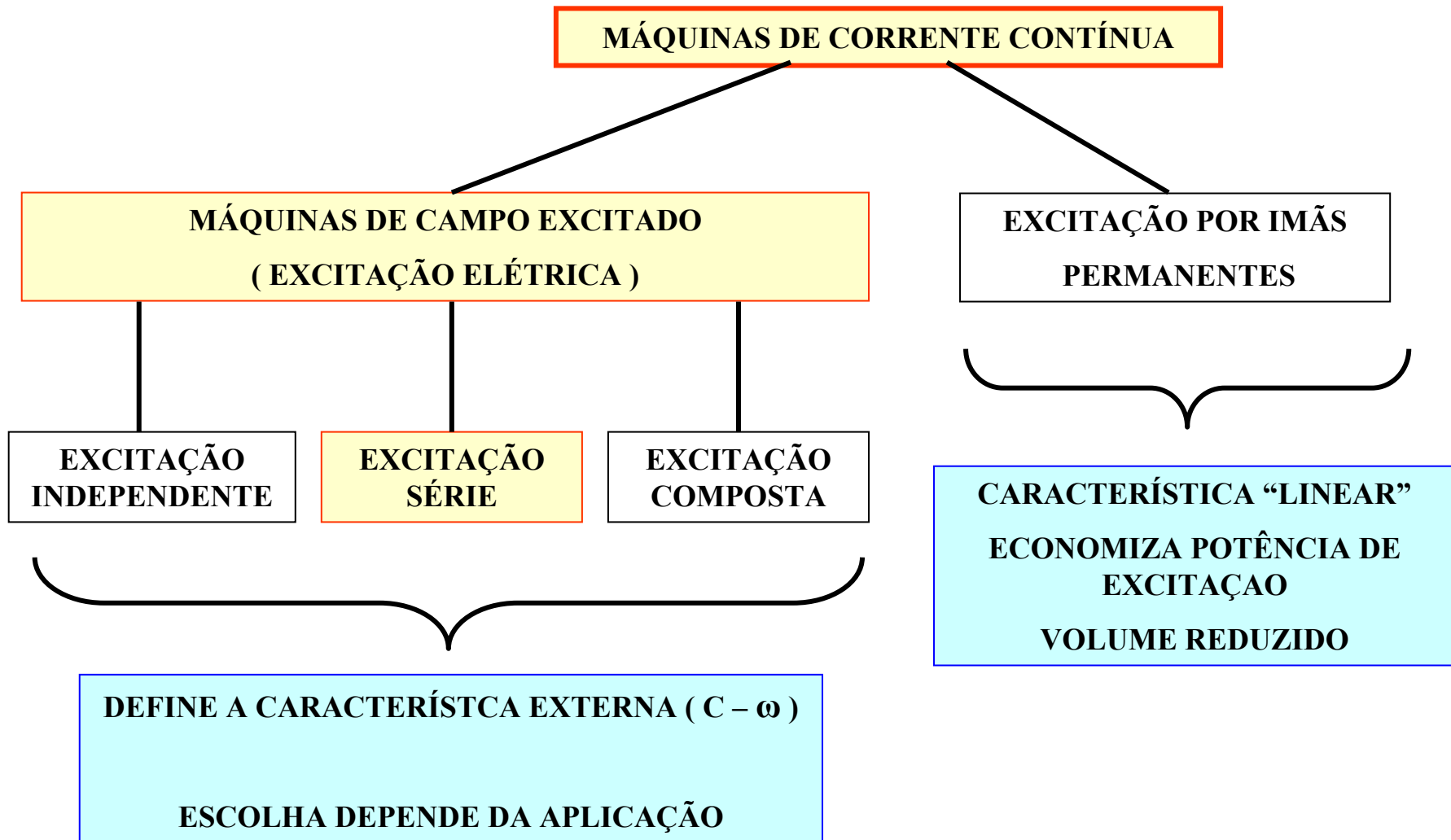
CARGAS MECÂNICAS PODEM REQUERER DOS MOTORES:

RESTRIÇÕES MECÂNICAS → DIMENSÕES – VIBRAÇÃO E RUÍDO TRANSMITIDO

LIMITAÇÕES AMBIENTAIS → ISENÇÃO DE VAPORES E NÉVOAS DE LUBRIFICANTE – MÁXIMA TEMPERATURA DO INVÓLUCRO

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO GERAL DAS MÁQUINAS ELÉTRICAS





MÁQUINAS SÍNCRONAS

**M.S. DE CAMPO
EXCITADO
(EXCITAÇÃO
ELÉTRICA)**

**M.S. DE IMÃS
PERMANENTES**

**M.S. DE
RELUTÂNCIA**

**APLICAÇÕES DE GRANDE POTÊNCIA E
BAIXA VELOCIDADE (MW)**

**ELEVADO RENDIMENTO E FATOR DE
POTÊNCIA**

**PERMITE O SUPRIMENTO DE POTÊNCIA
REATIVA À LINHA POR SUPEREXCITAÇÃO
DO CAMPO**

APLICAÇÕES DE PEQUENA POTÊNCIA

DISPENSA SISTEMA DE EXCITAÇÃO

**ELEVADO RENDIMENTO E FATOR DE
POTÊNCIA**

**SUSCEPTÍVEL A ELEVADAS
TEMPERATURAS E SOBRECARGAS**

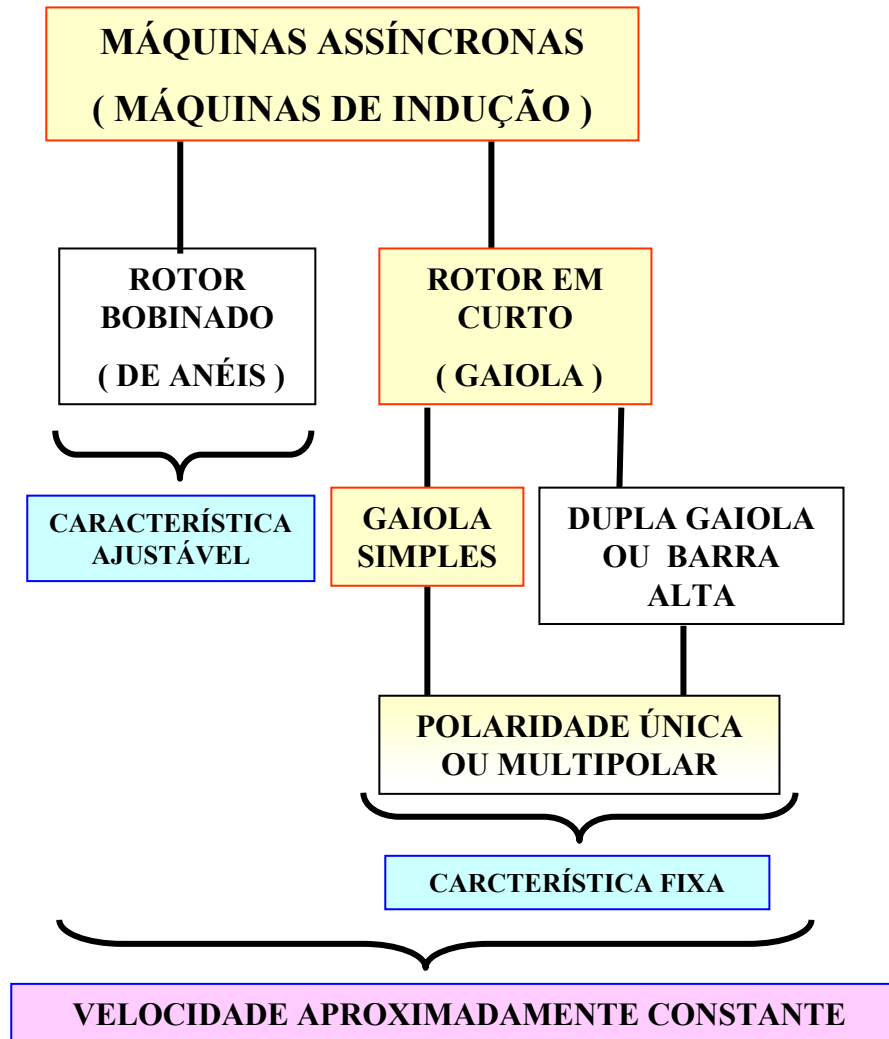
**APLICAÇÕES ROBUSTAS DE
PEQUENA E MÉDIA POTÊNCIA**

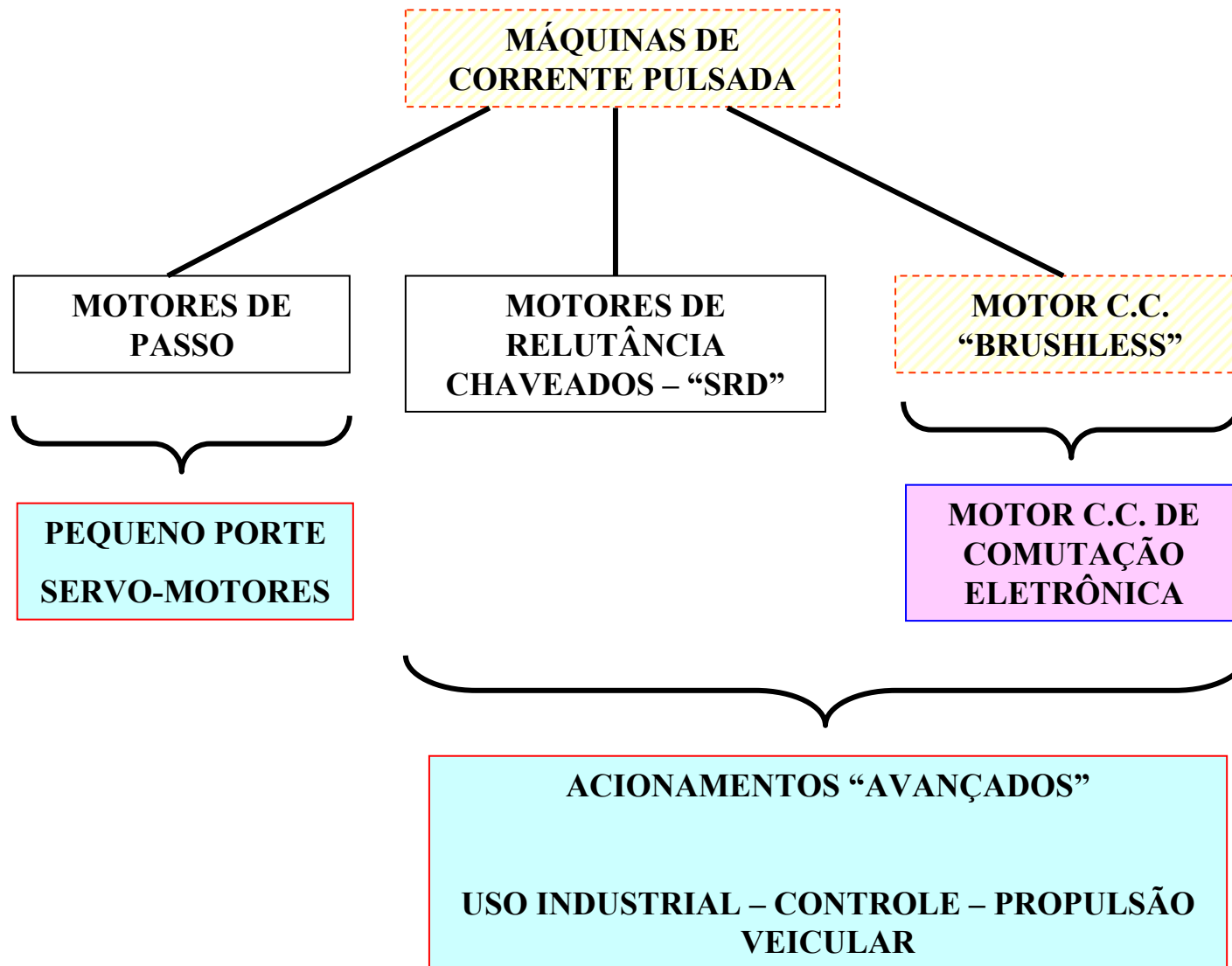
DISPENSA SISTEMA DE EXCITAÇÃO

REDUZIDO FATOR DE POTÊNCIA

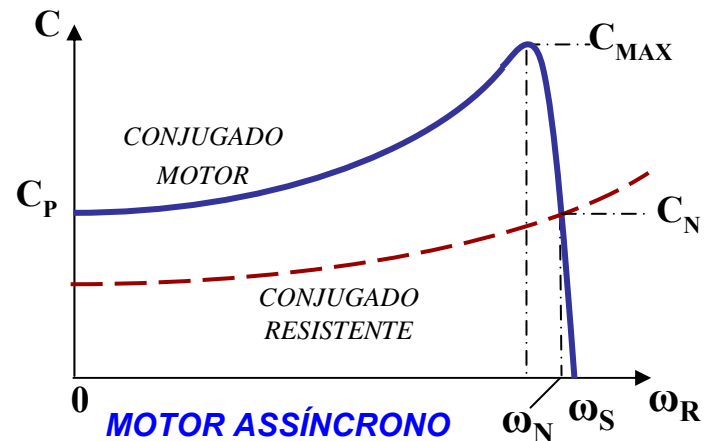
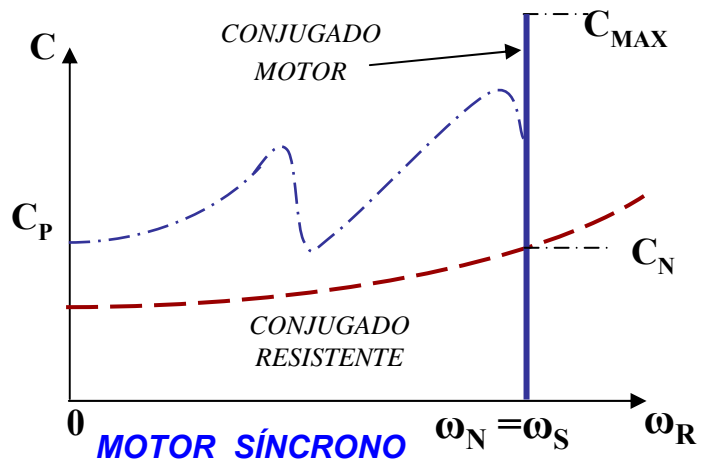
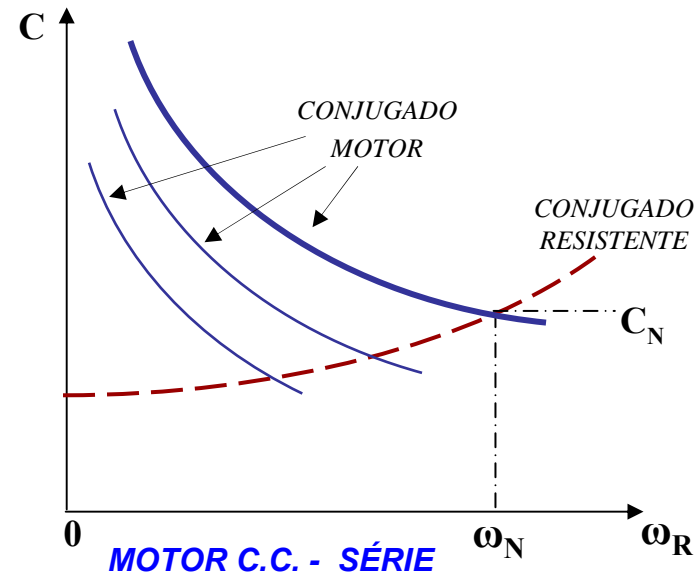
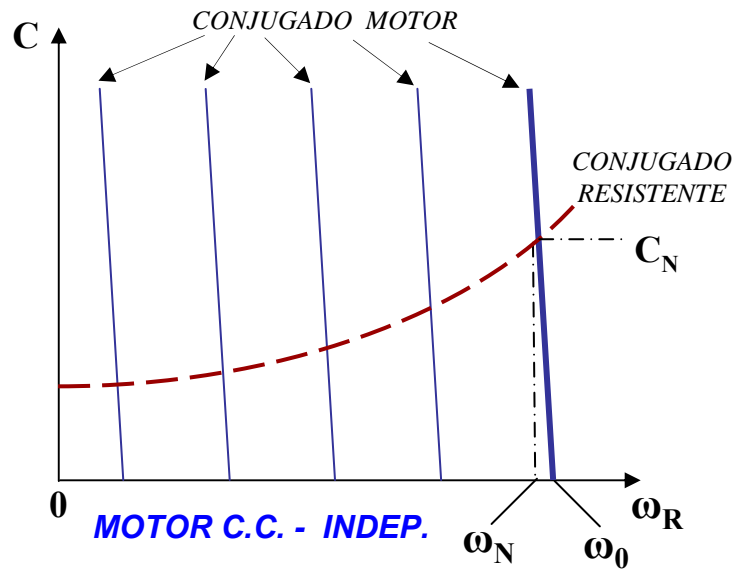
**RESISTENTE A ELEVADAS
TEMPERATURAS E SOBRECARGAS**

**APLICAÇÃO USUAL EM ACIONAMENTOS
MULTIMOTORES, COM SINCRONISMO DE POSIÇÃO
ANGULAR ENTRE EIXOS**





CURVAS CARACTERÍSTICAS DE ALGUNS TIPOS DE MOTORES ELÉTRICOS



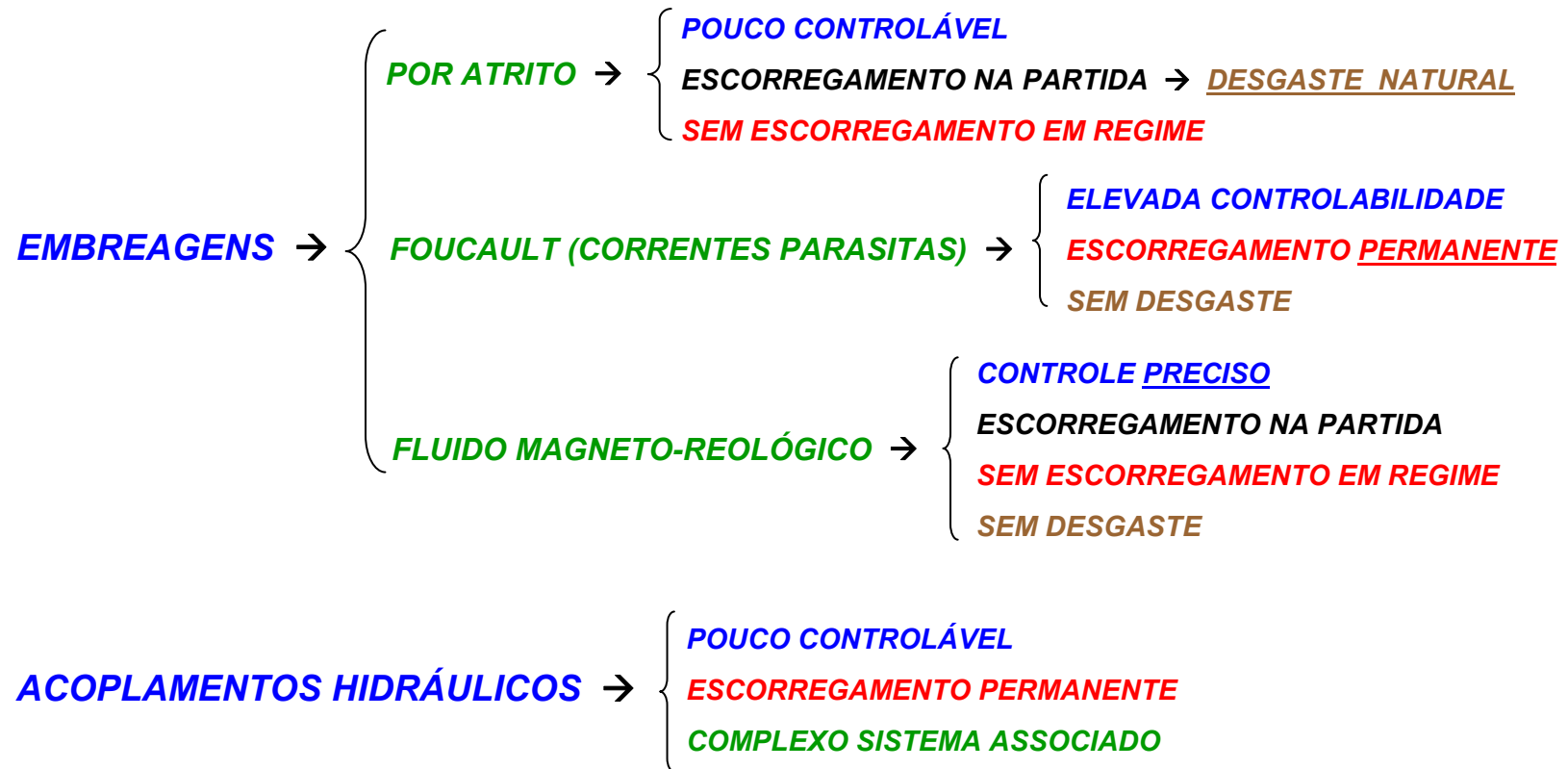
TRANSMISSÃO ENTRE MOTOR E CARGA → ACOPLAMENTOS PERMANENTES

POLIAS E CORREIAS → { PLANAS } APRESENTAM ESCORREGAMENTO } EM GERAL : $i \neq 1$
 { TRAPEZOIDAIS }
 { DENTADAS → SEM ESCORREGAMENTO } ESFORÇOS EM MANCAIS E EIXOS
 RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO NÃO RÍGIDA

ENGRENAGENS E REDUTORES → { DENTES RETOS } ELEVADO RENDIMENTO } RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO
 { DENTES HELICOIDAIS } EM GERAL : $i \neq 1$ } RÍGIDA
 { ROSCA SEM FIM → BAIXO RENDIMENTO ; $i \gg 1$ } EM GERAL:
 $i = \text{NÚMERO NÃO INTEIRO}$

LUVAS DE ACOPLAMENTO → { RÍGIDO → ALINHAMENTO PRECISO }
 { ELÁSTICO } ALINHAMENTO CONVENCIONAL } SEMPRE : $i = 1$
 { SEMI-ELÁSTICO }

TRANSMISSÃO ENTRE MOTOR E CARGA → ACOPLAMENTOS DESENGATÁVEIS

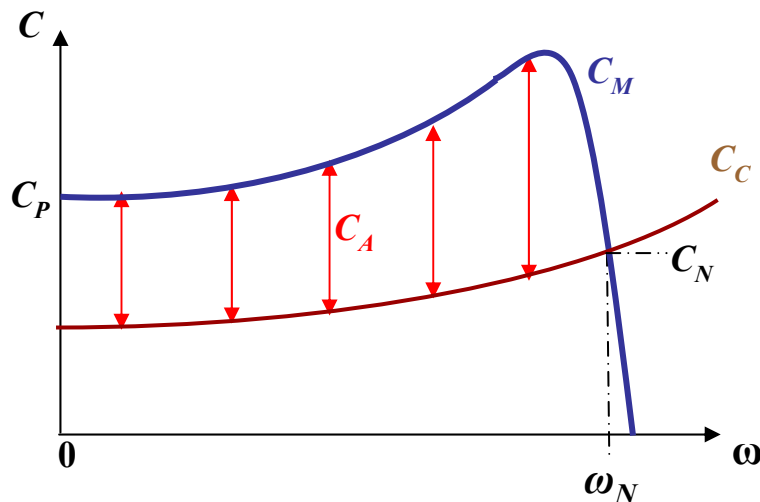


PERMITEM TRANSMISSÃO GRADUAL E SUAVE DO CONJUGADO DO MOTOR À CARGA
PERMITEM AJUSTE E CONTROLE DE VELOCIDADE TRANSITORIAMENTE
PERMITEM PARTIDA DO MOTOR EM VAZIO

COORDENAÇÃO DO SISTEMA: MOTOR + CARGA + CONTROLADOR

FUNÇÃO DO ACIONAMENTO :

- **MOTOR DEVE TIRAR A CARGA DO REPOUSO**
- **APLICAR CONJUGADO SUFICIENTE PARA IMPRIMIR ACELERAÇÃO ADEQUADA**
- **LEVAR A CARGA ATÉ A ROTAÇÃO NOMINAL DE OPERAÇÃO, DE FORMA ESTÁVEL**



DINÂMICA DO ACIONAMENTO:

$$C_M = C_C + \underbrace{J_T \cdot \frac{d\omega}{dt}}_{C_A}$$

$C_M \rightarrow$ CONJUGADO MOTOR

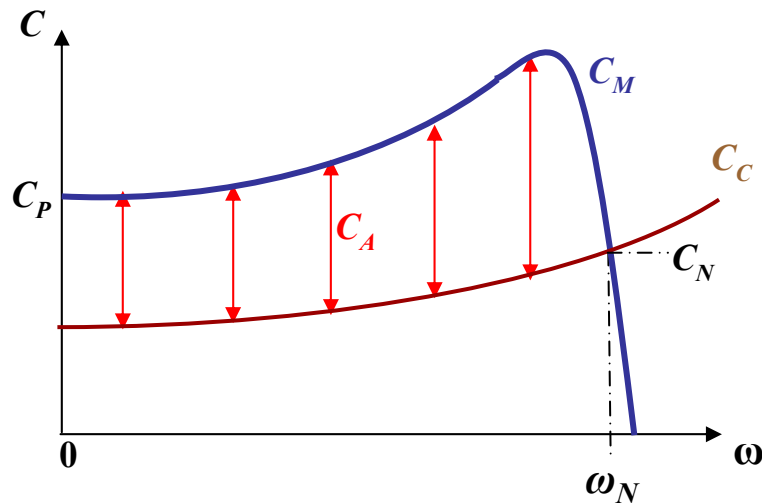
$C_C \rightarrow$ CONJUGADO RESISTENTE
(COMPONENTE ATIVA)

$C_A \rightarrow$ CONJUGADO ACELERANTE
(COMPONENTE REATIVA)

CARACTERIZAÇÃO DE UM ACIONAMENTO ESTÁVEL:

$$C_A = J_T \cdot \frac{d\omega}{dt} > 0 \quad \left. \vphantom{C_A} \right\} \text{EM TODA A FAIXA : } \omega = 0 \rightarrow \omega = \omega_N$$

$$\frac{dC_M}{d\omega} < \frac{dC_R}{d\omega} \quad \left. \vphantom{\frac{dC_M}{d\omega}} \right\} \text{NO PONTO DE OPERAÇÃO}$$



TEMPO DE ACELERAÇÃO:

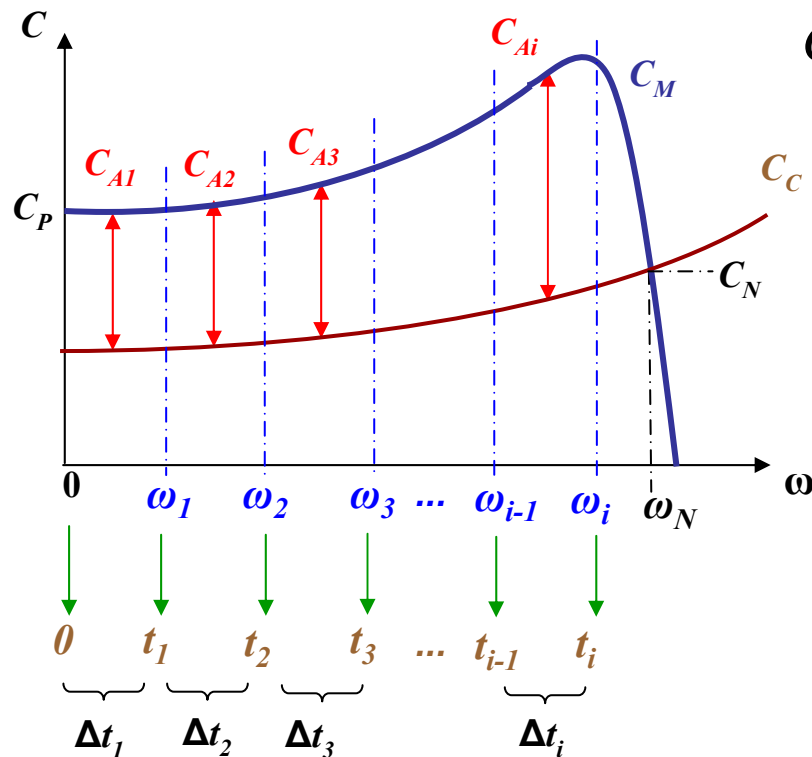
$$(C_M - C_C) \cdot dt = J_T \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

$$t_A = \int_0^{t_A} dt = \int_0^{\omega_N} \frac{J_T}{(C_M - C_C)} \cdot d\omega$$

APENAS EM CASOS PARTICULARES É POSSÍVEL EQUACIONAR : $C_A = f(\omega)$

DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE ACELERAÇÃO → MÉTODO GERAL POR APROXIMAÇÃO

C_{Ai} = CONJUGADO ACELERANTE MÉDIO NO INTERVALO ($\omega_i - \omega_{i-1}$)



$$C_A = J_T \cdot \frac{d\omega}{dt} \cong J_T \cdot \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t_i = J_T \cdot \frac{\Delta\omega_i}{C_{Ai}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta t_1 = (t_1 - 0) = J_T \cdot \frac{(\omega_1 - 0)}{C_{A1}} \\ \Delta t_2 = (t_2 - t_1) = J_T \cdot \frac{(\omega_2 - \omega_1)}{C_{A2}} \\ \Delta t_i = (t_i - t_{i-1}) = J_T \cdot \frac{(\omega_i - \omega_{i-1})}{C_{Ai}} \end{array} \right.$$

TEMPO DE ACELERAÇÃO →

$$t_A = \sum_{i=1}^N \Delta t_i$$

AÇÃO DO CONTROLADOR SOBRE O SISTEMA:

CONTROLADOR → AGE SOBRE O MOTOR, PRINCIPALMENTE PARA LIMITAR O IMPACTO NA REDE ELÉTRICA DURANTE A PARTIDA

EFEITO DO CONTROLADOR SOBRE A CORRENTE, EM GERAL AFETA A CARACTERÍSTICA DE TORQUE DO MOTOR

EFEITO DEVE SER LIMITADO DE TAL MODO A GARANTIR A ESTABILIDADE DO ACIONAMENTO DURANTE A PARTIDA

