

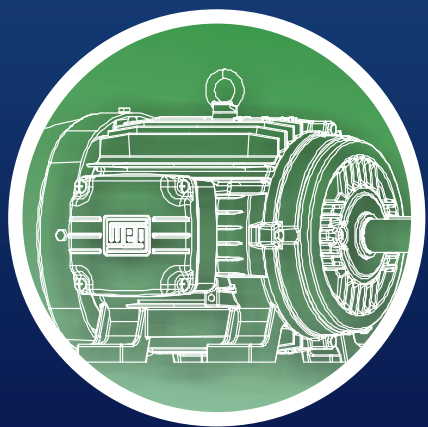


Perspectivas para o aumento da eficiência em Motores Elétricos

Motivação: Consumo de Energia



Energia consumida
na indústria
representa
41%



Os motores elétricos
consomem na indústria
67%

De toda energia consumida no
Brasil

27%

está relacionado aos motores
elétricos

Fonte: ELETROBRÁS

Custos

Ciclo de Vida

Aquisição do Motor Elétrico
(2,5%)





Custo de Energia
(96%)

Custo de
Manutenção (1,5%)

Custo de Paradas

Normas Globais de Eficiência

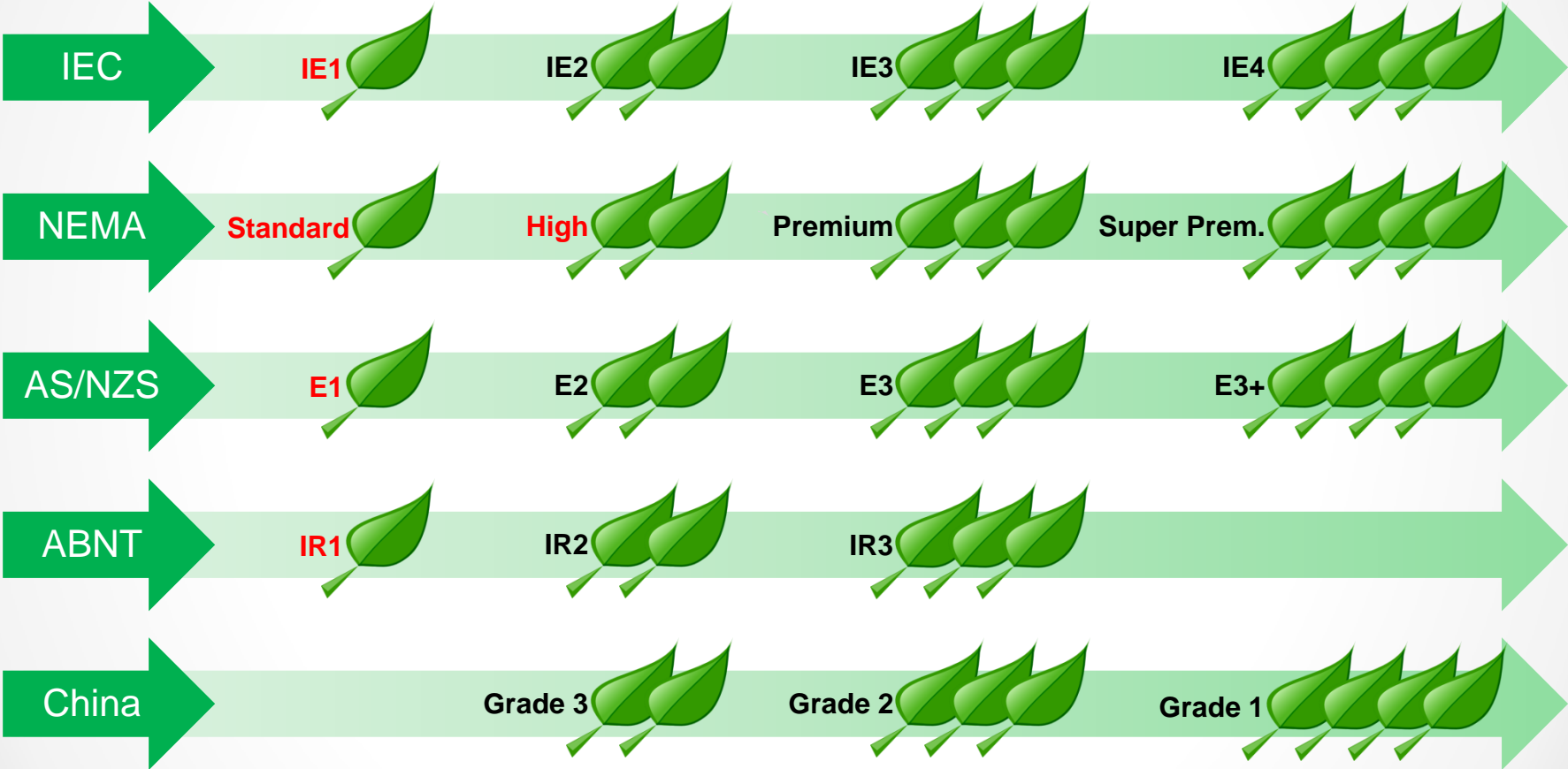


-  NEMA
-  IEC 60034-30
-  NBR 17094-1
-  AS/NZS1359.5-2004

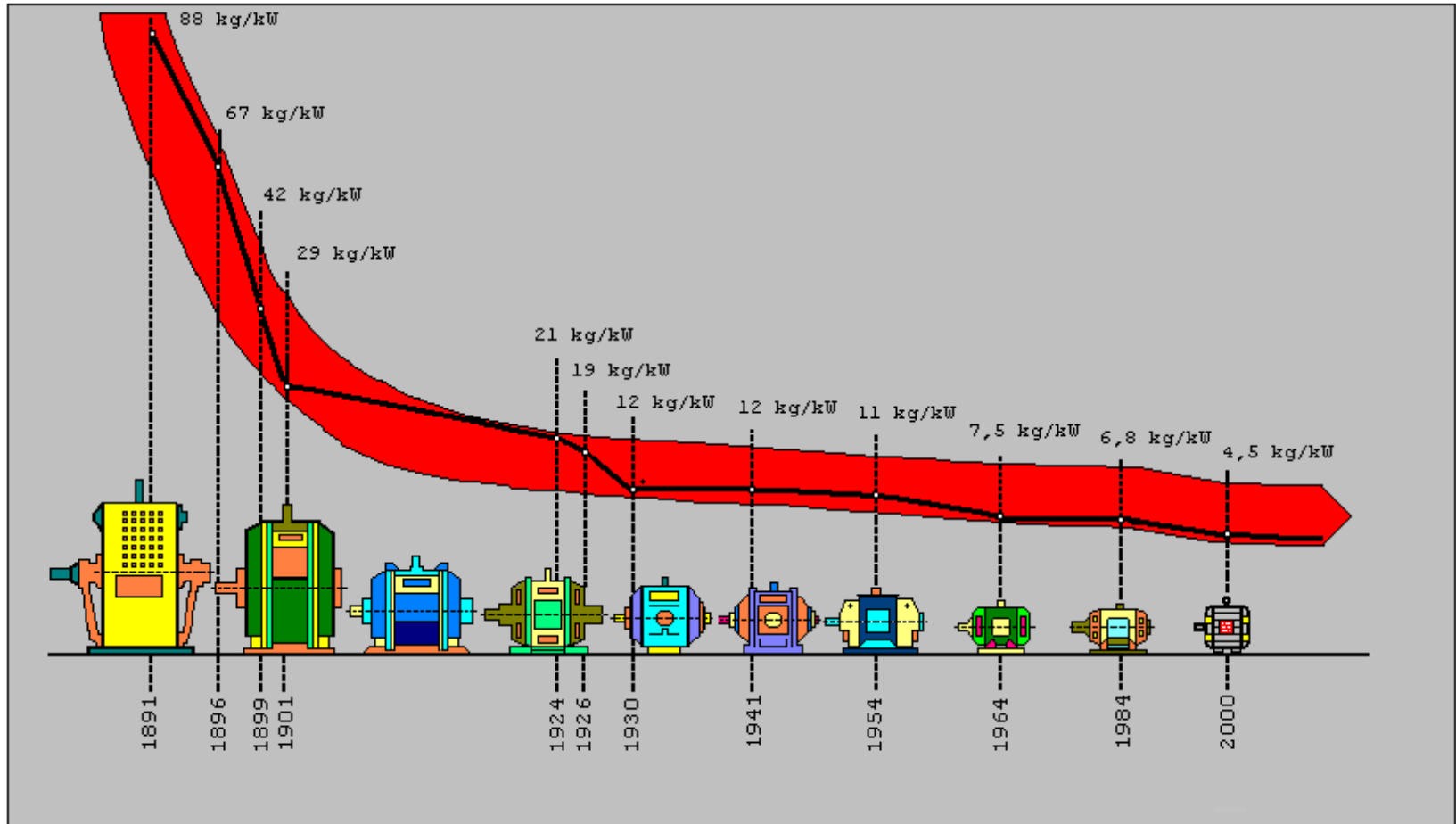


IEC e NEMA são as duas maiores normas cobrindo máquinas elétricas.

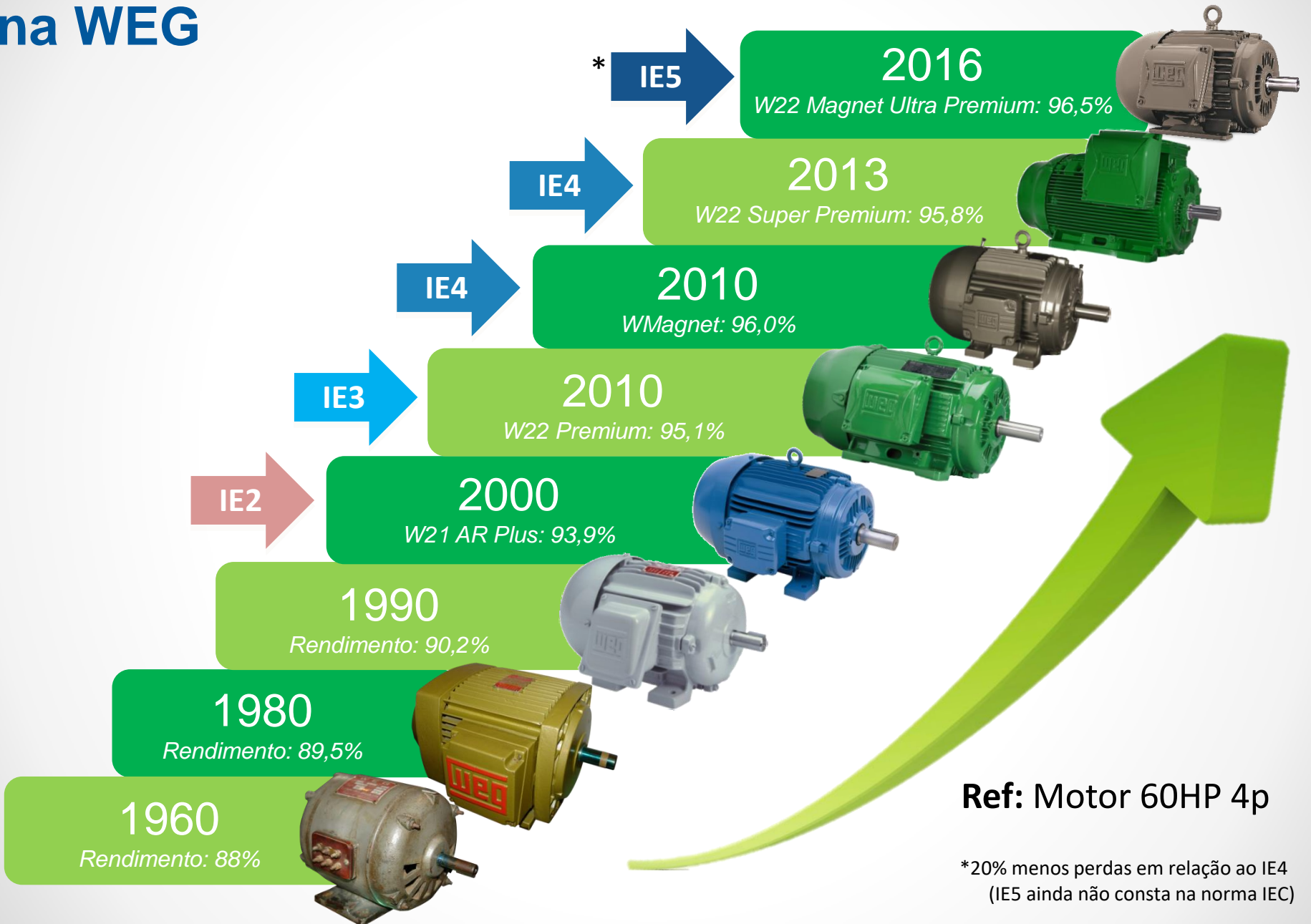
Regulamentações mundiais



Evolução dos motores elétricos no mundo



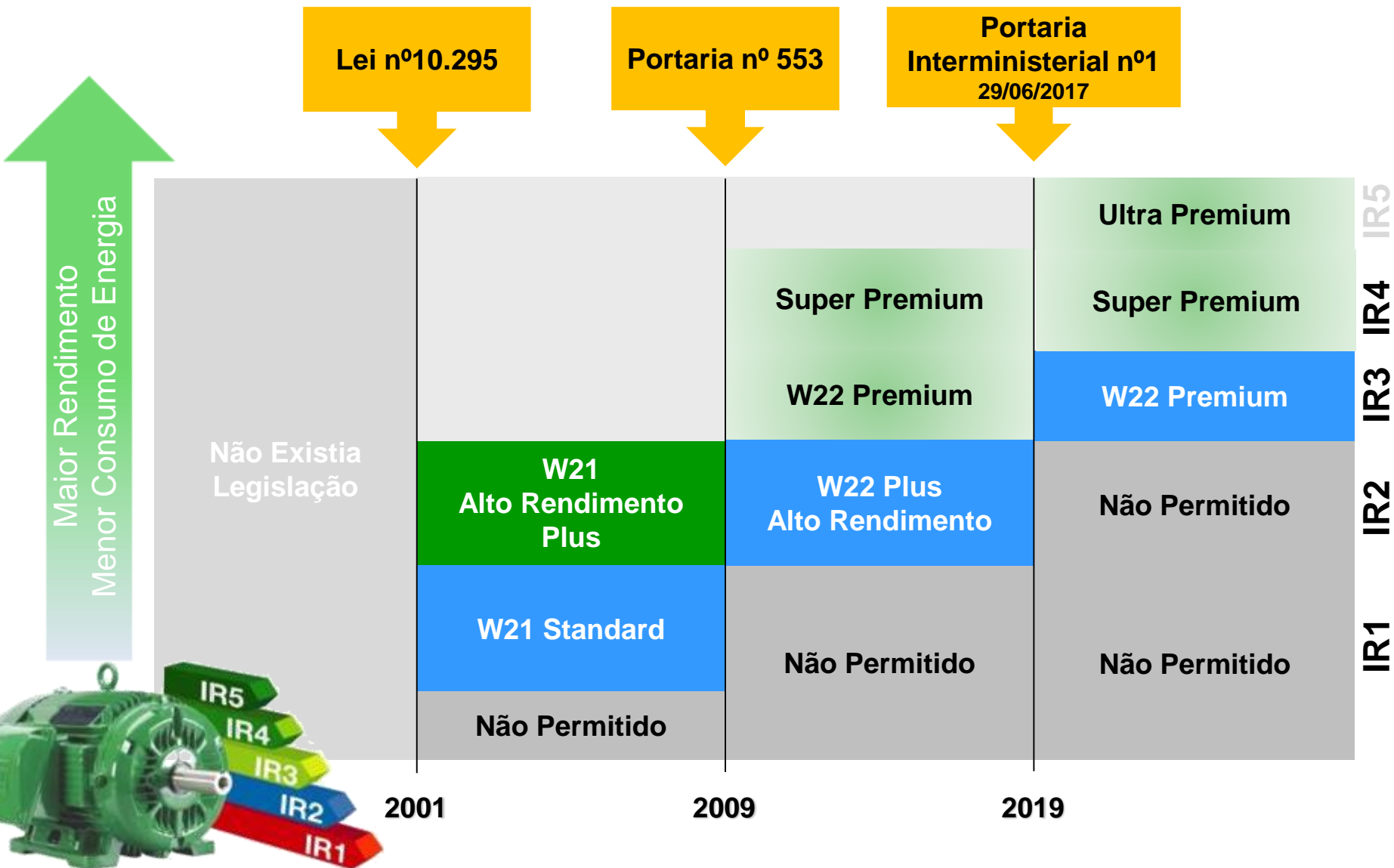
Evolução dos motores na WEG



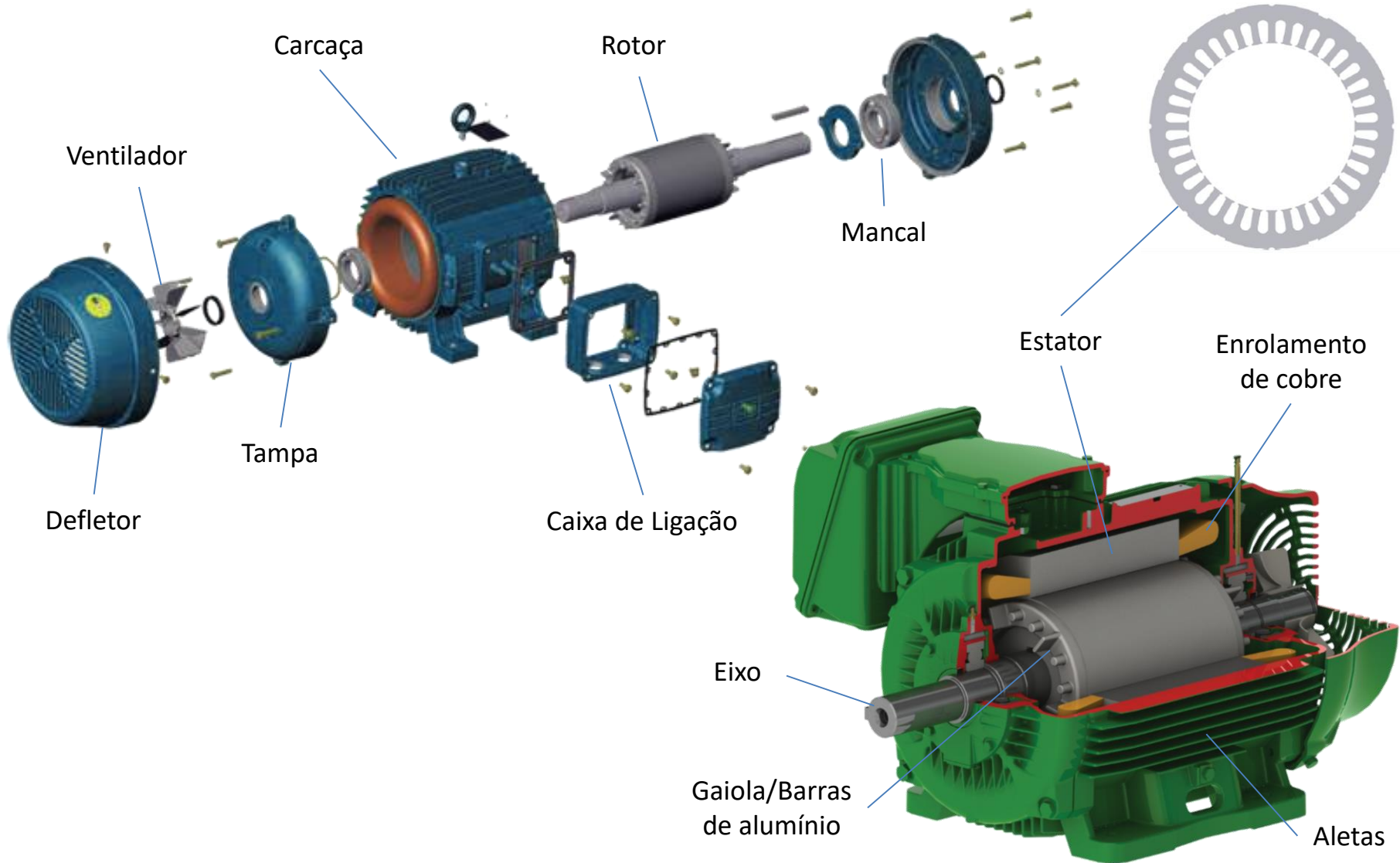
Ref: Motor 60HP 4p

*20% menos perdas em relação ao IE4
(IE5 ainda não consta na norma IEC)

Lei de Eficiência Motores Elétricos



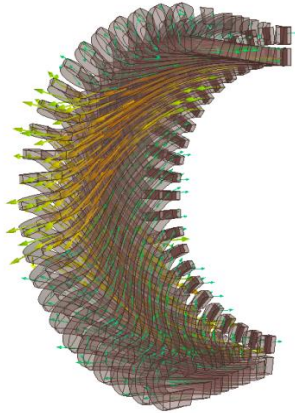
Partes do Motor Eléctrico



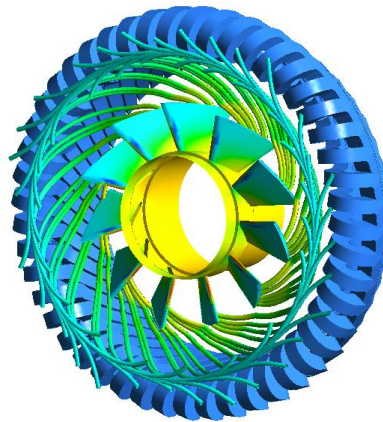
Ferramentas: Prototipagem virtual



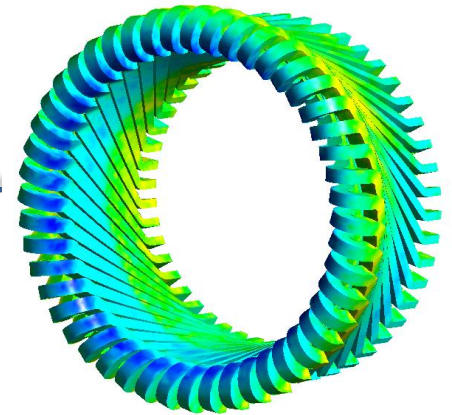
Eletromagnético



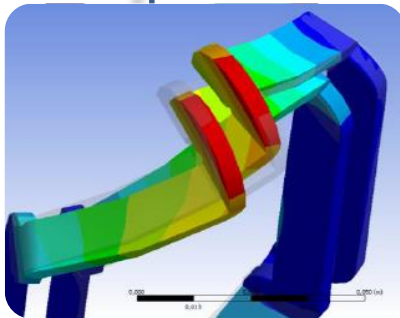
Fluido



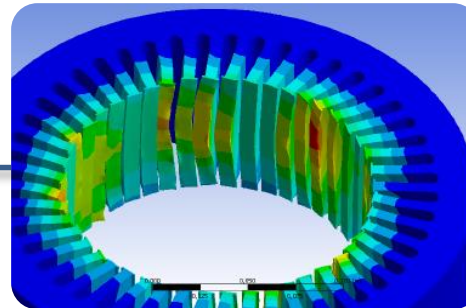
Térmico



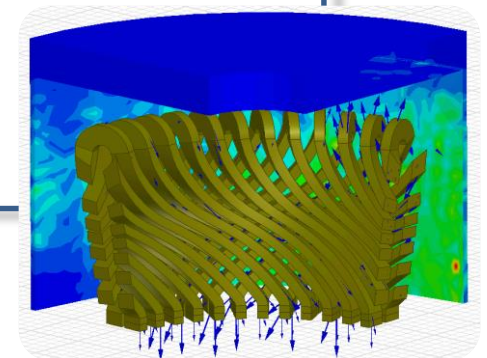
Ambiente físico único para simulação numérica
Simulação multi-física



Estrutural



Dinâmico



Térmico - Eletromagnético

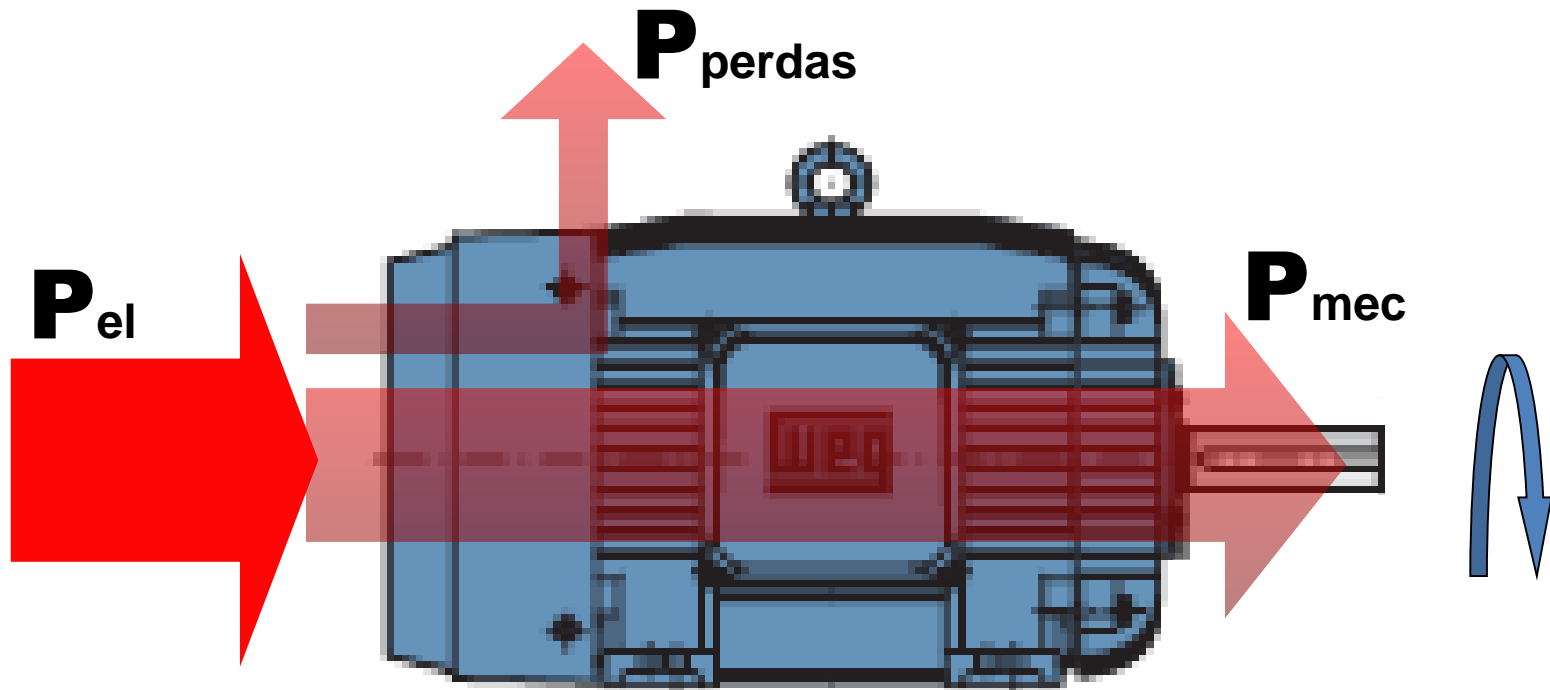
Evolução dos motores



Evolução dos Motores Elétricos



Eficiência dos Motores Elétricos



$$\text{Rendimento } \eta = \frac{P_{mec}}{P_{el}}$$

Técnicas para reduzir as perdas



Segregação das perdas (P_{perdas}) de um motor elétrico

- P_{j1} – Perdas por efeito Joule no enrolamento do estator
- P_{j2} – Perdas por efeito Joule no enrolamento do rotor
- P_{mech} – Perdas mecânicas (atrito e ventilação)
- P_{fe} – Perdas no ferro
- P_{add} – Perdas adicionais
- P_{harm} – Perdas harmônicas (Inversor)

Exemplo:

A distribuição das perdas para um motor de indução da WEG IE4 W22 de 30kW, 4 polos são:

p_{j1}	p_{j2}	p_{mech}	p_{fe}	p_{add}	p_{harm}
43.7%	20.4%	3.53%	26.7%	4.91%	0.67%

Técnicas para reduzir as perdas



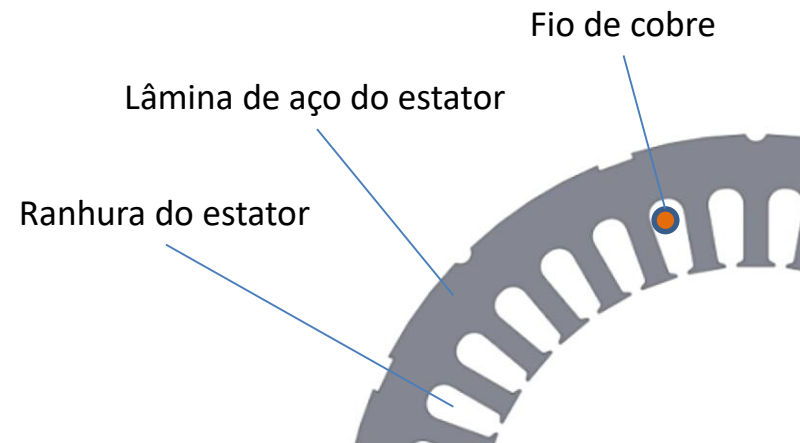
Perdas por efeito Joule no estator

- 1) Aumentando o diâmetro dos condutores, mantendo o número de espiras
- 2) Aumentando o diâmetro dos condutores reduzindo proporcionalmente o número de espiras
- 3) Aumentando o comprimento de ferro do estator e o diâmetro dos condutores, reduzindo o número de espiras, mantendo a área da ranhura
- 4) Aumentando o comprimento do estator

Na prática, a solução adotada é um mix do aumento do diâmetro dos condutores e comprimento de ferro, ajustando-se o número de espiras.



Por fabricar os próprios fios no Brasil, a WEG diferencia-se através de pesquisas dos condutores e seu processo de fabricação de forma a permitir um melhor aproveitamento do cobre e verniz de isolamento

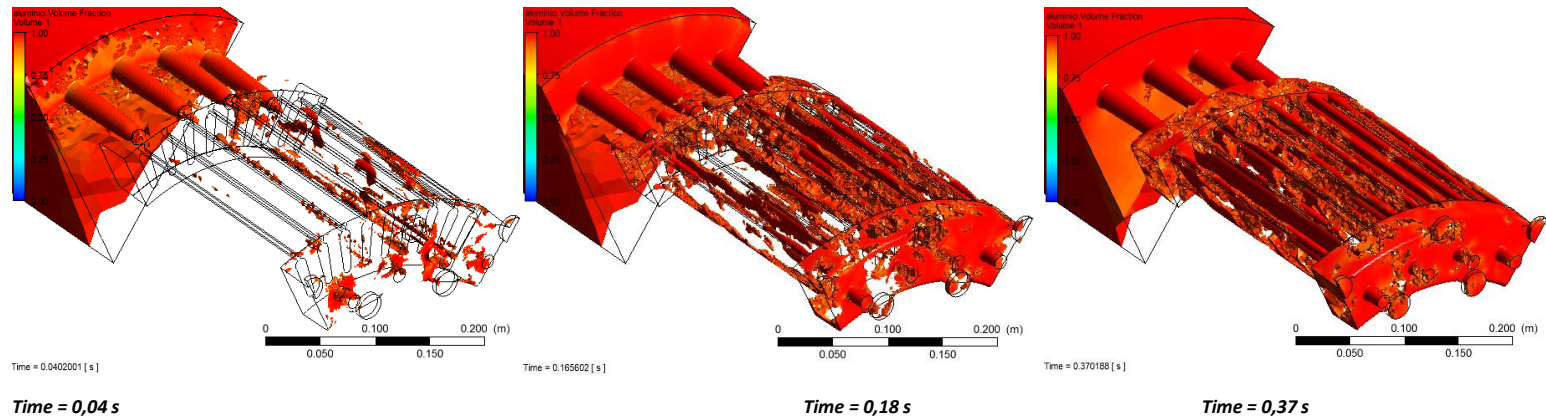


Técnicas para reduzir as perdas



Perdas por efeito Joule no rotor

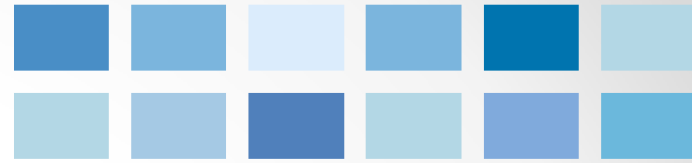
Simulação do preenchimento das ranhuras do rotor injetado



Potencial:

- Melhorar a qualidade – redução da porosidade

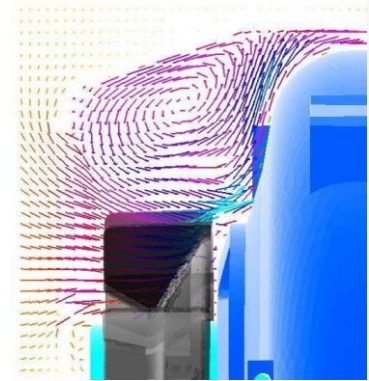
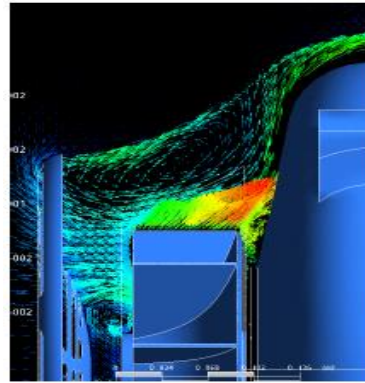
Técnicas para reduzir as perdas



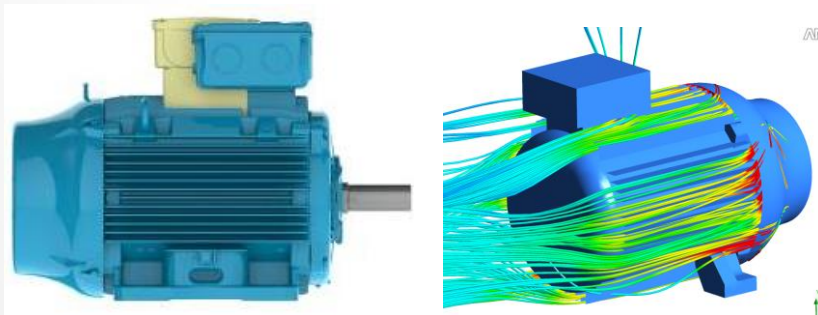
Perdas mecânicas



Ventilador e defletor



Análise dos vortices



Posição da caixa de ligação

- Evitar os vortices
- Design da tampa do ventilador
- Número de pas do ventilador
- Distância entre a tampa e o ventilador
- Geometria das aletas

Técnicas para reduzir as perdas



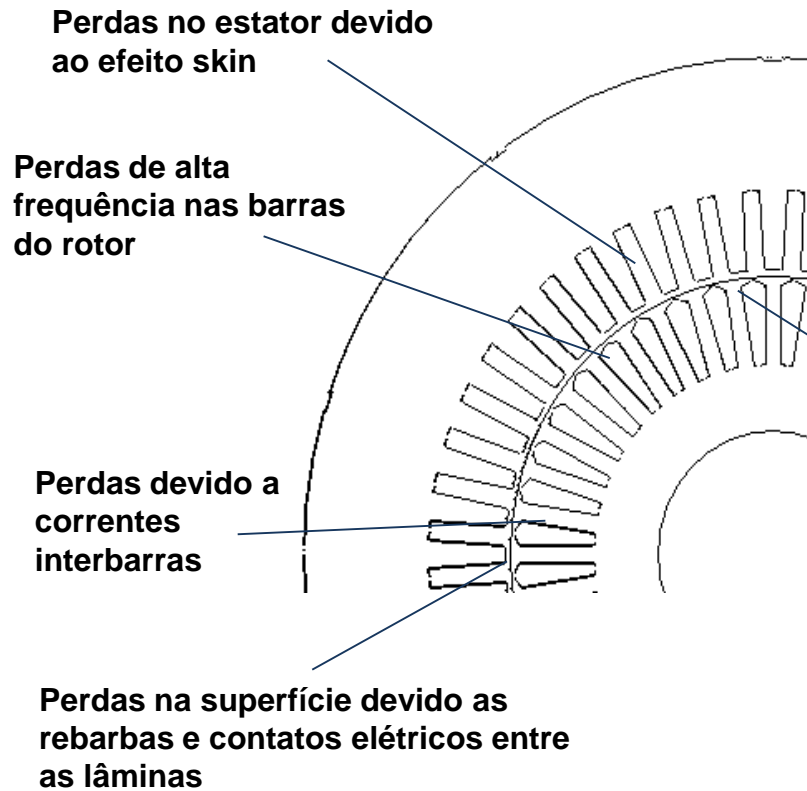
Perdas no ferro

- 1) Uso de grades comerciais superiores de aço com menos perdas (normalmente espessuras mais finas de aço silício aumenta drasticamente os custos)
- 2) Redução da densidade de fluxo magnético – aumenta a quantidade das lâminas de aço para manter a mesma eficiência
- 3) Tratamento térmico do pacote de lâminas de aço
- 4) Uso de lâminas de aço silício com alta permeabilidade magnética em 1.5T

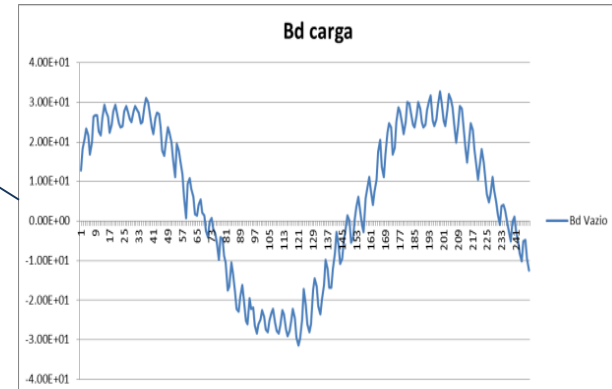
Técnicas para reduzir as perdas



Perdas Adicionais



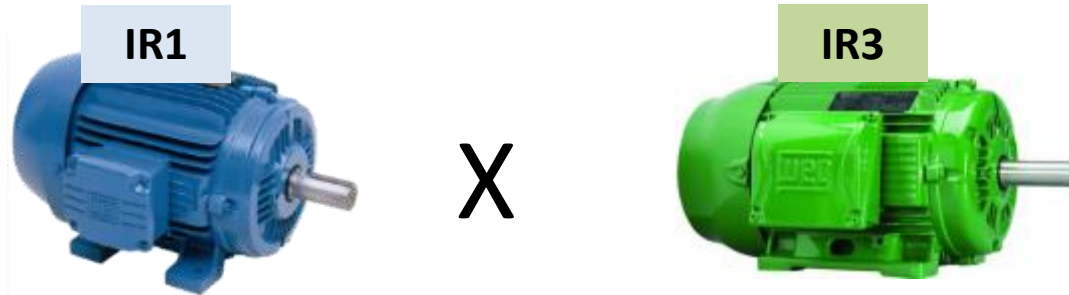
Perdas adicionais de alta frequência (Freq. x N2)



Técnicas para reduzir as perdas



Resumo: Motores IR1 vs Motores Premium



- Chapas metálicas de melhor qualidade
- Maior volume de material condutor
- Rotores tratados termicamente
- Alto fator de enchimento das ranhuras
- Ranhuras com projeto otimizado
- Tampas com otimização do fluxo de ar
- Anéis aletados de fixação do mancais
- Alojamento do rolamento deslocado para fora
- Sistema de ventilação com novo conceito aerodinâmico
- Carcaça privilegiando a troca térmica

Novas Tecnologias



Ultra Premium IE5*

*20% menos perdas em relação ao IE4
(IE5 ainda não consta na norma IEC)

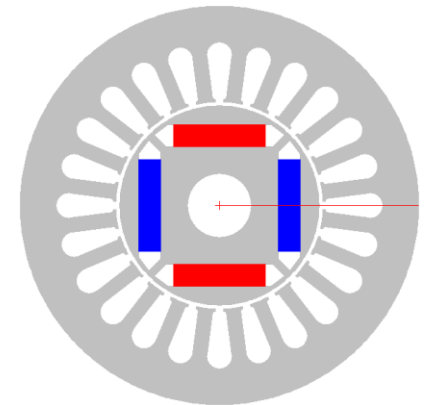
Ultra premium



Tipos de Motores de ímãs permanentes

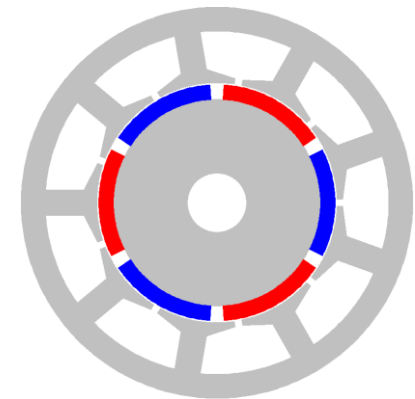
PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motors):

- Enrolamentos similares ao do motor de indução
- Controle de campo com um drive de onda senoidal
- Baixo ripple de torque e ruído acústico



PM BLDC (BrushLess DC) Motors:

- Usualmente enrolamentos concentrados
- Drive DC de onda quadrada
- Uso típico em baixas potências

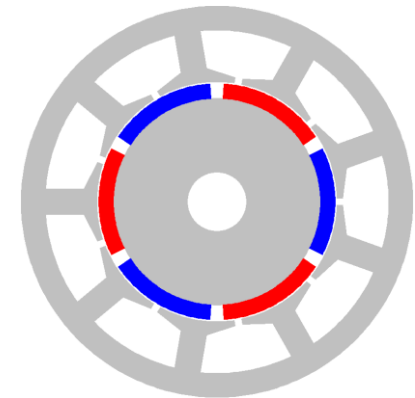
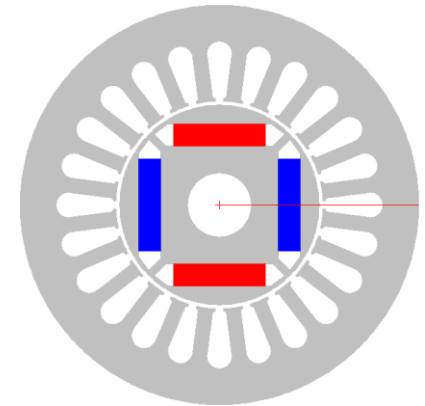


Ultra premium



Rotor com ímãs superficiais

- BLDC ou BLAC (BrushLess AC)
- Enrolamentos distribuidos ou concentrados
- Ímãs de terras raras e ferrite
- Processo de fabricação do rotor mais simples
- Baixa capacidade de enfraquecimento de campo
- Usualmente sem toque de relutância
- Design mais complexo para retenção dos ímãs em elevadas rotações

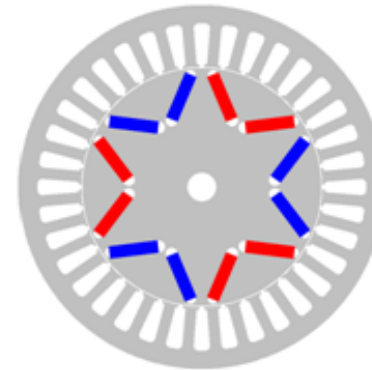


Ultra premium

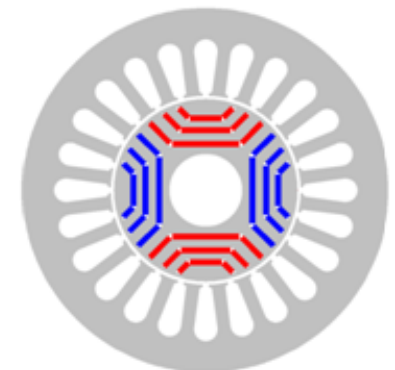


Rotor com ímãs internos

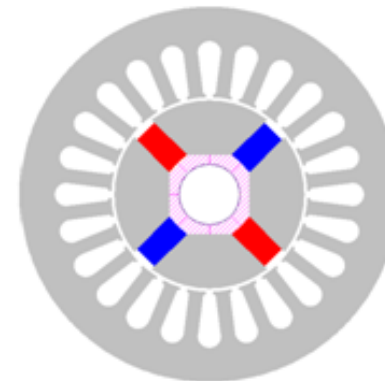
- BLAC e BLDC
- Grande parte utiliza enrolamentos distribuídos
- Ímãs de terras raras e ferrite
- Maior capacidade para o enfraquecimento de campo
- Maior fluxo de dispersão
- Considerado torque de relutância
- Processo de fabricação do rotor mais complexo



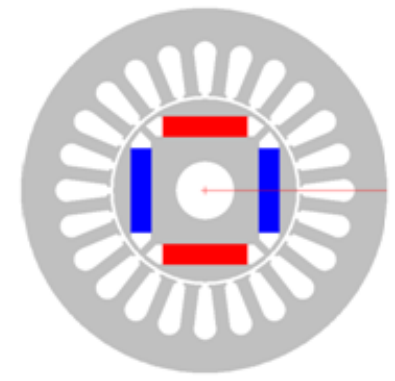
Design V



Multicamadas

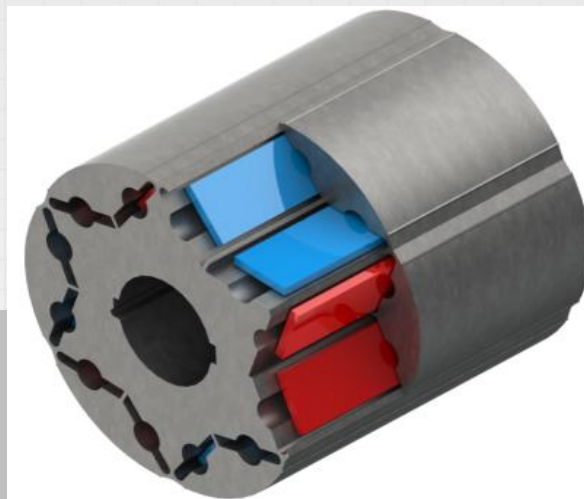


Radial



Tangencial

WMagnet **Alto rendimento**



Motor síncrono (PMSM)
Ímãs internos
Disposição com design V e
Tangencial
Enrolamento distribuído

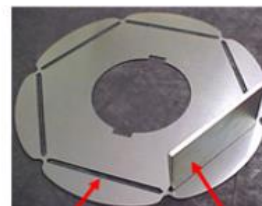
ESTATOR

Mesma chapa do motor de indução 6 polos



ROTOR

Chapa do rotor com ranhuras para montagem dos sanduiches de ímãs



Ranhuras

Ímãs

SANDUICHE DE ÍMÃS

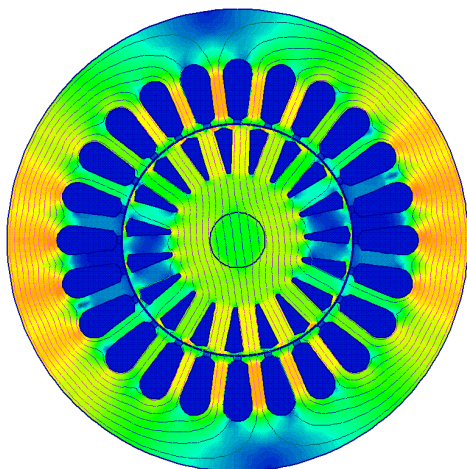
O sanduiche é formado duas chapas retangulares e ímãs



WMagnet Alto rendimento

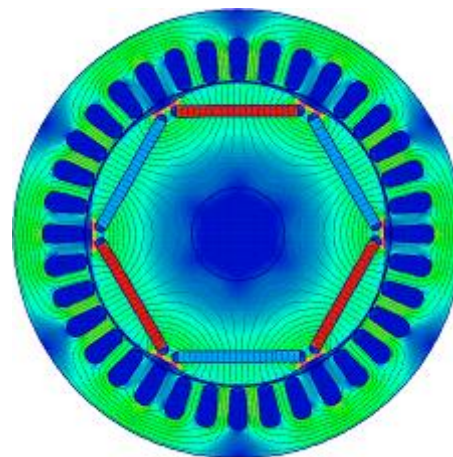


Motor de indução



As linhas de fluxo do estator passam pelo rotor induzindo correntes e criando um campo magnético. Há perdas e geração de calor.

Wmagnet

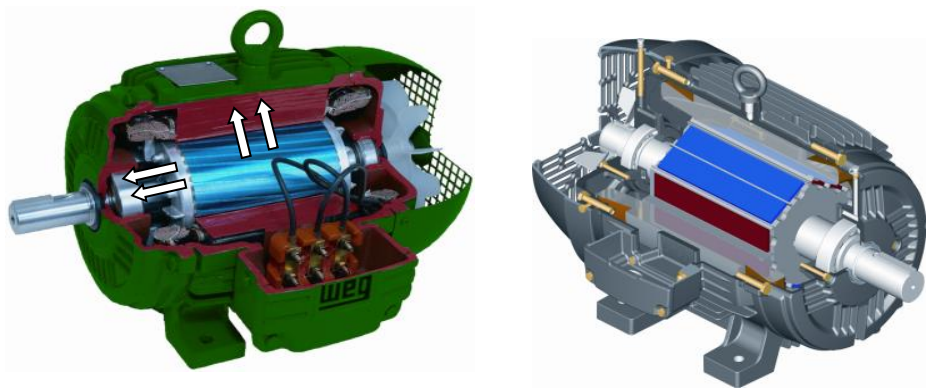


Os ímãs geram seu próprio campo magnético sem a necessidade de indução de correntes. Eliminam-se as perdas no ferro e perdas Joule no rotor.

WMagnet

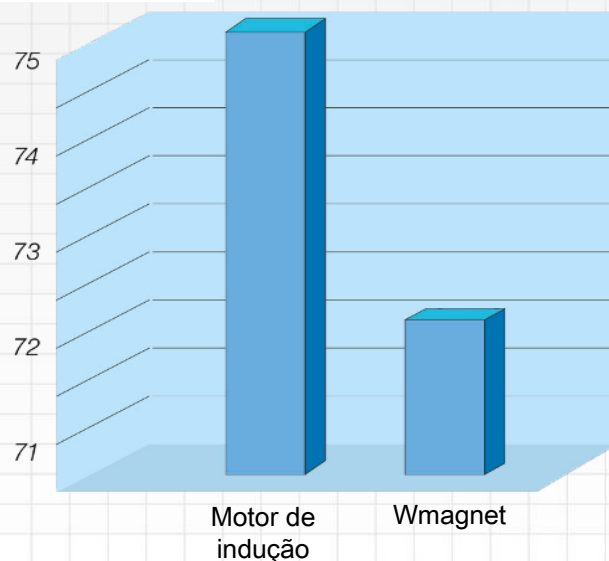


Menor temperatura nos mancais em relação aos motores de indução.



Nível médio de pressão sonora dB (A)
Motor 20 cv- 3600 rpm

A redução do tamanho da carcaça e do sistema de ventilação proporciona níveis de ruído inferiores se comparados aos motores de indução.



WMagnet peso e volume

Eliminando as perdas Joule no rotor, o motor trabalha com temperatura reduzida proporcionando assim a redução do tamanho da carcaça.

Redução
média
Peso: 50%
Volume: 43%



Motor de indução

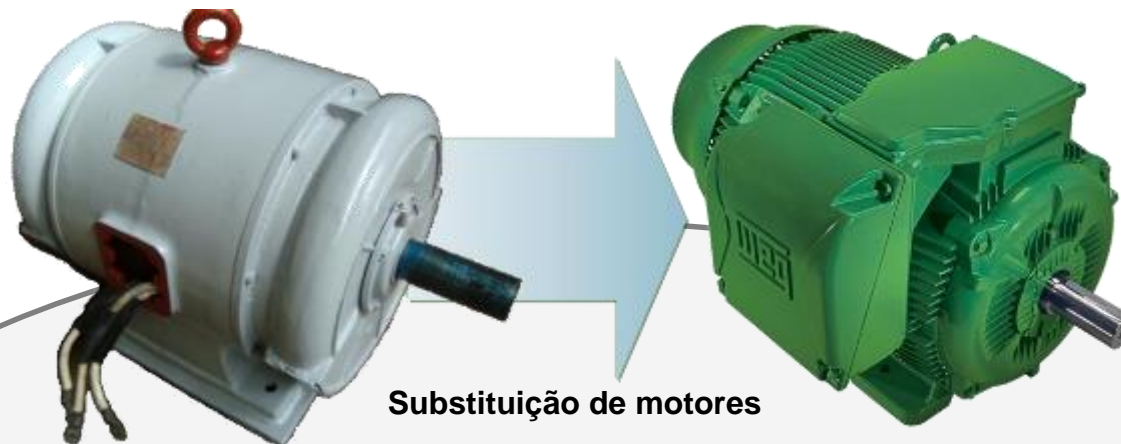
Potência: 40 cv
Carcaça: 200M
Massa: 213 kg
Volume: 63,3 dm³

Motor Wmagnet

Potência: 40 cv
Carcaça: 160L
Massa: 140 kg
Volume: 33,6 dm³

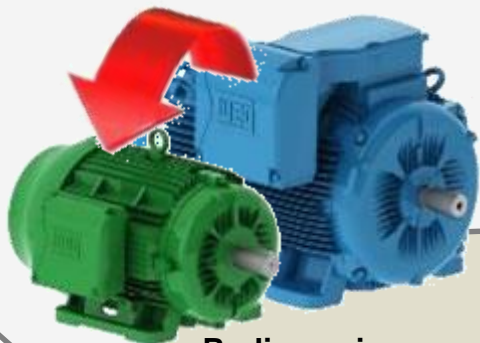
Wmagnet Drive System

Como melhorar a eficiência?



Substituição de motores

MOTORES INSTALADOS



Redimensionamento de motores



Automação de processos

Adequação de motores elétricos



Motor Standard W21 1988

75 kW, 4 pólos, 24h, 365 dias
R\$ 0,40/kWh

η (%) a 100% de carga: 91,0%

R\$ aprox. energia/ano:
R\$288.791,00



Motor W22 Super Premium 2017

75 kW, 4 pólos, 24h, 365 dias
R\$ 0,40/kWh

η (%) a 100% de carga: 96,2%

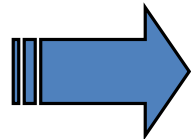
R\$ aprox. energia/ano:
R\$273.180,00

Melhoria de 5,7% no rendimento, resultando em uma economia anual de R\$ 15.611,00

Redimensionamiento de motores eléctricos



Rede Elétrica
 $P_{el} = 98 \text{ kW}$



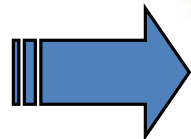
Carga Acionada
 $P_{mec} = 125 \text{ CV}$

50% de carga

$\cos \varphi = 0,65$
 $\eta \% = 90,2\%$

250 CV – rendimento STD

Rede Elétrica
 $P_{el} = 95 \text{ kW}$



Carga Acionada
 $P_{mec} = 125 \text{ CV}$

83% de carga

$\cos \varphi = 0,84$
 $\eta \% = 94,9\%$

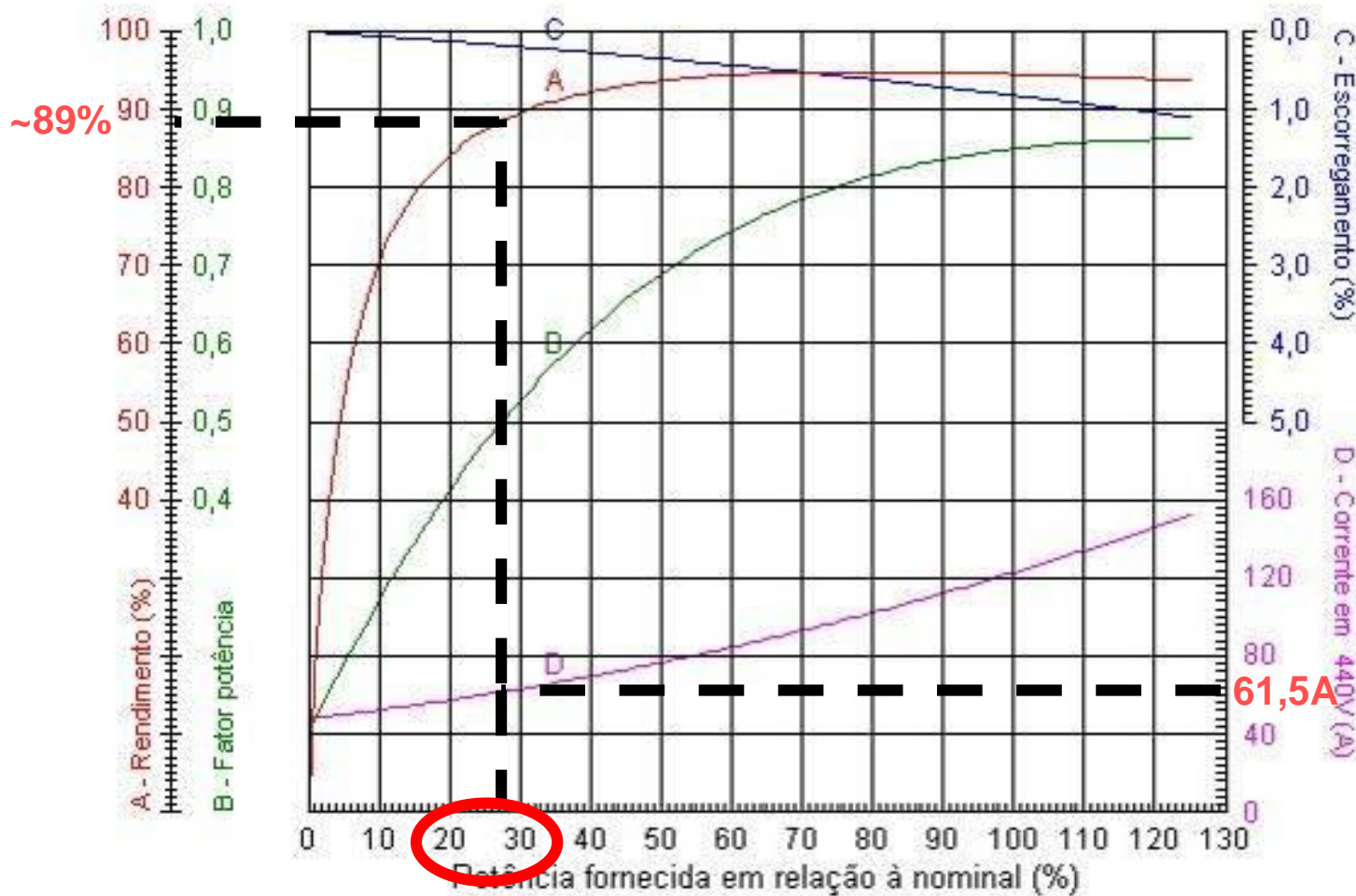
150 CV – W22 Premium

Adequação de motores elétricos

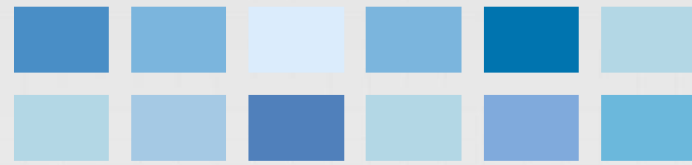


Motor 100 CV ARP 440V 4 pólos; IN 123A

Medição de corrente: ITRAB = 61,5A



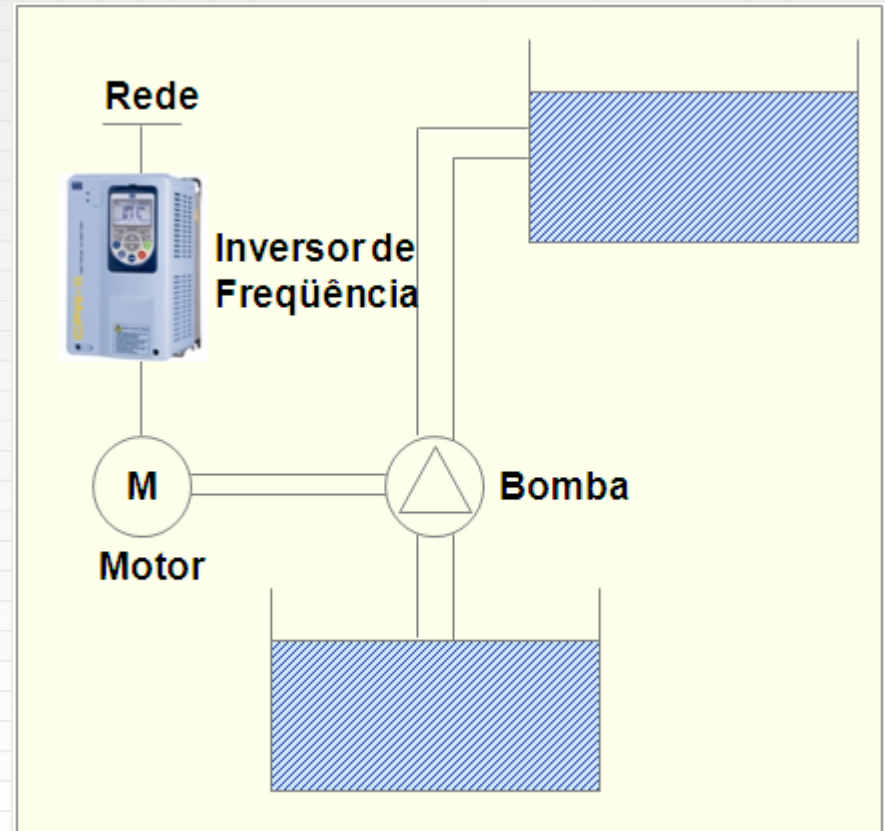
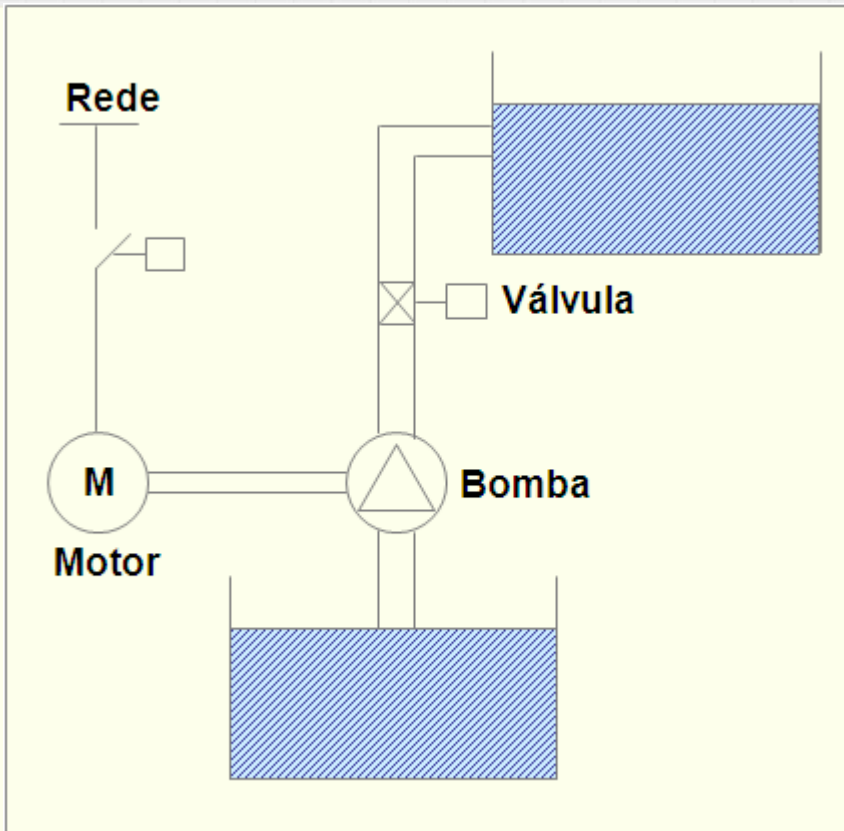
Economia utilizando Inversores de Frequência



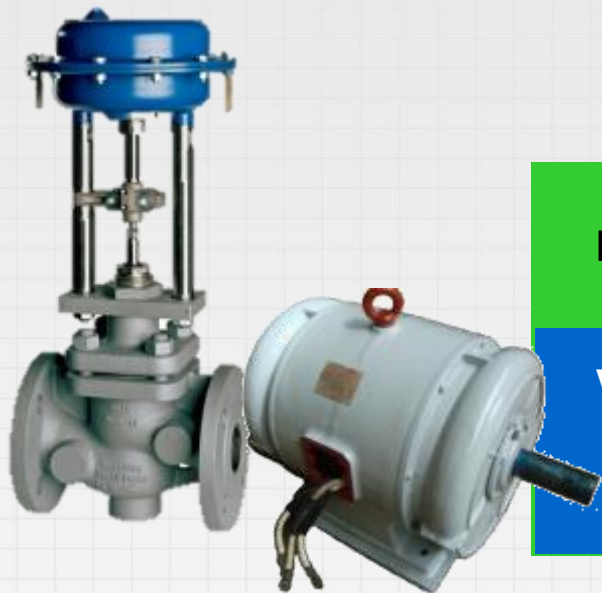
Comparativo entre sistemas de controle de vazão/pressão

Sistema Convencional
(Válvula)

Sistema com variação de velocidade
(Inversor de Frequência)



Sistemas industriais



Potência consumida

Variação de processo



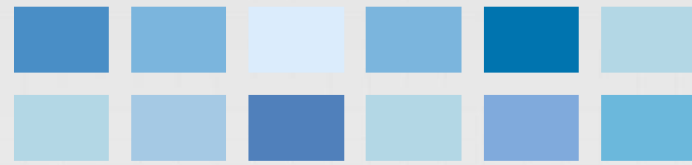
Potência consumida

Variação de processo

Economia de energia

Eficiência Energética – Motores

Resumo



Substituição dos motores por outros mais eficientes



Adequação dos motores de acordo com a carga (aplicação)



Uso de inversor de frequência para as aplicações que exijam controle



Muito Obrigado

O presente
reflete o
futuro

www.weg.net/eficienciaenergetica