

---

## 19 INVERSORES DE FREQUÊNCIA

### 19.1 PRINCÍPIO OPERACIONAL

Inversores de frequência são equipamentos que variam a frequência da tensão senoidal fornecida a um motor de indução para permitir a operação com velocidade variável.

Para manter o fluxo magnético e conseqüentemente o conjugado do motor constante, o inversor varia também o valor eficaz da tensão, de forma que a relação  $\frac{V}{f}$  não se altere.

A Fig 79 apresenta um diagrama esquemático com as principais características de um inversor.

Variando a frequência da tensão, a velocidade (rpm) do motor irá variar conforme as relações:

$$n = n_s \times \left(1 - \frac{s\%}{100}\right)$$

$$n_s = \frac{120 \times f}{2p}$$

Onde:

$n$  = rotação nominal (rpm)

$n_s$  = rotação síncrona (rpm)

$f$  = frequência (Hz)

$2p$  = número de pólos do motor

$s$  = escorregamento (%)

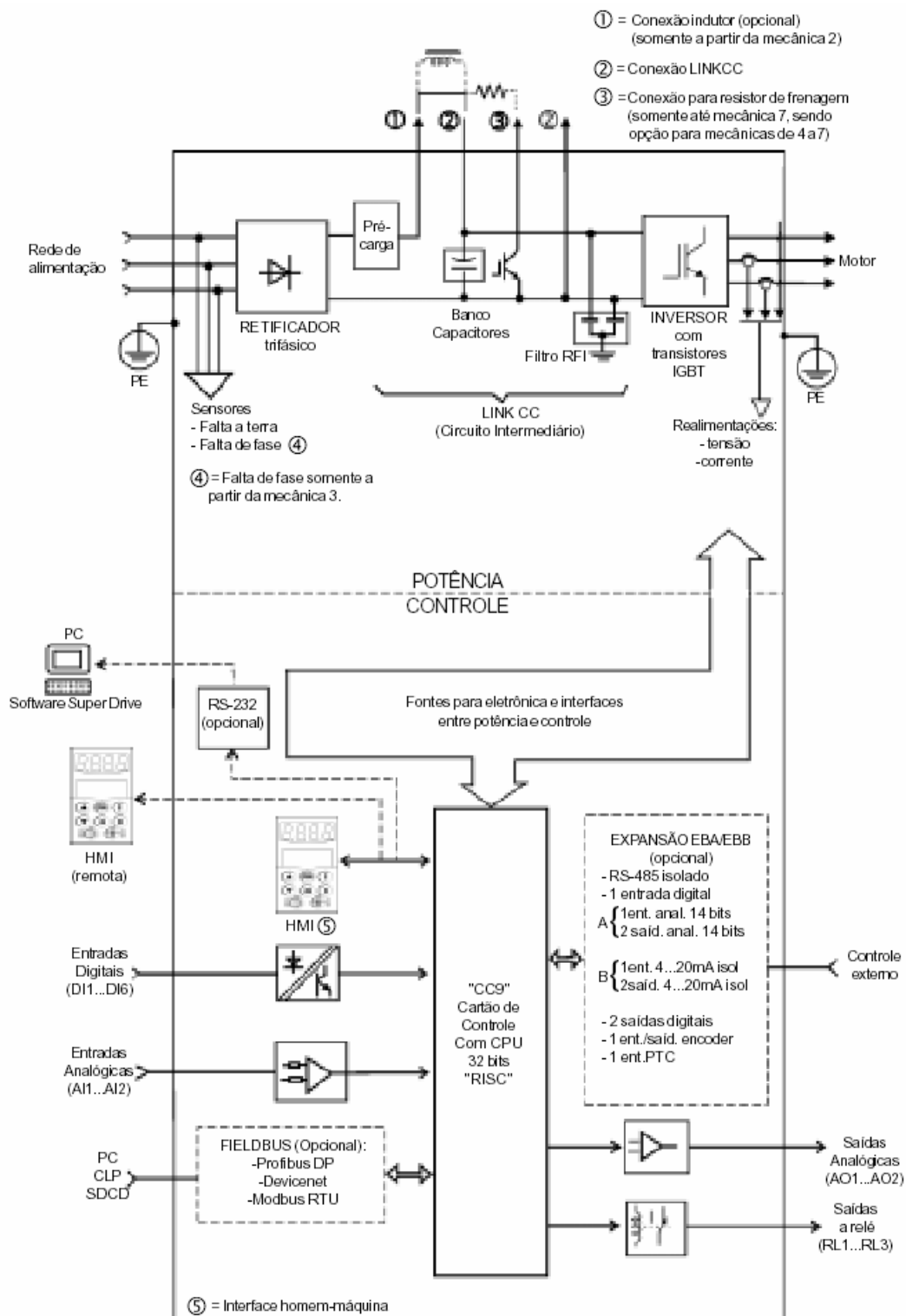


Fig 79 Bloco diagrama de um inversor CFW09-WEG

Entretanto a variação  $V/f$  só é linear até a frequência nominal do motor. A variação da frequência acima da nominal não é acompanhada pela variação da tensão, que permanece constante.

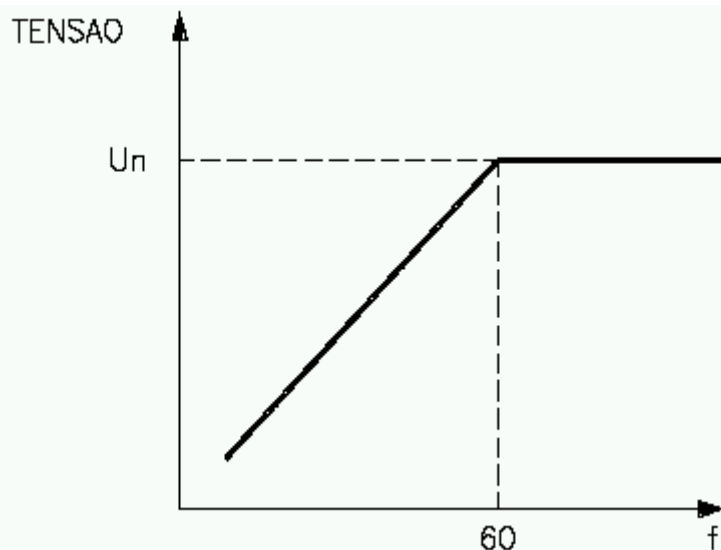


Fig 80 Curva representativa da variação da tensão na saída do inversor

A curva característica *conjugado x velocidade* de um motor operando com inversor mostra que o conjugado na ponta do eixo do motor será constante até a frequência nominal, caindo para frequências superiores, chamada zona de enfraquecimento de campo.

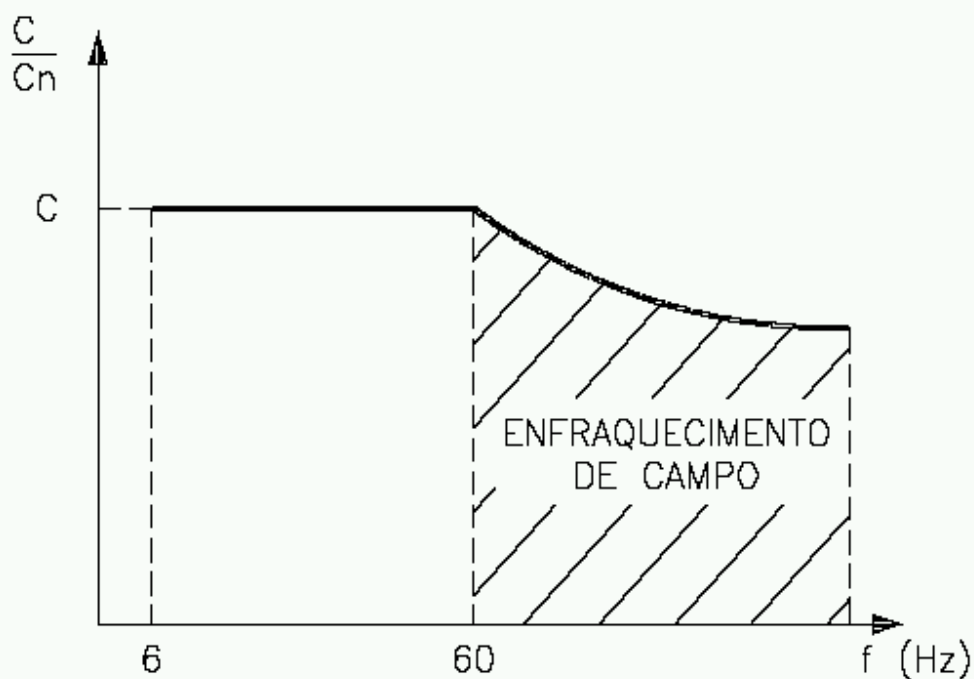


Fig 81 Diminuição do torque devido ao aumento da velocidade

## 19.2 POTÊNCIA DO INVERSOR E DO MOTOR ACIONADO

É preciso considerar alguns fatores que acarretam uma elevação na temperatura de operação do motor e, por conseguinte, reduz o conjugado e potências admissíveis no motor.

- A operação de um motor auto-ventilado com frequência e velocidade inferior à nominal provoca uma redução na eficiência da ventilação.

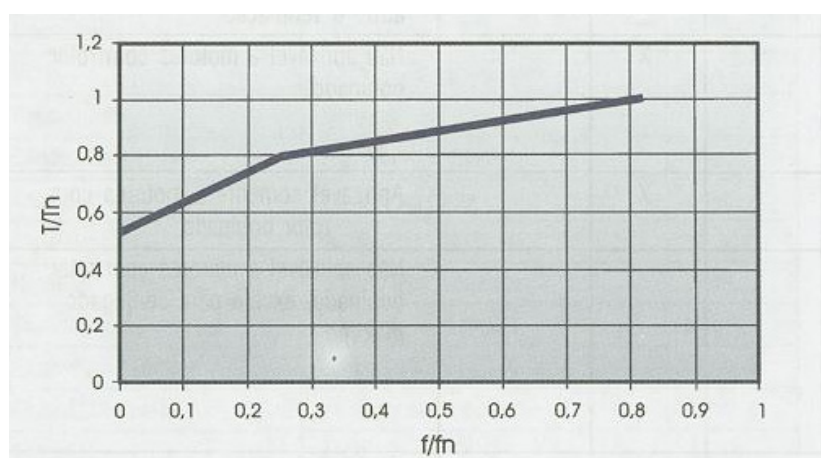


Fig 82 Curva de torque x frequência para motores fechados, autoventilados, com carcaça de ferro fundido

- A corrente de saída dos conversores não é perfeitamente senoidal e as componentes de ordem superior provocam um aumento nas perdas e elevação de temperatura no motor.

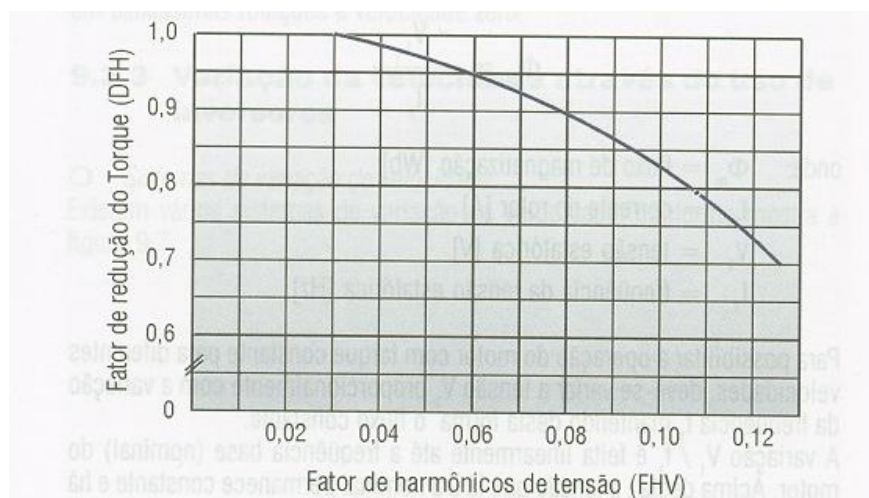


Fig 83 Torque do motor alimentado por inversor de frequência em função do fator de harmônicos de tensão

A potência máxima que um inversor de frequência pode fornecer, impressa em placa, está relacionada à temperatura do ar de refrigeração e à altitude de instalação.

De acordo com a norma NBR-7094 as condições usuais de serviço são:

- Altitude não superior a 1000m acima do nível do mar.
- Ar ambiente (admissão) não superior a 40°C.

Para condições diferentes das indicadas, é necessário utilizar fatores de redução para a potência e a corrente nominal que podem ser fornecidas continuamente por um inversor.

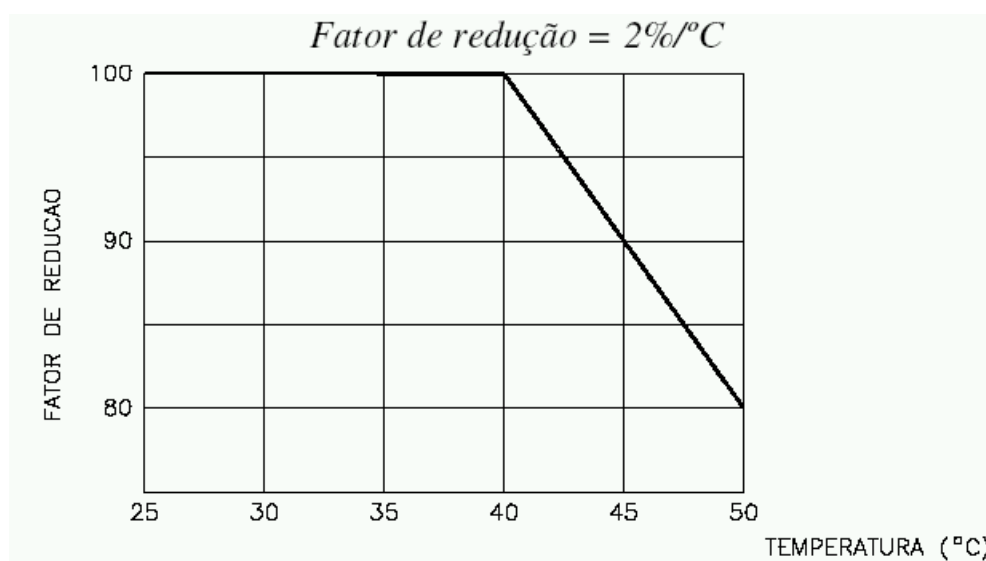


Fig 84 Curva de redução da potência em função da temperatura do ar de refrigeração

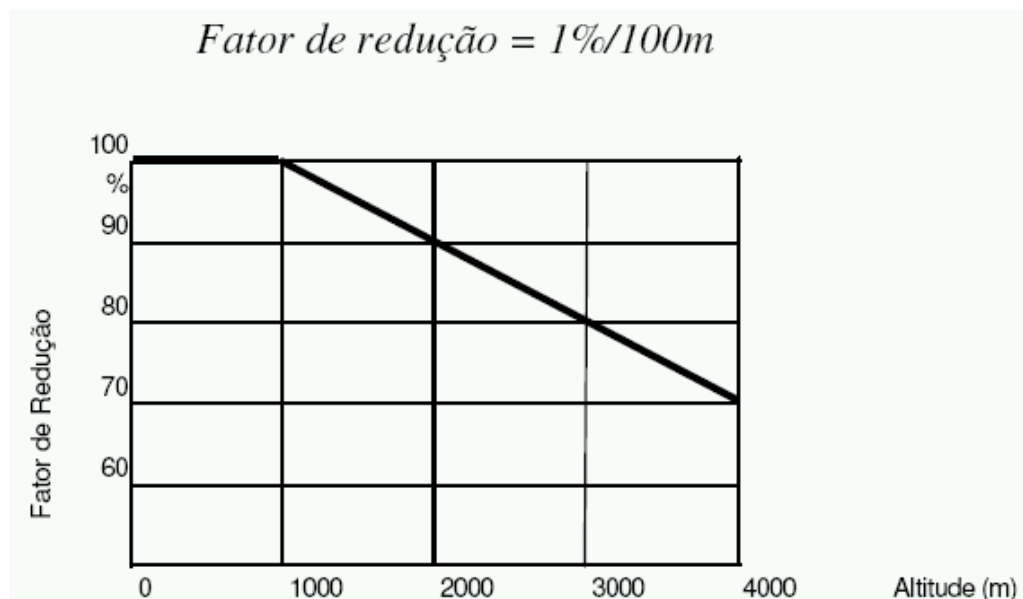


Fig 85 Curva de redução da potência em função da altitude

### 19.3 REATÂNCIA DE REDE

Os inversores, como todo equipamento eletrônico, são altamente susceptíveis às sobretensões. As sobretensões provocam a queima dos diodos e capacitores de entrada, danificando o equipamento. Os supressores de surto montados no inversor não são capazes de proteger os inversores de todas as ocorrências de sobretensão.

A reatância de rede, instalada na entrada do inversor, é capaz de reduzir os transientes de sobretensão, auxiliando na proteção do equipamento.

A reatância reduz também as harmônicas introduzidas na rede pelo inversor, proporcionando as seguintes vantagens:

- Aumento do fator de potência;
- Redução da corrente eficaz de entrada;
- Aumento da vida útil dos capacitores do circuito intermediário;
- Diminuição da distorção harmônica na rede de alimentação.

### 19.4 REATÂNCIA DE CARGA

A reatância na saída do inversor é utilizada quando a tensão do motor é superior a 460V e quando a distância entre o inversor e o motor for superior a 50m.

---

Com a utilização de reatância de carga, a taxa de variação da tensão (dv/dt) dos pulsos gerados pelo inversor será menor, reduzindo os picos de sobretensão impostos ao isolamento, reduzindo o stress e aumentando a vida útil do isolamento.

A utilização da reatância reduz as correntes para a terra através da capacitância dos cabos longos, evitando a atuação da proteção de fuga à terra.

## 19.5 INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Apesar de não exigida por alguns fabricantes, é recomendável para a confiabilidade operacional do equipamento a instalação de fusíveis ultra-rápidos para a proteção dos dispositivos semicondutores contra sobrecorrentes. Os fusíveis devem ter qualidade comprovada e devem ter o  $I^2t$  igual ou inferior ao sugerido pelo fabricante do inversor.

O inversor e a carcaça do motor elétrico devem ser conectados à malha de terra dimensionada para intensidades das correntes de curto-circuito fase-terra e de descarga atmosférica.

O inversor e motor devem ser aterrados à mesma malha de terra ou através de um condutor de seção compatível com o valor da corrente de defeito fase-terra que interligue a carcaça do motor ao inversor e ao potencial de terra (condutor de proteção “PE”).

As linhas elétricas metálicas (eletrodutos, leito de cabos, eletrocalhas, etc) utilizadas para os condutores de força, controle e sinal devem estar solidamente aterradas.

## 19.6 GRAU DE PROTEÇÃO E VENTILAÇÃO

Os inversores são equipamentos geralmente com grau de proteção IP20 e devem, portanto, serem montados em painéis e locais abrigados que ofereçam proteção contra exposição direta a raios solares, chuva, umidade, ambientes salinos, poeira e outros contaminantes.

Quando montados em painéis, os inversores devem ter espaços livres e um aporte suficiente de ar à temperatura inferior a 40°C para que a troca de calor seja efetiva a ponto de manter os componentes operando dentro de temperaturas adequadas.

## 19.7 INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA

O funcionamento normal de um inversor pode ser afetado por interferência eletromagnética de motores, cabos de potência e outras fontes eletromagnéticas.

---

O inversor pode criar interferências em equipamentos ou componentes próximos.

Para evitar estes inconvenientes é necessário seguir as instruções do fabricante do inversor, entre elas:

Os equipamentos sensíveis tais com CLP, controlador de temperatura, cabos de termopar, etc, devem estar afastados do inversor, reatâncias e cabo de alimentação do motor em pelo menos 250mm.

O painel elétrico onde o inversor está montado deve ter calhas independentes para a separação física dos condutores de sinal, de controle e potência.

Os cabos do motor devem ser separados dos demais cabos e devem estar contidos, preferencialmente, em eletrodutos metálicos aterrados.

Os cabos de controle e sinal devem ser blindados e a blindagem aterrada no lado do inversor e isolada no outro lado. Caso o cruzamento destes cabos com os demais seja inevitável, deve ser feito na perpendicular, mantendo-se um afastamento mínimo de 50mm. Os cabos de interligação entre o inversor e a HMI externa devem estar separados dos demais cabos em, pelo menos, 100mm.

Para que não interfiram no circuito de controle, utilizar supressores RC (alimentação CA) e diodos de roda livre (alimentação CC) em paralelo com as bobinas de relés, contadores, solenóides e freios eletromecânicos instalados próximos aos inversores.

O cabo do encoder deve ser blindado, preferencialmente dentro de eletroduto metálico, aterrados dos dois lados e mantidos afastados em, no mínimo, 250mm dos demais cabos.

## 19.8 INSPEÇÃO

Cuidado! Segurança

- Antes de atuar no inversor desligue a fonte de energia elétrica.
- Após desligar a energia aguarde pelo menos 10 minutos antes de tocar em alguma parte viva do inversor. Os capacitores do link DC demoram a descarregar.
- Só após 10 min teste a inexistência de tensão com um multímetro , no mínimo categoria III – 600V
- Os cartões eletrônicos possuem componentes sensíveis a descargas eletrostáticas. Não toque diretamente sobre os componentes ou conectores. Caso necessário, toque antes na carcaça metálica aterrada ou utilize pulseira de aterramento adequada.



- 
- Não execute ensaio de resistência de isolamento ou tensão aplicada CA ou CC no inversor sem consultar o fabricante.

### 19.8.1 Roteiro Para Inspeção

Limpeza – o inversor deve estar completamente livre de poeira, óleo ou qualquer outro contaminante.

Ventilação – verifique a distância entre inversores e outros componentes. Observe se o inversor montado acima de outro não está recebendo o ar quente do de baixo.

Certifique-se que o ar de admissão tenha temperatura inferior a 40°C e que o ventilador do inversor esteja funcionando adequadamente.

Os ventiladores devem ser substituídos após 40.000 horas de operação (aproximadamente 5 anos em operação contínua).

Terminais – checar o aperto

Capacitores do link DC – observar vazamento de eletrólito, válvula de segurança expandida e carcaça deformada. Os capacitores devem ser substituídos após 5 anos em operação.

Aterramento - observar aterramento do inversor e motor.

Resistores e reatâncias – testar resistências de isolamento e observar danos ao isolamento, sujeira e aperto das conexões.