

# MANUTENÇÃO ELÉTRICA INDUSTRIAL



\* REBOBINAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS \*

Vitória – ES

2006

## 8. REBOBINAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS

Todos os profissionais que realizam serviços em equipamentos elétricos, sejam na instalação, operação ou manutenção, deverão ser permanentemente informados e atualizados sobre as normas e prescrições de segurança que regem o serviço e, orientados a segui-las. Cabe ao responsável certificar-se, antes do início dos trabalhos, de que tudo foi devidamente observado, e alertar o pessoal para os perigos inerentes à tarefa proposta. Como medida de segurança, os equipamentos para combate a incêndios e avisos sobre primeiros socorros deverão estar sempre em locais bem visíveis e de fácil acesso.

É preciso cautela na hora de trocar um motor que apresentou defeito. Quando um motor falha, a decisão entre a troca e o rebobinamento deverá estar baseada em qual das duas opções trará para a empresa o retorno em menor tempo. No entanto, se o tempo não for crítico, então a política de gerenciamento de motores deverá orientar sobre a reposição ou o reparo do motor, com base no custo mínimo durante o ciclo de vida.

É relativamente freqüente, na recuperação de um motor danificado, a introdução de novos fatores que irão aumentar consideravelmente as perdas em relação ao projeto original, tais como:

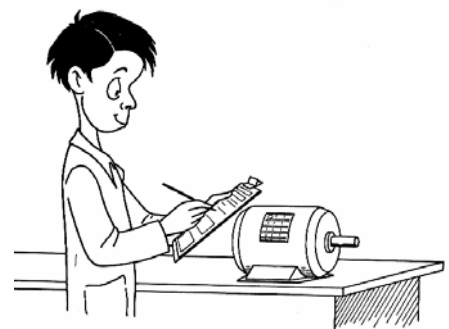


- Aquecimento excessivo do núcleo de ferro para retirada do enrolamento defeituoso, provocando o rompimento do isolamento interlaminar e, como consequência, aumento das perdas por correntes parasitas (correntes de Foucault);
- Rebobinagem em desacordo com os dados de projeto do fabricante (número de espiras a menos, bitola do fio menor, etc.);
- Reparos no rotor, como a usinagem no diâmetro externo, provocam um grande aumento na corrente de magnetização e, conseqüentemente, das perdas.

Portanto é de suma importância não efetuar procedimentos que possam alterar as características originais do motor a ser recuperado. Alguns procedimentos básicos devem ser tomados ao receber um motor elétrico no setor de manutenção, como forma de padronizar e otimizar as ações desenvolvidas, na busca pela qualidade do trabalho executado.

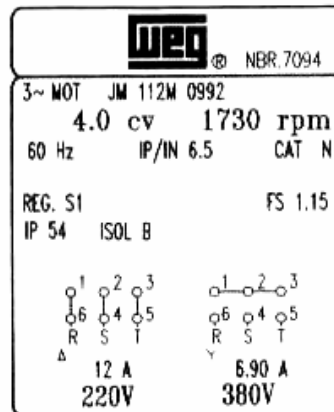
As orientações a seguir podem ser aplicadas a qualquer motor elétrico, respeitando as particularidades de cada tipo de motor, porém será dada ênfase aos motores trifásicos de indução com rotor em curto-circuito pela sua alta predominância no ambiente industrial. Este material não tem a pretensão de abordar todas as metodologias existentes envolvendo a manutenção de motores; outras orientações poderão ser utilizadas como forma de aprimorar a organização do trabalho.

Qualquer setor de manutenção deverá possuir uma estrutura organizacional que permita o acompanhamento de todas as ações desenvolvidas desde a chegada do motor até sua liberação, ao término do reparo. Portanto, deverá existir uma ficha de controle de serviço onde serão registradas todas as informações da máquina o que inclui: dados do proprietário, defeito ocorrido, processo no qual estava inserido, tipo de acoplamento, etc.

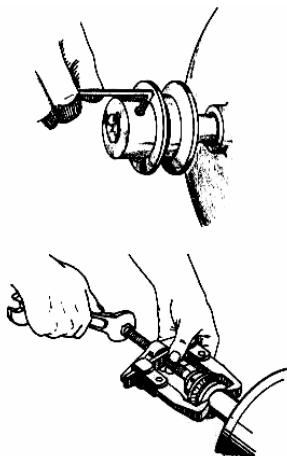


Ao receber um motor para reparo, o profissional responsável deverá providenciar sua identificação com um código alfanumérico único que será registrado na carcaça e na ficha de controle.

A seguir, anote todos os dados contidos na placa de identificação do motor. Caso haja falta de dados importantes, deverá ser consultado o catálogo do fabricante.



Faça uma inspeção visual procurando rachaduras, condições da carcaça, tampa, pés e eixo, observando o estado da pintura, incrustações, corrosão, etc.

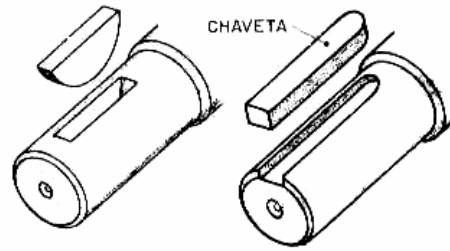


Apesar do motor possuir uma estrutura resistente, ele também é sensível a: pancadas, quedas, força excessiva e as ferramentas de corte.

Solte os parafusos que prendem a polia ou o acoplamento ao eixo. Efetue a retirada da polia; caso esteja muito apertada, utilize um extrator (saca-polias).

Parafusos e porcas difíceis de desenroscar podem ser soltos com qualquer fluido desengripante existente no mercado, indicado para esta finalidade. Contudo, na falta do produto, podem ser obtidos resultados semelhantes com o uso de querosene. Aplique e deixe-o penetrar, aguardando algum tempo para que ocorra o efeito desejado.

Retire a chaveta, batendo levemente com o martelo. Na medida que a desmontagem é efetuada, coloque as peças retiradas dentro de um recipiente devidamente identificado.

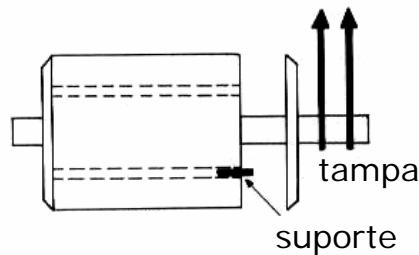


Marque a posição das tampas em relação à carcaça antes de retirá-las. Solte os parafusos que prendem as tampas à carcaça do motor. Golpeie levemente a carcaça e as tampas com um martelo de borracha (ou use um pedaço de madeira entre o ponto a golpear e o martelo). Se a tampa também for suporte para o eixo, o rotor deverá ser protegido. Para isto, use um dispositivo de levantamento (talha, ponte, etc).

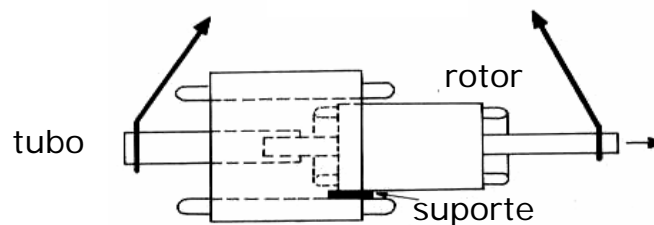


Assim que uma tampa é retirada de sua posição, um dispositivo de suporte é colocado no entreferro, entre o rotor e o estator.

p/ talha

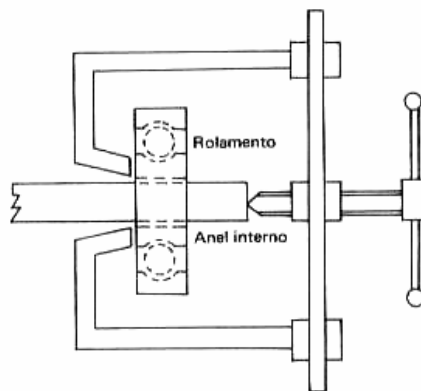


p/ talha

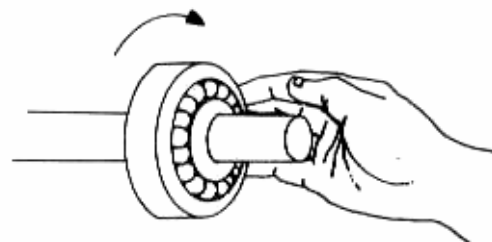
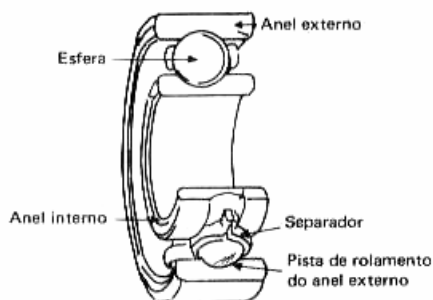


O rotor deve ser removido pelo lado do ventilador. Tome cuidado para manter o rotor na linha do eixo do estator, durante esta operação, para causar o mínimo de atrito entre eles.

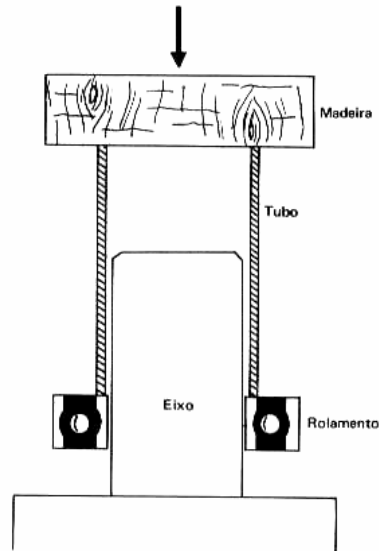
A ferramenta usada para sacar o rolamento é semelhante ao saca polias. A diferença básica está nos ganchos do extrator, que devem ser aplicados na pista interna do rolamento. Antes de sacá-lo poderá ser colocado um pouco de óleo quente no rolamento (o calor gera uma dilatação do anel interno reduzindo a pressão existente).



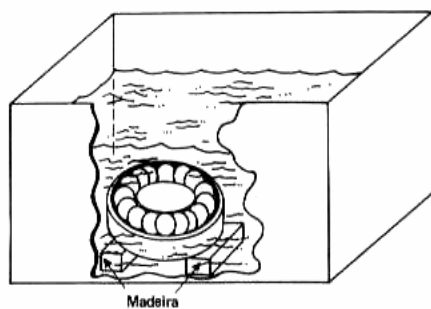
Posteriormente providencie a limpeza do rolamento usando querosene ou outro produto adequado e seque-o usando um pano isento de fiapos e sujeira, e/ou com ar comprimido. Verifique as superfícies côncavas do rolamento quanto a desgastes. Arranhões e riscos são sinais de anormalidades. Inspeção se há anéis e esferas trincadas ou quebradas. Rolamentos que tenham sido aquecidos em excesso mudam de cor para escuro ou azulado. Gire o anel externo para um lado e para o outro observando se há ruído anormal. Pingue algumas gotas de óleo para facilitar o teste.



Para reposição do rolamento existente ou sua troca por um novo, é necessário usar o método correto na montagem e observar as regras de limpeza para que o rolamento funcione satisfatoriamente. A montagem poderá ser a frio ou a quente, dependendo da situação. Rolamentos pequenos podem ser montados a frio, utilizando-se uma prensa ou um tubo de impacto.



Rolamentos maiores são montados a quente utilizando-se banho de óleo ou aquecedor por indução. Quase todos os aquecedores são equipados com um termostato ajustável para facilitar o aquecimento exato dos rolamentos.



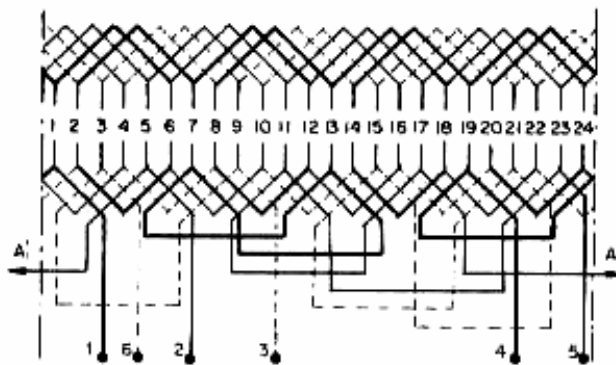
Com o motor aberto sem a presença do rotor, faça uma inspeção visual interna registrando avarias encontradas e anotando algumas informações com relação às características construtivas do estator e do enrolamento, tais como:

- Número de ranhuras;
- Tipo de enrolamento (imbricado, concêntrico);
- Número de bobinas por grupo;

- d) Número de grupos por fase;
- e) Ligação entre grupos de bobinas;
- f) Passo de bobina;
- g) Passo Polar;
- h) Passo de Fase;
- i) Esquema de ligação (número de terminais).

Se persistirem dúvidas, deverá ser consultado o fabricante para confirmação dos dados originais (de fábrica).

Com esses dados coletados, providencie a confecção do diagrama planejado do enrolamento, que deverá ficar anexado à ficha de controle do motor.



Após esta etapa, inicie a retirada do enrolamento. Não exerça grandes esforços mecânicos sobre o pacote de chapas magnéticas. O aquecimento do bobinado facilita a retirada dos fios sem danificar o estator. O mesmo nunca deve ser feito a base de fogo ou maçarico. Poderá ser usado aquecimento por estufa com temperatura controlada, não ultrapassando 150° C.

Observe o tamanho da cabeceira das bobinas para confecção do molde, conte o número de espiras e meça a bitola (diâmetro) do fio esmaltado.



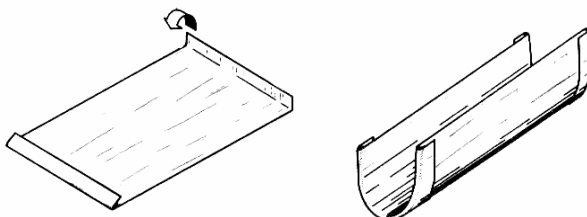
A seguir, inicie a limpeza do estator retirando todo o material isolante presente nas ranhuras e os resíduos de verniz, procurando não danificar as chapas magnéticas. Não utilize a técnica de jateamento, pois poderá afetar o tratamento das chapas magnéticas. Use um solvente para lavagem do estator que não seja prejudicial as chapas. Após o término da limpeza, providencie a secagem em estufa com temperatura controlada.

Confeccione as bobinas conforme o projeto original do fabricante, ou seja, conservando o tamanho, o diâmetro do fio esmaltado e o quantitativo de espiras.



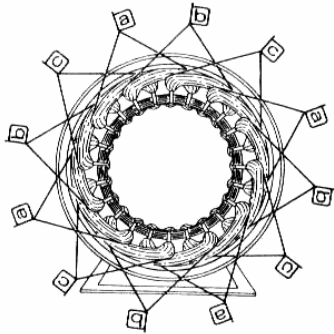
Antes de iniciar a colocação das novas bobinas, providencie novas fibras isolantes para as ranhuras, respeitando as medidas originais e a classe de isolamento do motor.

Procure moldar as fibras antes de colocá-las nas ranhuras, evitando a redução de espaço útil e dificuldades na colocação das bobinas. Elas poderão ser dobradas para trás, nas pontas, formando uma bainha de aprox. 5mm, evitando assim o deslizamento do isolante e reforçando, conseqüentemente, a isolação na borda da ranhura.



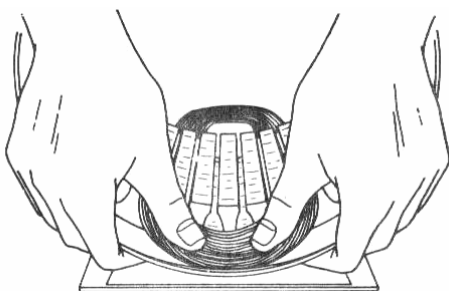
A disposição das bobinas deverá seguir o diagrama planejado construído inicialmente, segundo o projeto original. A identificação de cada grupo de bobinas poderá ser feita no momento da sua colocação ou após todos os grupos

serem colocados (com o decorrer da experiência adquirida, o bobinador define a melhor forma de trabalho).

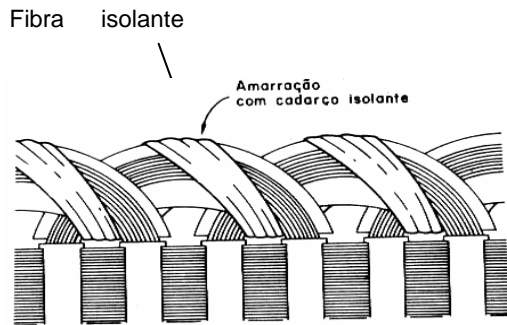


Defina as ranhuras a serem ocupadas, em função do passo de bobina e, de acordo com o esquema planejado, tendo o cuidado para que os terminais fiquem do lado que serão executadas as ligações internas. Prepare um dos lados da bobina, espalmando os condutores entre os dedos, de modo que o lado da bobina fique com os condutores alinhados. Ao término da colocação de cada bobina nas ranhuras, deverá ser colocada uma fibra isolante final para fixação da mesma. Molde a bobina, pressionando-a com os dedos, para facilitar a colocação das próximas bobinas e melhorar o acabamento final do bobinado.

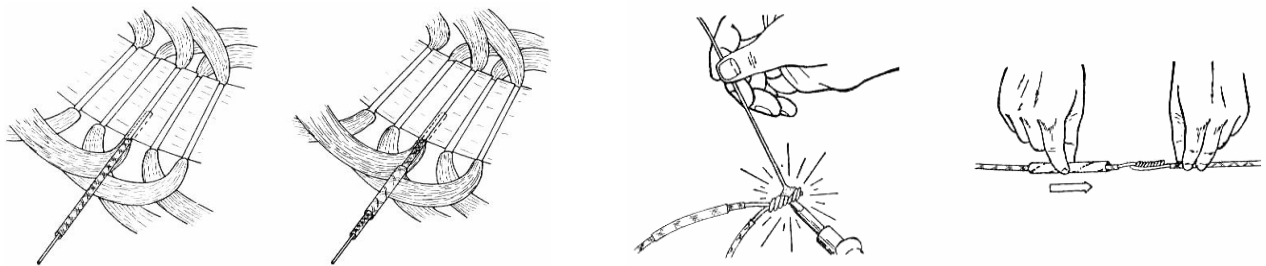
Caso haja dois lados de bobinas na mesma ranhura, deverá ser prevista uma fibra isolante intermediária, separando cada lado de bobina. Confira o quantitativo de terminais existentes e suas posições no estator..



Estando tudo Ok, após a colocação de todas as bobinas, providencie a fixação das cabeceiras das bobinas no lado contrário ao dos terminais, utilizando fibra isolante entre os grupos de bobinas e fita ou cadarço isolante para amarração das mesmas.



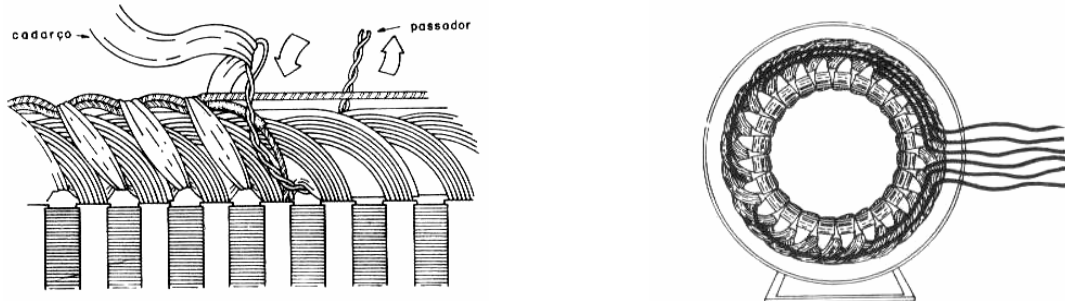
A etapa seguinte é a identificação dos grupos de bobinas pertencentes a cada enrolamento e sua respectiva interligação. As emendas devem ser efetuadas com o uso de solda e isoladas com tubo isolante (espaguete) que possua classe de isolamento compatível. Não se esqueça de providenciar a retirada do verniz que recobre o fio antes de efetuar a soldagem.



É importante lembrar que os cabinhos flexíveis que receberão a identificação dos terminais do motor devem possuir classe de isolamento e capacidade de corrente compatíveis com os valores originais do motor. Direcione-os para a caixa de ligação acoplada à carcaça, procurando posicionar as emendas na parte superior da cabeceira das bobinas.



Providencie a amarração final, da mesma forma que foi feita no lado oposto, colocando uma fibra isolante entre os grupos de bobinas e ajeitando as emendas e fios terminais na cabeceira das bobinas, evitando os cruzamentos.



Antes da impregnação, o bobinado deverá ser testado para certificar-se que o trabalho está correto. Execute o teste de continuidade dos enrolamentos, de isolamento elétrico entre enrolamentos e de cada enrolamento para a carcaça.

Obs: A resistência elétrica de isolamento entre enrolamentos e de cada enrolamento para a carcaça deve seguir a seguinte expressão:

$$R_{\text{mínima}} = \text{Tensão nominal em kV} + 1, \text{ (em M}\Omega\text{)}$$

A impregnação do conjunto – estator e bobinado, com verniz isolante, tem várias finalidades, tais como:

- tornar o bobinado mais sólido e resistente a vibrações;
- preencher todos os espaços vazios o que facilita a dissipação do calor;
- proteger o bobinado contra umidade e, acima de tudo
- garantir um perfeito isolamento.

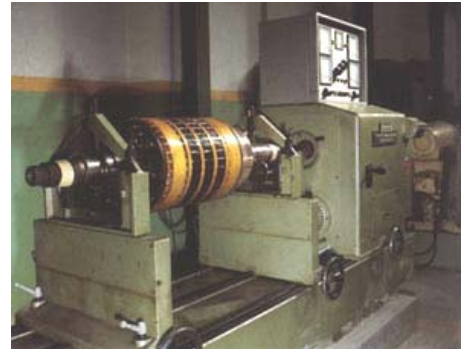
Para obter esses resultados devem ser observados alguns pontos considerados fundamentais ou seja:

- impregnação por imersão ou a vácuo;
- viscosidade correta do verniz utilizado;



- temperatura de secagem ou cura do verniz conforme orientação do fabricante e classe de isolamento do motor;
- tempo de secagem, segundo fabricante do verniz, dependendo da carcaça do motor e do número de impregnações;

Temperaturas acima do permitido podem queimar os materiais isolantes; já as temperaturas muito baixas, ou ainda tempo de cura muito reduzido deixam o bobinado pegajoso, sujeito à aderência de pó e outras impurezas, não cumprindo a sua função.



Paralelamente deverá ser verificado o balanceamento do conjunto do rotor e o estado dos mancais. Se necessário, averiguar o tempo de vida útil, tipo de graxa, quantidade e intervalos de lubrificação do rolamento (conforme especificações do fabricante).

Após secagem total do estator, deverá ser providenciada a montagem do motor, observando a colocação correta das tampas laterais.

Na montagem do motor, além do fator limpeza devem ser analisados os aspectos dos demais componentes. Estes, além de limpos e secos devem estar em perfeitas condições de uso. Qualquer componente de aspecto duvidoso deve ser substituído, com o cuidado de manter as características originais do motor, observando a classe de isolamento, grau de proteção e assim por diante.

Os encaixes, furos e roscas devem estar isentos de restos de verniz; isto facilita em muito a montagem.

Após o motor estar em conformidade com as características para as quais foi projetado, efetua-se a pintura de acabamento; deverá ser mantida a cor e as características originais ou poderão ser feitas alterações conforme solicitação do cliente.

Alguns ensaios devem ser efetuados antes da liberação do motor. Basicamente deverá ser feito:

- ensaio a vazio: medição da corrente nas três fases e da potência absorvida com tensão nominal;
- medição da rotação a vazio em rpm.

Outros ensaios poderão ser efetuados de acordo com a solicitação do cliente.



Os dados originais de tensão, corrente e consumo a vazio do motor devem ser arquivados e comparados após cada reparo.

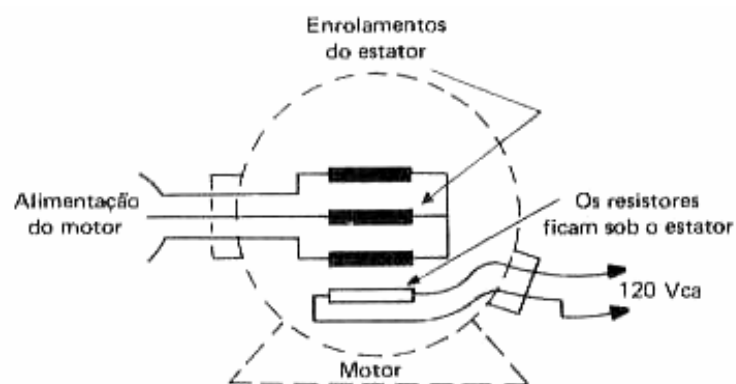
Por último o motor será embalado para transporte e colocado a disposição do cliente.

#### **Observações:**

- Existem casos em que o motor apresenta apenas redução na resistência de isolamento. Deverão ser providenciadas sua secagem e uma nova impregnação para recuperar os valores mínimos de isolamento.
- O emprego da sucção para remoção de impurezas nos enrolamentos é preferível ao sistema de sopro. Existe a possibilidade de danificar as bobinas. Aplique a extremidade da mangueira de um aspirador nas partes expostas dos enrolamentos.
- Para lavagem dos enrolamentos utilize produtos desengordurantes apropriados que não agridam o pacote de chapas metálicas nem o bobinado. Impurezas muito aderentes podem ser escovadas com suavidade (não use escova de aço). Após a limpeza, seque o estator usando estufa com

temperatura controlada. Proceda posteriormente a impregnação usando algum dos métodos já citados anteriormente.

- Quando um motor fica fora de serviço por períodos prolongados, geralmente absorve umidade suficiente para reduzir a resistência de isolamento a um valor abaixo do limite recomendado pelo fabricante. A aplicação de uma temperatura com cerca de 5° C acima da ambiente é o suficiente para prevenir contra a absorção de umidade. Comumente isto é feito com o uso de resistores de aquecimento.



Se, porém, o motor tiver o enrolamento contaminado por excessiva umidade, será necessário secá-lo. Calor suficiente deve ser produzido a fim de aquecer o enrolamento à temperatura não superior a 80° C quando medida por termômetro, ou 90° C quando medida por sensor de temperatura.

Existem outros métodos de aquecimento do enrolamento. A escolha entre eles é questão de conveniência, flexibilidade, custo e disponibilidade. A aplicação de qualquer um dos métodos, em motores fechados, deve vir acompanhada do uso de ventilação forçada para remoção da umidade.

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DO ESPÍRITO SANTO  
COORDENADORIA DE ELETROTÉCNICA

**DADOS DE PLACA**

Marca .....	Modelo .....	Potência .....
RPM .....	Categoria .....	Isolamento .....
Regime .....	Fator de Serviço (FS).....	Fator de Potência .....
Frequência .....	Tensão .....	Corrente .....
Temperatura.....	Carcaça .....	Nº série .....

**DADOS INTERNOS DO ESTATOR**

Tipo de bobinado .....	Nº de ranhuras .....
Nº de bobinas .....	Nº de bobinas por pólo e fase .....
Passo Polar (Yp) .....	Passo de Bobina (Yb) .....
Passo de Fase (Yf) .....	Isolamento (tipo) .....

Obs:

**ENSAIOS**

a) Teste de Continuidade dos enrolamentos:

1 – 4 : .....ohms    2 – 5 : .....ohms    3 – 6 : .....ohms

b) Teste de Isolamento:

1 – 4 p/ carcaça: .....MΩ

2 – 5 p/ carcaça: .....MΩ

3 – 6 p/ carcaça: .....MΩ

1 – 4 p/ 2 – 5: ..... MΩ

1 – 4 p/ 3 – 6: ..... MΩ

2 – 5 p/ 3 – 6: ..... MΩ

**ALIMENTAÇÃO**

Tensões: .....V

Corrente a vazio: .....A