

	<b>PROCEDIMENTO TÉCNICO DE MANUTENÇÃO</b>	<b>PTM 001/2024</b>
	<b>MEDIÇÃO RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO MOTORES ELÉTRICOS</b>	
Elaborado por: Elson Luiz da Silva	Emissão PR: 16/07/2017	
<b>Alterações</b>		
<b>0</b>	<b>Emissão do Procedimento Técnico de Manutenção</b>	

### 1. OBJETIVO DO PROCEDIMENTO DE ROTINA

Executar teste de isolamento de motores elétricos de indução de baixa tensão e máquinas de corrente contínua para garantir a segurança das pessoas e o bom desempenho do equipamento.

### 2. ALCANCE

Motores elétricos de corrente alternada e motores de corrente contínua da Usina Aços Especiais Piratini.

### 3. REFERÊNCIAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

- Norma IEEE 43-2013
- Instruções Gerais – GE-3 Isolamento Elétrico - Aços Especiais Piratini
- Técnicas de inspeção e procedimentos de testes – Companhia Siderúrgica Tubarão

### 4. DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

**Resistência de Isolamento (RI)** – É a capacidade da isolação elétrica do enrolamento de resistir a passagem da corrente elétrica. É o quociente da tensão contínua aplicada dividida pela corrente que passa pelo isolamento da máquina, corrigida para 40°C e obtida num tempo específico (t) (usualmente 1 min) desde o início da aplicação da tensão.

**Índice de Absorção (I<sub>a</sub>)** – Variação no valor da resistência de isolamento com o tempo. É o quociente da resistência de isolamento no tempo t<sub>2</sub> (60s) pela resistência de isolamento no tempo t<sub>1</sub> (30s).

$$I_a = \frac{\text{Leitura } 60s}{\text{Leitura } 30s}$$

**Índice de Polarização (I<sub>p</sub>)** – Variação no valor da resistência de isolamento com o tempo. É o quociente da resistência de isolamento no tempo t<sub>2</sub> (10min) pela resistência de isolamento no tempo t<sub>1</sub> (1min).

$$I_p = \frac{\text{Leitura } 10min}{\text{Leitura } 1 \text{ min}}$$

**Coefficiente K** – O valor da resistência de isolamento obtido a uma temperatura T deve ser corrigido para a temperatura de 40 °C, assim, valores obtidos em várias temperaturas poderão ser comparados. Portanto o valor na temperatura T deve ser multiplicado pelo coeficiente K<sub>T</sub> obtido a partir da Tabela 1 para obter um novo valor a 40°C. Na planilha “RI Motores CA Rotor em curto-circuito.xlsx” esta correção se realiza automaticamente.

$$R_C = K_T R_T$$

Onde:

R<sub>C</sub> - resistência de isolamento (em megaohms) corrigida para 40°C

K<sub>T</sub> - coeficiente de temperatura de RI na temperatura T °C

R<sub>T</sub> - medição de RI (em megaohms) na temperatura T °C

**Tabela 1 – Coeficiente  $K_T$** 

Por exemplo, se na prova a temperatura da bobina era de 35°C, então o coeficiente  $K_T$  será 0,71

Temp °C	$K_T$	Temp °C	$K_T$	Temp °C	$K_T$	Temp °C	$K_T$	Temp °C	$K_T$
10	0,12	31	0,54	52	2,30	73	9,85	94	42,22
11	0,13	32	0,57	53	2,46	74	10,56	95	45,25
12	0,14	33	0,62	54	2,64	75	11,31	96	48,50
13	0,15	34	0,66	55	2,83	75	11,31	97	51,98
14	0,16	35	0,71	56	3,03	76	12,13	98	55,72
15	0,18	36	0,76	57	3,25	77	13,00	99	59,71
16	0,19	37	0,81	58	3,48	78	13,93	100	64,00
17	0,20	38	0,87	59	3,73	79	14,93	101	68,59
18	0,22	39	0,93	60	4,00	80	16,00	102	73,52
19	0,23	40	1,00	61	4,29	81	17,15	103	78,79
20	0,25	41	1,07	62	4,59	82	18,38	104	84,45
21	0,27	42	1,15	63	4,92	83	19,70	105	90,51
22	0,29	43	1,23	64	5,28	84	21,11	106	97,01
23	0,31	44	1,32	65	5,66	85	22,63	107	103,97
24	0,33	45	1,41	66	6,06	86	24,25	108	111,43
25	0,35	46	1,52	67	6,50	87	25,99	109	119,43
26	0,38	47	1,62	68	6,96	88	27,86	110	128,00
27	0,41	48	1,74	69	7,46	89	29,86	111	137,19
28	0,44	49	1,87	70	8,00	90	32,00	112	147,03
29	0,47	50	2,00	71	8,57	91	34,30	113	157,59
30	0,50	51	2,14	72	9,19	93	39,40	114	168,90

## 5. SEGURANÇA

As provas de resistência de isolamento (RI) implica na aplicação direta de voltagens altas de corrente contínua nas bobinas da máquina. Estas bobinas tem propriedades capacitivas e indutivas que podem conduzir a perigos não facilmente evidentes. Antes de realizar qualquer prova, a bobina deverá ser conectada à terra para garantir que esteja totalmente descarregada. Não é seguro

começar a prova antes que a corrente de descarga seja ZERO e não haja perceptível tensão de retorno (menos de 20 V).

Depois de terminada a prova, o bobinado deverá ser descarregado a terra. A norma IEEEE43-2013 recomenda um tempo mínimo de descarga igual a quatro vezes a duração da voltagem aplicada. Este procedimento é importante realizar principalmente em máquinas de grande porte.

Durante o período de prova, se deve tomar todas as medidas de segurança adequadas para as tensões se utilizam.

Para a prova com tensões de 5.000 V ou maior, a ponta de prova entre o megohmmetro e o bobinado deve ser isolada apropriadamente e separada da carcaça; não feito isso, a perda por efeito corona pode introduzir erros nos valores da prova.

Por critérios de segurança e para evitar que correntes parasitas sejam também medidas, os cabos do megohmmetro devem ser blindados.

Recomenda-se também que o local de medição seja isolado, restringindo o acesso de pessoas não envolvidas com as provas, pois as tensões de teste são elevadas.

As medidas de segurança descritas aqui não são únicas, só servem para alertar os riscos que estão envolvidos. É de responsabilidade dos usuários dos equipamentos de prova determinar por completo os possíveis riscos envolvidos a fim de proteger as pessoas e eliminar os riscos de danificações aos equipamentos.

### 5.1 Recomendações ao realizar provas de Isolamento

1. Nunca conecte o megohmmetro a condutores ou a equipamentos energizados.
2. Isole o equipamento que se vai provar abrindo os fusíveis, chaves e interruptores de circuito.
3. Desconecte os condutores do circuito e todos os demais equipamentos da unidade a ser testada.
4. Descarregue a capacitância do equipamento tanto antes e depois da prova.
5. Comprove se existem corrente de fuga através dos fusíveis, chaves e interruptores nos circuitos não energizados. As correntes de fuga podem gerar leituras incorretas ou incoerentes.
6. Não utilize o megohmmetro em atmosfera perigosa ou explosiva, já que o instrumento pode produzir arcos em isolação danificada.
7. Não interrompa a aplicação de tensão antes de completar a prova, isto é, a leitura de 30 segundos, a leitura em 60 segundos e a nos 10 minutos deverá realizar-se de forma continua, sem interromper a tensão aplicada.
8. Utilize luvas isoladas de borracha quando conectar as pontas de prova.
9. Use máscara protetora facial ao realizar as provas.

### LISTA DE EPI'S



### 6. LISTA DE FERRAMENTAS

- Ferramentas em Caixa individual
- Megohmmetro
- Termómetro infravermelho
- Higrómetro (para lugares de alta umidade)

## 7. FACTORES QUE AFETAM A RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

### 7.1 Efeito da condição da superfície

A corrente de fuga de superfície ( $I_L$ ) é dependente dos componentes estranhos presentes na superfície do material isolante do bobinado, como óleo e/ou pó de carvão.

A corrente de fuga de superfície pode ser significativamente maior nos grandes rotores e máquinas de corrente contínua.

Poeira (ou sais) nas superfícies de isolamento, que são ordinariamente não condutoras quando estão secas, podem se transformar em parcialmente condutoras quando expostas a umidade ou óleo, e, portanto, podem reduzir a resistência de isolamento.



**Se o índice de resistência de isolamento, de absorção ou de polarização é menor devido a contaminação, ele pode ser geralmente melhorado fazendo uma boa limpeza e secando a máquina.**

### 7.2 Efeito da umidade

A resistência de isolamento, índice de absorção ou polarização podem ser mais baixos, independentemente da limpeza do enrolamento, se a sua temperatura está abaixo do ponto de condensação do ar ambiente, devido a uma película de umidade que se pode formar na superfície de isolação.

O efeito é mais pronunciado se a superfície de isolação está contaminada ou possui trincas.

Em serviço as máquinas estão geralmente a uma temperatura acima do ponto de condensação. Quando as provas forem realizadas em uma máquina que estava trabalhando, as provas deverão ser feitas antes que a temperatura do bobinado caia abaixo do ponto de condensação.



**Como regra geral, as máquinas devem estar sempre ao menos 5°C acima da temperatura ambiente para evitar a absorção de umidade.**

### 7.3 Efeito da temperatura

O valor da resistência de isolamento varia inversamente, de forma exponencial, com a temperatura do bobinado.

Existe uma diferença entre a dependência da temperatura da resistividade de metais e materiais não metálicos, em particular bons isoladores.

Nos metais, onde existem muitos elétrons livres, a temperatura mais elevada introduz uma maior agitação térmica, o que reduz o movimento médio dos elétrons, e com a conseqüente redução na mobilidade dos elétrons, um aumento na resistividade.

No entanto, nos isoladores, o aumento do fornecimento de energia térmica, libera os portadores de carga adicionais e reduz a resistividade.

O valor da resistência de isolamento de um enrolamento depende da temperatura e do tempo decorrido desde a aplicação de tensão.

A fim de evitar os efeitos da temperatura na análise de tendências, testes posteriores devem ser realizadas quando o enrolamento está próximo da mesma temperatura do teste anterior.

No entanto, se a temperatura de enrolamento não puder ser mantida a mesma de um ensaio para o outro, recomenda-se que todos os valores de teste de isolamento sejam corrigidos para uma temperatura de base comum de 40°C utilizando a equação  $R_C = K_T R_T$ .

Embora o valor corrigido seja uma aproximação, permite uma comparação mais significativa dos valores obtidos para a resistência de isolamento a diferentes temperaturas.

#### 7.4 Efeito da magnitude da tensão de prova

Tensão nominal da bobina [ V ] <sup>1</sup>	Tensão de Prova
< 1000	500
1000 - 2500	500 - 1000
2501 - 5000	1000 - 2500
5001 - 12000	2500 - 5000
> 12000	5000 - 10000

Tabela 2 - Valores de tensão (corrente contínua) a aplicar nas bobinas



<sup>1</sup> Tensão nominal de linha para máquinas CA trifásicas, tensão de linha para máquinas monofásicas e tensão nominal de máquinas CC ou bobina de campo.

O valor da resistência de isolamento pode diminuir em certa medida com um aumento na tensão aplicada; no entanto, para o isolamento em boas condições e num estado completamente seco, substancialmente a mesma resistência de isolamento será obtida para qualquer tensão de teste, obedecidos os valores recomendados.

O decréscimo significativo na resistência de isolamento, com um aumento na tensão aplicada pode ser uma indicação de mau isolamento.

Estes problemas podem ser devidos a imperfeições do isolamento ou trincas, agravadas pela presença de sujeira e/ou umidade.

#### 7.5 Efeito da carga residual existente nas medições de resistência de isolamento

A medição da resistência de isolamento irá apresentar um erro se houver cargas residuais no isolamento.

Portanto, antes de se medir a resistência de isolamento, os enrolamentos deve ser completamente descarregados.

Antes mesmo de aplicar tensão na bobina, a carga residual fará com que haja uma deflexão inversa no indicador do megohmmetro quando o instrumento for conectado.

Terminada a aplicação de alta tensão de CC é importante que as conexões sejam conectadas à terra para segurança pessoal, assim como a precisão de testes subsequentes. Conforme a norma IEEE 43-2013, o tempo de posta a terra deverá ser no mínimo quatro vezes o tempo de (carga) teste.

## 8. CIRCUITO EQUIVALENTE DA PROVA DE RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

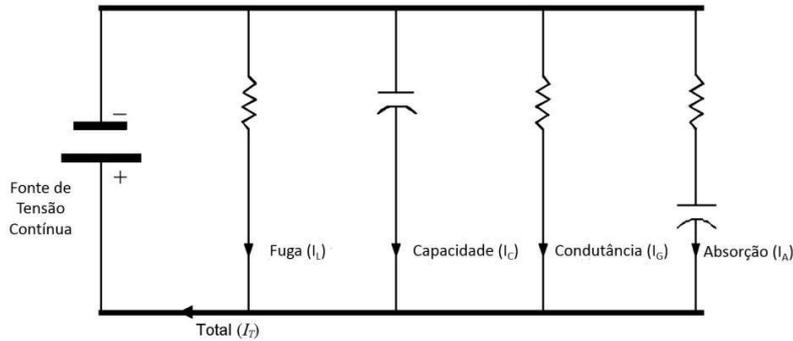


Figura 1 - Circuito equivalente que mostra as quatro correntes monitoradas durante uma Prova de Resistência de Isolamento

Corrente de absorção ( $I_A$ ) tem dois componentes. O primeiro componente é devido à polarização do material de impregnação devido as moléculas orgânicas, tais como epoxi, poliéster e asfalto que tendem a alterar de orientação na presença de um campo elétrico direto.

Uma vez que estas moléculas têm para lutar contra as forças atrativas de outras moléculas, normalmente leva vários minutos após a aplicação do campo elétrico para que as moléculas voltem a se orientar e, portanto, que a energia polarizadora fornecida pela corrente se reduza a quase zero.

O segundo componente da corrente de absorção é devido ao fluxo gradual de elétrons e íons através da maioria dos materiais orgânicos. Estes elétrons e íons derivam até serem capturados nas superfícies mica que comumente são encontrados em sistemas de isolamento de máquina rotativa. Em geral, para o isolamento de uma máquina rotativa limpa e seca, esta corrente de absorção cai a zero em cerca de 30s e alguns minutos.

Uma vez que a corrente de absorção é uma propriedade do material isolante e da temperatura de enrolamento, uma corrente de absorção específica não é nem boa ou nem má.

Nos sistemas de isolação fabricados a partir de 1970 (usualmente poliéster termo endurecidos ou resina epoxi), o valor do expoente  $n$  da corrente de absorção,  $I_A = Kt^n$ , é diferente dos materiais termoplásticos antigos (asfalto ou goma laca).

Isto não implica que os mais modernos materiais de isolamento são melhor porque a corrente de absorção é menor e a resistência de isolamento resultante é maior. Por exemplo, o polietileno tem essencialmente nenhuma corrente de absorção, mas devido às suas limitações térmicas seria completamente inadequado para utilização na maioria das máquinas rotativas.

A corrente de condução ( $I_G$ ) em sistemas de isolamento bem ligado de poliéster e epoxi-mica é essencialmente zero, a menos que o isolamento esteja saturado com umidade. Os sistemas mais antigos de isolamento, tais como de mica asfáltica ou de mica-fólio de verniz podem ter uma corrente de condução natural e maior devido à condutividade das fitas que sustentam a mica.

A corrente de fuga superficial ( $I_L$ ) é constante no tempo. Uma corrente de fuga superficial elevada, ou seja, baixa resistência de isolamento, é geralmente causada pela umidade ou por um outro tipo de contaminação parcialmente condutora presente na máquina.

Registre a temperatura ambiente, umidade relativa, a temperatura do enrolamento, a tensão de teste e o arranjo de ligação no momento em que o ensaio é realizado. É também importante para converter a medida para uma temperatura de 40°C para futuras comparações.

A tensão de teste recomendada deve ser aplicada o mais rapidamente possível e manter-se constante durante todo o teste. Se possível, a tensão deverá ser estabilizada.

## 9. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

Se pode utilizar as medições de resistência de isolamento, índice de absorção e polarização para dois propósitos:

- a) Como a história do isolamento da máquina e sua tendência.
- b) Ou para avaliar as condições atuais de uma máquina que não tem um histórico de medidas

### 9.1 Controle do estado de isolamento

Se a máquina possui um histórico de Resistência de Isolamento, a comparação dos resultados dos testes atuais com os testes anteriores é extremamente importante, apoiando na análise sobre a condição de isolamento.

No entanto é importante comparar os testes sob as mesmas condições, isto é, temperatura de enrolamento, a magnitude da tensão, tempo de aplicação de tensão e umidade relativa. Para a comparação dos ensaios, os valores têm que ser corrigidos para a mesma temperatura, utilizando as condições descritas no capítulo 8.3.

Uma forte queda na RI ou nos índices  $I_P$  ou  $I_A$  desde a última leitura, pode indicar que há contaminação na superfície, umidade, ou severa deterioração na isolação, tal como fissuras. Quando o baixo  $I_P$  se produz em uma temperatura elevada (acima de 60°C), se recomenda fazer uma segunda leitura para comprovar a medida; a medição deverá ser feita numa temperatura abaixo de 40°C, porém acima do ponto de condensação.

Para testes sob condições semelhantes, um aumento constante na RI, ou seja, uma diminuição na corrente de absorção com a idade, pode indicar a decomposição dos materiais de utilizados na impregnação, especialmente quando os materiais isolantes são do tipo termoplástico.

### 9.2 Garantia para a operação segura do motor ou a continuação das provas

Quando o histórico da resistência de isolamento não está disponível, os valores mínimos recomendados para avaliar a situação do bobinado estão indicados no capítulo seguinte.

É possível operar as máquinas com  $RI$ ,  $I_A$  e  $I_P$  inferiores aos valores mínimos recomendados, entretanto, a norma IEEE 43-2013 não aconselha. Em todos os casos em que os valores de teste estão abaixo dos valores mínimos recomendados, devem ser realizadas investigações para determinar a causa de tais leituras baixas. A história da máquina, as inspeções visuais e outros resultados do teste devem ser utilizados para determinar a conveniência de se devolver a unidade ao serviço.

### 9.3 Limitações do teste de resistência de isolamento

Os valores do teste de resistência de isolamento são úteis para avaliar a presença de alguns problemas de isolação, tais como a contaminação, a absorção de umidade, trincas, envelhecimento dos materiais, no entanto, devem ser observadas certas restrições:

- a) A resistência do isolamento de um enrolamento não está diretamente relacionada com a sua rigidez dielétrica. A menos que o defeito esteja concentrado, é impossível especificar o valor da resistência de isolamento que o sistema de isolação de um enrolamento falhará.
- b) As máquinas grandes ou de baixa velocidade ou máquinas com comutadores podem ter valores de resistência de isolamento menores que o valor mínimo recomendado. Nestes casos, as tendências históricas da resistência de isolamento são essenciais para avaliar a condição de isolamento.
- c) Uma única medida da resistência de isolamento a uma tensão particular não indica se os materiais estranhos são concentrados ou distribuídos ao longo do enrolamento.

- d) Medições com tensão contínua, tais como Resistência de Isolamento, Índice de Absorção e Índice de Polarização, não podem detectar vazios internos na isolação provocados por impregnação inadequada ou deterioração térmica nas bobinas do estator.
- e) Como os testes de resistência de isolamento são realizadas enquanto a máquina está parada, estes testes não detectam problemas devido à rotação, tais como bobinas soltas ou vibração de condutores nas extremidades das bobinas.
- f)

**10. VALORES MÍNIMOS DE RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO, ÍNDICE DE ABSORÇÃO E ÍNDICE DE POLARIZAÇÃO**  
**10.1 Índice de Absorção**

<b>ÍNDICE DE ABSORÇÃO</b>			
Entre	0	1	Perigoso
Entre	1	1,1	Pobre
Entre	1,1	1,25	Questionável
Entre	1,25	1,4	Confiável
Entre	1,4	1,6	Bom
Maior que	1,6		Excelente ( * )

**Tabela 3 – Valores de Índice de Absorção**

**10.2 Índice de Polarização**

<b>ÍNDICE DE POLARIZAÇÃO</b>			
Entre	0	1	Perigoso
Entre	1	1,5	Pobre
Entre	1,5	2	Questionável
Entre	2	3	Confiável
Entre	3	4	Bom
Maior que	4		Excelente ( * )

**Tabela 4 – Valores de Índice de Polarização**

**⚠ (\*) PRECAUÇÃO: Em alguns casos, valores aproximadamente uns 20% superiores aos indicados de  $I_A$  e  $I_P$  indicam isolamento seco e quebradiço, que podem falhar baixo condições de vibração ou no arranque da máquina.**

### 10.2.1 Aplicabilidade dos ensaios de isolamento nos enrolamentos de campo

O objetivo de testar a resistência de isolamento, índice de absorção e índice de polarização é para determinar se um sistema de isolamento está adequado para operar ou para que seja submetido a ensaios de sobre tensão.

Os enrolamentos dos rotores de alguns motores de indução frequentemente não são isolados com relação ao corpo do rotor. Portanto, nessa situação, não é possível testar o isolamento.

No entanto, se os enrolamentos do rotor são isolados da estrutura do rotor, como nos rotores bobinados e máquinas de indução com polos salientes, os testes de isolamento poderão ser aplicados.

### 10.2.2 Aplicabilidade do $I_A$ e $I_P$ quando a Resistência de Isolamento for superior 5000 M $\Omega$

Quando a leitura de Resistência de Isolamento, obtida depois da aplicação da tensão durante 1 min, for superior a 5000 M $\Omega$ , a corrente total medida ( $I_T$ ) pode estar na faixa dos submicroamperes (veja a figura 1).

Neste nível de corrente tão baixo, a sensibilidade do megohmmetro pode não ser confiável, então pequenas variações na tensão de alimentação, umidade do ambiente, condições do ensaio e outros fatores podem afetar a corrente total medida a 1 minuto e a 10 minutos, intervalos utilizados para os ensaios de Índice de Absorção e Polarização. Devido a estes fenômenos, quando a RI for maior que 5000 M $\Omega$ ,  $I_A$  e  $I_P$  não servem como referência para avaliar as condições da isolação.

### 9.3 Resistência de Isolamento a 1 minuto O teste de resistência de isolamento 1 minuto é o teste mais comum.

Este teste é muito importante quando existem registros anteriores, de modo que os valores possam ser comparados. Valores decrescentes devem ser investigados e a máquina deve ser submetida a manutenção para que os valores de isolamento sejam restaurados.

A resistência mínima de isolamento depois de 1min,  $RI_{1min}$ , pode ser determinada a partir da Tabela 5.

A resistência de isolamento do enrolamento, obtida aplicando uma tensão constante durante 1 minuto, deve ser corrigida para 40°C.

A resistência mínima de isolamento de uma fase de teste de um enrolamento trifásico com as outras duas fases ligados à terra devem ser aproximadamente o dobro da totalidade do enrolamento.

Se cada fase for testada separadamente e se utilizar o circuito de proteção (guard) do megohmmetro nas outras duas fases não submetidas ao ensaio, a Resistência de Isolamento mínima observada deverá ser três vezes a do bobinado inteiro.

Resistência Isolamento mínima (M $\Omega$ )	Detalles
$RI_{1min} = kV + 1$	Para as máquinas fabricadas antes de 1970
$RI_{1min} = 100 M\Omega$	Para as máquinas fabricadas depois de 1970

**Tabela 5 - Valores mínimos de resistência de isolamento recomendados a 40°C (todos os valores em MΩ)**



- 1 -  $R_{I\ min}$  é a resistência mínima de isolamento recomendada, em **MΩ**, a 40°C de todas as bobinas da máquina.
- 2 - **kV** é a tensão nominal da máquina, em kV RMS. Assim, por exemplo, uma máquina com tensão nominal de 440V, sua resistência de isolamento mínima a 40°C é de 1,44 MΩ.

## 11. PREPARANDO O MEGOHMMETRO PARA AS PROVAS

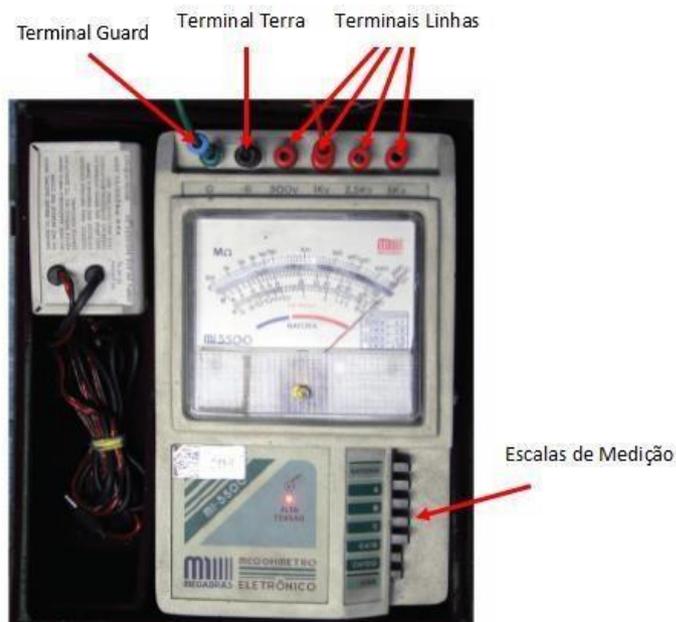


Figura 2 – Megohmetro tipo MI-5500 – Megabrás

### 11.1 Calibração

O instrumento deve ser calibrado antes de testar para garantir a precisão dos valores medidos.

#### 11.1.1 Indicação de zero

O eletricista deve testar o ZERO do instrumento, curto-circuitando os terminais de linha e terra, energizando o instrumento através das escalas da leitura e tensão mais baixas. O instrumento deve indicar leitura zero. Testar para todos os outros valores de tensão.

#### 11.1.2 Indicação em final de escala

Escolha o menor tensão de teste. Mantenha os terminais de linha e terra abertos e as pontas de prova conectadas. Conecte o instrumento na menor escala de leitura e mude até a última progressivamente. A leitura obtida na escala mais alta deverá corresponder ao final de escala do instrumento.

### 11.2 Terminais do instrumento

Um bom megohmetro tem três terminais:

"L" - Terminal de linha, normalmente com potencial (-), deve conectar-se ao terminal do isolamento que está sendo testado.

"R" ou "E" - Terminal de terra, habitualmente com potencial (+) deve ser ligado ao potencial de terra ou a um terminal de referência de prova.

"G" - O terminal "guard" deve ser ligado aos terminais cuja isolamentos não deve interferir com a medição.

### 11.3 Pontas de prova

As pontas de prova devem ser apropriadas e originais do fabricante do instrumento. A ponta de prova que será ligada ao terminal de terra (R) é normalmente blindada e a blindagem deve ser ligada ao terminal de "guard" (G).

## 12. CONEXÕES DOS BOBINADOS PARA ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

### 12.1 Geral

Recomenda-se que, sempre que possível, cada fase seja isolada e testada separadamente. Testes separados permitir comparações entre as fases.

Quando se testa uma fase, as outras duas fases tem que ser ligadas à terra na mesma massa que a carcaça do motor.

Quando se testam todas as fases simultaneamente, só se testa o isolamento a massa e não se realiza nenhuma prova de isolamento fase a fase. O isolamento de fase a fase se testa somente quando uma fase está energizada e as outras fases estão conectadas a terra.

Os cabos de ligação, as cordalhas das escovas, os interruptores, os condensadores, os para-raios, os transformadores de tensão e outros componentes externos podem influir na leitura da resistência de isolamento. Assim se recomenda realizar as medições com todos componentes externos desconectados e se possível conectados à terra.

Se deve utilizar um terra comum para evitar efeitos indesejáveis sobre os resultados dos testes devido a perdas adicionais no circuito de terra.

As provas, preferencialmente, devem ser realizadas com a máquina desconectada dos cabos de alimentação. Nestas condições é possível fazer uma melhor avaliação do estados das isolações.

Para reduzir o tempo empregado nos testes e o trabalho de desconexão e conexão, muitos mantenedores tem como padrão efetuar as provas do motor no cabo (desconectado) na saída do Painel Elétrico.

Com este procedimento só é possível avaliar o isolamento para a terra, perdendo-se a oportunidade de avaliar o isolamento entre fases do motor de seis ou mais pontas.

### 12.2 Ligações para as provas

#### 12.2.1 Motor de Corrente Alternada com três cabos de saída

Neste caso, o teste só pode ser executado entre bobina e a massa. Não serão detectados possíveis problemas no isolamento entre as fases.

Nesta posição se está medindo as resistências de isolamento entre as fases R e a massa, S e a massa e T e a massa, todas em paralelo.

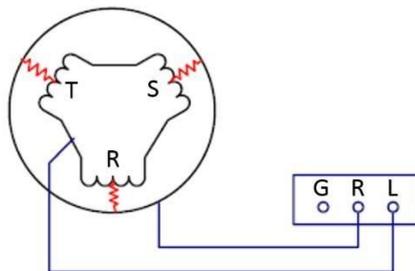


Figura 3 – Resistência de Isolamento entre fases e massa

#### 12.2.2 Motor Corrente Alternada com seis ou mais terminais

Neste caso é possível medir as resistências de isolamento entre bobinas e entre bobinas e massa.

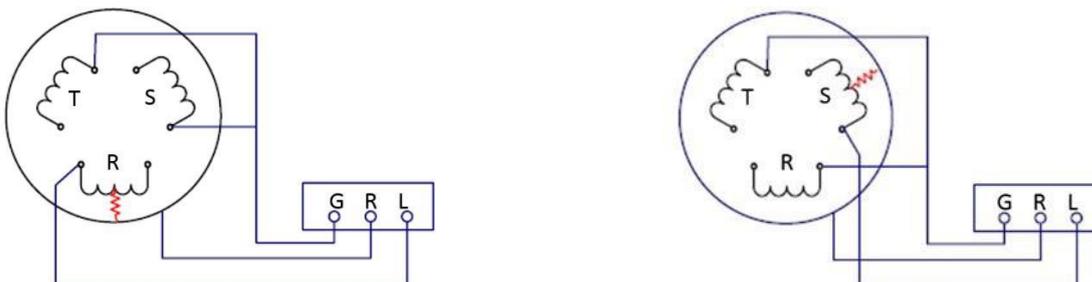


Figura 4 – Resistência de Isolamento fase "S" para massa

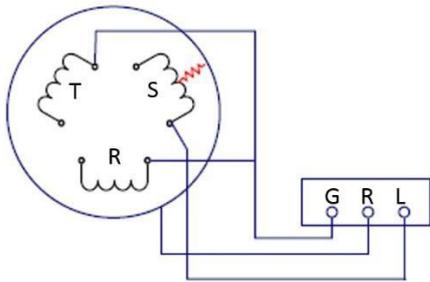


Figura 5 – Resistência de Isolamento fase "R" para massa

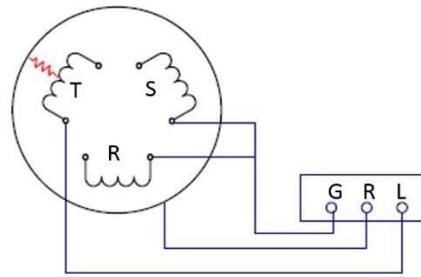


Figura 6 – Resistência de Isolamento massa entre fases "R" e "S"

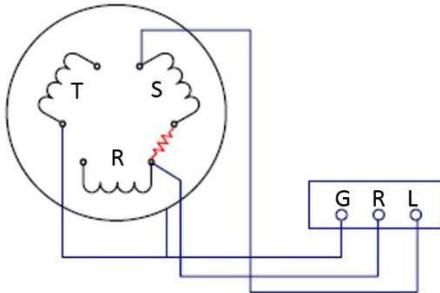


Figura 7 – Resistência de Isolamento fase "T" para massa

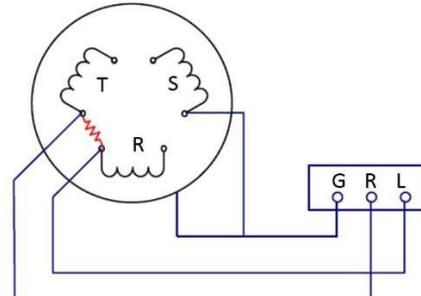


Figura 8 – Resistência de Isolamento entre fases "R" e "T"

Figura 7 – Resistência de Isolamento entre fases "R" e "S"

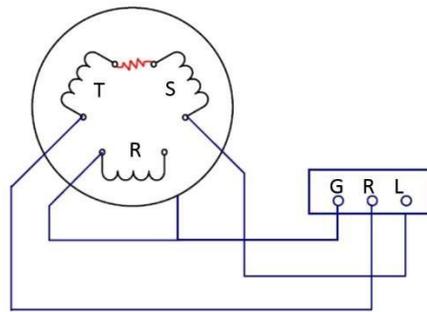


Figura 9 – Resistência de Isolamento entre fases "S" e "T"

### 13.2.3 Máquina de corrente contínua Armadura x massa

□

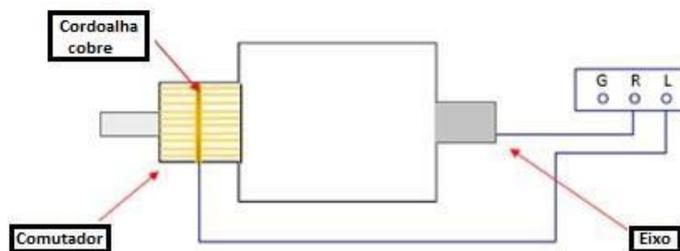


Figura 10 – Resistência de Isolamento entre armadura e massa

Levantar as escovas de carvão deixando a armadura isolada, se enlaça o comutador com uma cordoalha flexível de cobre nu ou uma fita de cobre nu e se aplica a tensão de teste entre o comutador e o eixo. Assim se mede a Resistência de Isolamento da armadura contra a massa. □

### Bobinados de comutação (Interpolos + compensação) x massa

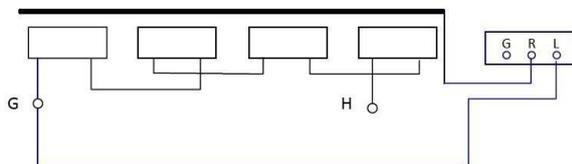


Figura 11 – Resistência de Isolamento entre bobinas de comutação e massa

Levantar as escovas e se mede a Resistência de Isolamento dos bobinados de comutação (compensação e interpolos) a massa.

O terminal de terra (R) do megohmetro deve conectar-se na carcaça do estator da máquina.

Nesta prova estamos medindo a Resistência de Isolamento de todas as bobinas de comutação para a massa, em paralelo.

#### □ Bobinados de campo principais x massa

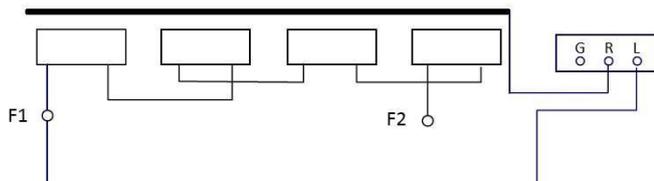


Figura 12 – Resistência de Isolamento entre campos principais e massa

Nesta prova estamos medindo a Resistência de Isolamento de todas as bobinas dos campos principais para a massa, em paralelo.

#### □ Bobinados de campo principais x bobinados de comutação

Nas máquinas que tem os bobinados de compensação montados nas mesma sapata polar da bobina de campo principal, é recomendável controlar o valor da Resistência de Isolamento entre eles.

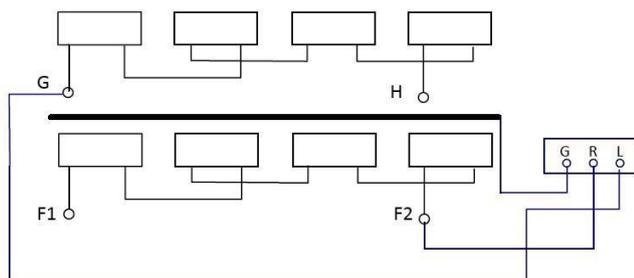


Figura 13 – Resistência de Isolamento entre campos principais e comutação

**14. CONHECENDO A PLANILHA “RA Motores CA Rotor em curto circuito.xlsx”** A planilha permite manter um histórico do estado do isolamento da máquina.

Na parte superior estão as informações sobre a máquina, como modelo, aplicação, tensão de trabalho, potência, etc.

Registro Resistencia Aislamiento Máquina Corriente Alterna			
Fabricacion: WEG	Instalacion: Ventilador Tiragem Chimenea - Planta de Humos		
Modelo: MGW 500C	Nº Serie: 1025723101 11 14	Clase Isolacion: F	
Tension [Volts]: 4200	Carcasa: 500	Grau Proteccion:	
Corriente [Amperes] 263,3	Ip/In		
Potencia [kW] 1600	Rotacion [RPM]: 991		

Figura 14 – Dados da máquina

A seguir, no corpo da planilha, nos campos em branco, se anotarà a data de realização da prova, o ponto medido, a tensão aplicada, o valor da resistência de Isolamento a 30 segundos, 60 segundos, 10 minutos e a temperatura da máquina. Se possível esta temperatura esta temperatura deverá ser a da bobina em prova.

Data:	26/04/17	Tension Teste	RA 30 s	RA 60 s	RA 10 minutos	IA	IP	Temp Maq
R - Masa		1000	300 MΩ	400 MΩ	600 MΩ	1,3	1,5	25
Data:		Tension Teste	RA 30 s	RA 60 s	RA 10 minutos	IA	IP	Temp Maq
S - Masa			MΩ	MΩ	MΩ			
Data:		Tension Teste	RA 30 s	RA 60 s	RA 10 minutos	IA	IP	Temp Maq
T - Masa			MΩ	MΩ	MΩ			
Data:		Tension Teste	RA 30 s	RA 60 s	RA 10 minutos	IA	IP	Temp Maq
R - S			MΩ	MΩ	MΩ			
Data:		Tension Teste	RA 30 s	RA 60 s	RA 10 minutos	IA	IP	Temp Maq
R - T			MΩ	MΩ	MΩ			
Data:		Tension Teste	RA 30 s	RA 60 s	RA 10 minutos	IA	IP	Temp Maq
S - T			MΩ	MΩ	MΩ			

Figura 15 – Dados de leitura de Isolamento

A planilha calcula automaticamente o Índice de Absorção e Índice de Polarização. Se o **IA** for menor que **1,25** ou **IP** menor que **2**, a célula mudará para **vermelho**.

Valores corrigidos para 40°C							
Data:	26/04/17	RA 30 s	RA 60 s	RA 10 minutos	IA	IP	
R - Masa		106,1 MΩ	141,4 MΩ	212,1 MΩ	1,3	1,5	
Data:		RA 30 s	RA 60 s	RA 10 minutos	IA	IP	
S - Masa		#N/D MΩ	#N/D MΩ	#N/D MΩ	#N/D	#N/D	
Data:		RA 30 s	RA 60 s	RA 10 minutos	IA	IP	
T - Masa		#N/D MΩ	#N/D MΩ	#N/D MΩ	#N/D	#N/D	
Data:		RA 30 s	RA 60 s	RA 10 minutos	IA	IP	
R - S		#N/D MΩ	#N/D MΩ	#N/D MΩ	#N/D	#N/D	

Figura 16 – Dados de leitura de Isolamento corrigidos para 40°C

Na parte direita da planilha teremos os valores automaticamente corrigidos para 40°C.



Esta mesma planilha se utilizará para registrar dados de motores de corrente contínua, simplesmente mudando o título e os pontos a serem medidos.