



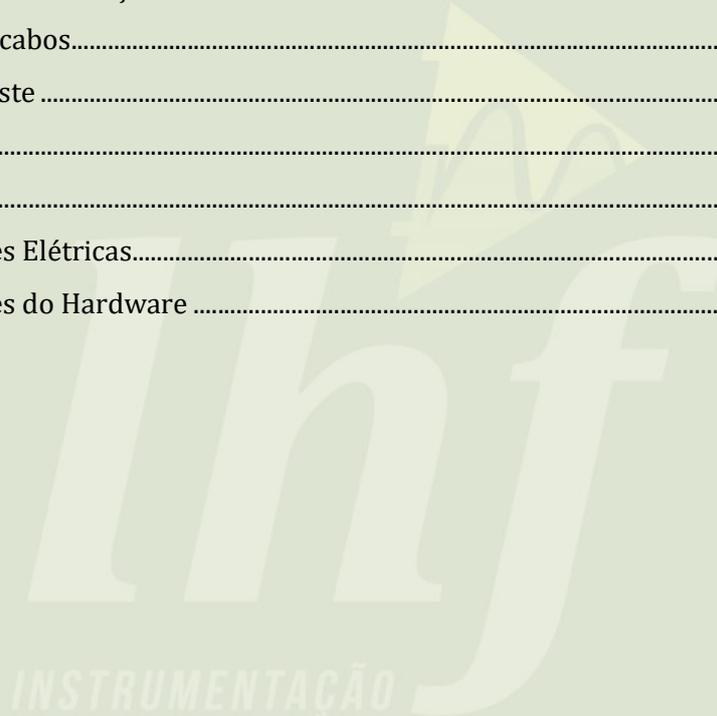
Megôhmetro 5kV LHF

Manual do usuário

*LHF INSTRUMENTAÇÃO LTDA.
Versão 1.4*

Sumário

Avisos de segurança.....	3
Introdução Geral	4
Descrição Mecânica.....	4
Teste de Resistência de Isolação	5
Conceito teórico.....	5
Conexões básicas.....	6
Máquinas elétricas.....	6
Cabos.....	7
Procedimento de Realização do Teste	8
Conexão dos cabos.....	8
Executar o teste	8
Baterias	16
Especificações	17
Especificações Elétricas.....	17
Especificações do Hardware	17



Avisos de segurança

- Equipamento elétrico de Alta Tensão!
- Deve ser utilizado por pessoal treinado e capacitado;
- Utilizar sempre os EPI's necessários para essa atividade, sapato de segurança com solado de borracha OBRIGATÓRIO;
- Cuidado no manuseio, suscetível a choques elétricos;
- Os testes devem ser executados com o equipamento desconectado da rede elétrica;
- Os testes devem ser executados com a USB desconectada;
- Durante os testes mantenha-se afastado do objeto em teste;
- Não entre em contato com o objeto testado até o mesmo ser descarregado;



Introdução Geral

O Megôhmetro 5kV LHF é um instrumento portátil à bateria para medição de resistência de isolamento de até 5T Ω . O instrumento possui as seguintes características.

- Medição de resistência de isolamento de até 5T Ω ;
- Teste em tensão constante;
 - Tensão de teste programável de 250V a 5kV em intervalos de 50V;
 - Temporizador de teste programável de 1:00 a 30:00 min em intervalos de 1:00 min;
- Interrupção do teste caso corrente de fuga exceda a corrente de curto do equipamento;
- Descarga automática do objeto após conclusão do teste;
- Tela de resultados após conclusão do teste;
 - Índice de Absorção Dielétrica (DAR) resultado da razão de R(60s) por R(30s);
 - Índice de Polarização (PI) resultado da razão de R(600s) por R(60s);
 - Resistência de isolamento obtida em 15s, 30s, 60s, 600s e final;
 - Gráfico de tensão aplicada e resistência medida por tempo de teste;
- Correção do valor de resistência medida para 40°C (Para isolamento do tipo Termofixo).
- Memória para armazenamento de até 100 testes.

Descrição Mecânica

O equipamento é instalado em uma maleta portátil (IP54) que permite fácil mobilidade para sua atuação em campo. A Fig. 1 apresenta as funcionalidades do painel frontal.

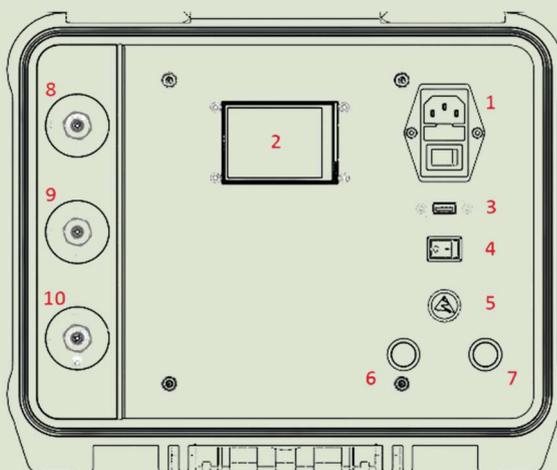


Figura 1 – Funcionalidades do painel frontal.

1. Conector para recarga das baterias;
2. Display touch 2,8”;
3. Porta USB para exportação de dados salvos na memória;
4. Chave para ligar/desligar o equipamento;
5. Knob para ajuste numérico dos parâmetros de teste;
6. Botão para iniciar teste;
7. Botão para encerrar teste;
8. Terminal Guard;
9. Terminal de retorno da medição de isolamento;
10. Terminal de alta tensão.

Teste de Resistência de Isolação

Esta seção dedica-se a explicar ao usuário o princípio físico que ocorre durante o teste de resistência de isolamento.

Conceito teórico

A resistência de isolamento de um enrolamento de uma máquina elétrica é uma função do tipo e condição dos materiais isolantes utilizados, umidade, temperatura, cargas residuais no material, duração do teste, magnitude de tensão aplicada, bem como das técnicas utilizadas para aplicá-los. Em geral, a resistência de isolamento varia proporcionalmente com a espessura do isolamento e inversamente proporcional a área da superfície do condutor.

A corrente resultante da tensão contínua aplicada no material é composta pela corrente que flui pela superfície do material mais a corrente que flui pelo volume interno do isolamento. A corrente proveniente do volume do material pode ser subdividida em três componentes: capacitiva (I_C), de absorção (I_A) e de Condução (I_G).

Corrente Capacitiva (I_C): Possui uma magnitude alta e de rápida duração. Seu valor decai exponencialmente em função da capacitância geométrica entre os pontos de medição do material e da resistência interna do equipamento que está realizando o teste. Por sua rápida duração, esta corrente não possui influência no resultado de resistência do material para testes de duração igual ou superior a um minuto.

Corrente de Absorção (I_A): Também chamada de corrente de absorção de polarização, possui um decaimento mais lento quando comparado a corrente capacitiva. Conforme a polarização do material aumenta, esta diminui. É resultante da polarização de moléculas e deriva de elétrons. O tempo de dispersão da corrente de absorção está diretamente relacionado com a umidade e contaminantes presentes na isolamento. Geralmente a

resistência medida nos primeiros minutos de teste possui grande influência da corrente de absorção.

Corrente de Condução (I_G): É uma componente constante que expressa a real resistência de isolamento do material após as correntes capacitivas e de absorção serem insignificantes. A corrente de condução é resultante da soma da corrente que flui pelo volume do isolante e da corrente que percorre a superfície do material.

A corrente medida pelo equipamento é denominada **Corrente Total (I_T)**, resultante da soma de todas as correntes anteriormente descritas. Na Fig. 2 é apresentado o comportamento teórico de cada corrente mencionada.

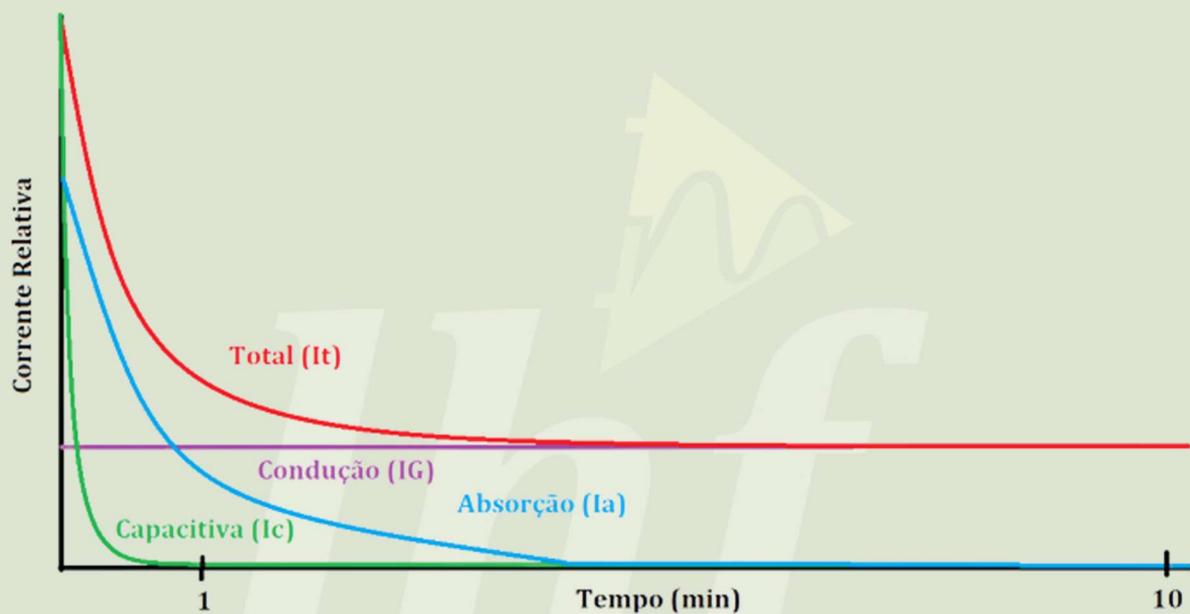


Figura 2 - Circuito de surto simplificado

Conexões básicas

Para a adequada segurança e realização do teste de isolamento é necessário que o **equipamento não esteja conectado na rede elétrica** e que o objeto a ser testado se encontre **totalmente desenergizado e desconectado da rede elétrica**.

Máquinas elétricas

O teste indicado para máquinas elétricas envolve a medição de isolamento de todas as fases contra a carcaça. A Fig. 3 demonstra este exemplo de aplicação em um motor elétrico trifásico. Neste teste todas as fases são desconectadas da rede elétrica e são curto-circuitadas. A garra **+HV** é então conectada nas fases. A garra **-HV** é conectada na carcaça do motor.

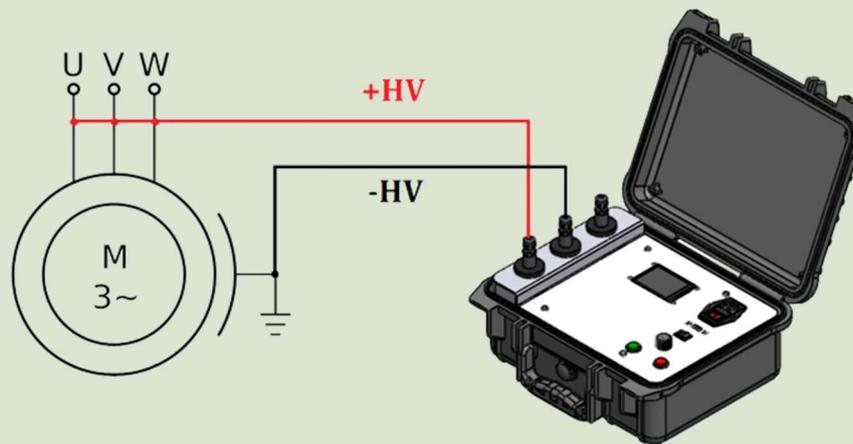


Figura 3 – Ligação para medição de máquinas elétricas.

Cabos

Para a medição de isolamento de cabos a Fig. 4 demonstra um exemplo de aplicação para cabos blindados. Com as duas pontas do cabo decapadas da forma como é demonstrada abaixo, a garra **+HV** deve ser conectada na malha de blindagem. A garra **-HV** deve ser conectada no condutor central do cabo. Por fim, a garra **G** deve ser conectada na superfície do isolante entre a blindagem e o condutor central. O propósito da utilização do Guard é impedir que correntes que fluam pela superfície do isolante interno retornem por **-HV**. Estas correntes de superfície geram um desvio do valor de resistência real do volume interno do isolante.

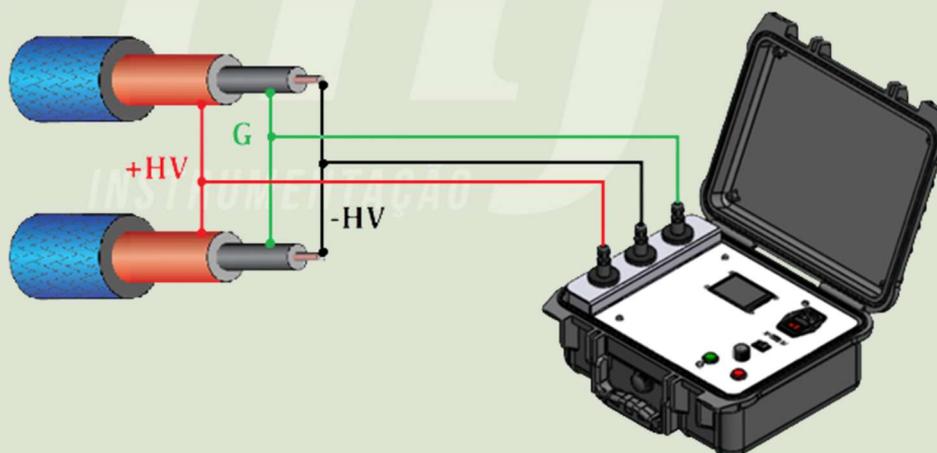


Figura 4 – Ligação para medição de cabos blindados.

Procedimento de Realização do Teste

Para a adequada segurança e realização do teste de isolamento é necessário que o **equipamento não esteja conectado na rede elétrica** e que o objeto a ser testado se encontre **totalmente desenergizado**.

Conexão dos cabos

Para este exemplo de aplicação o teste será realizado em um motor elétrico trifásico. A Fig. 3 demonstra um exemplo de ligação para a medição de resistência de isolamento entre todas as fases contra a carcaça da máquina elétrica. Neste teste todas as fases são desconectadas da rede elétrica e são curto-circuitadas. A garra **+HV** é então conectada nas três fases. A garra **-HV** é conectada na carcaça do motor.

Executar o teste

Passo 1: Ligue o equipamento através da chave “Habilita” localizada na posição “4” da Fig. 1. Após ligar o equipamento o display deverá apresentar a seguinte tela.



Figura 5 – Tela Inicial.

A partir desta tela é possível seguir para o menu de teste e o menu de configurações. O menu de configurações é responsável pelo procedimento de calibração do equipamento. Para a realização do teste selecione o botão “Teste”.

Passo 2: Após selecionar o botão de “Teste” a seguinte tela presente na Fig. 6 será apresentada. Para o ensaio em **tensão constante** é necessário determinar dois parâmetros: A tensão aplicada, definida no campo “Tensão Final”, e a duração do teste, definida em “Tempo de Teste”.



Figura 6 – Tela de configuração do teste em tensão constante.

Passo 3: Os campos disponíveis para edição estão destacados na cor **amarela**. Uma vez que selecionado o campo ele deverá mudar sua cor para **verde**, habilitando seu modo de edição. A mudança no valor é feita através do knob presente no painel frontal do equipamento, identificado como “5” na Fig. 1. Para confirmar a edição ou selecionar outro campo é necessário selecionar novamente o mesmo campo, desativando seu modo de edição, alterando sua cor para o **amarelo**. O exemplo abaixo demonstra a edição campo do valor de tensão final de 250V (valor padrão) para 1000V (valor desejado).



Tabela 1: Tensão recomendada para teste de acordo com IEEE Std 43-2013

Tensão nominal do enrolamento* [V]	Tensão aplicada [V]
<1000	500
1000-2500	500-1000
2501-5000	1000-2500
5001-12000	2500-5000
>12000	5000-10000
*Tensão nominal de linha máquinas trifásicas, tensão nominal de fase em máquinas monofásicas e tensão nominal de máquinas CC ou enrolamentos de campo.	

O botão “Limpa” na parte inferior esquerda da tela reseta as edições realizadas para os valores padrão, caso necessário. Aperte o botão “Prox.” para dar continuidade.

Passo 4: Nesta tela são apresentados os resultados extras disponíveis. DAR e PI podem ser calculados para o teste constante. Estes índices são calculados de acordo com as equações descritas abaixo.

$$DAR = \frac{R(60s)}{R(30s)} \quad (1)$$

$$PI = \frac{R(600s)}{R(60s)} \quad (2)$$



Figura 7 – Tela de resultados extras.

Para obter o resultado de interesse basta marcar o *checkbox* ao lado do índice. Caso seja selecionado PI, é necessário que o tempo de teste seja de no mínimo 10 min.

O botão “Limpa” desabilita os resultados selecionados, caso necessário. Ao apertar o botão “Iniciar” ou o botão verde no painel frontal identificado como “6” na Fig. 1 a medição de resistência de isolamento será iniciada.

Atenção! Após este passo a tensão previamente selecionada será habilitada no terminal de saída do equipamento e o objeto testado será energizado.



Passo 5: Nesta etapa é realizada a medição de isolamento do objeto testado. É possível encerrar o teste através do botão “Parar” ou no botão vermelho do painel frontal identificado como “7” na Fig. 1.

Acompanhando a Fig. 8, a tensão aplicada e corrente de fuga medidas são apresentadas à direita do valor de resistência de isolamento. O progresso do teste pode ser acompanhado através do temporizador abaixo do valor de resistência. Na parte inferior da tela é apresentada uma barra de escala logarítmica referente a resistência medida. O status do progresso da medição pode ser acompanhado na parte superior ao lado esquerdo do indicador de bateria.

A primeira etapa do teste consiste em minimizar os erros de medição através da compensação de *offsets* no circuito interno do equipamento. Este procedimento é identificado pela mensagem “Status: Compensando Offset”, seguida da etapa de seleção da escala utilizada para a medição, identificada pela mensagem “Status: Selecionando escala”. Logo após é iniciada a medição de isolamento identificada pela mensagem “Status: Realizando medição de isolamento” presente na Fig. 8.

A mensagem “Resistência máxima excedida” indica que a corrente de fuga medida é inferior ao limite mínimo de leitura de corrente do equipamento (1 nA).



Figura 8 – Tela de medição.

Além do acionamento do botão “Parar” existem mais duas condições em que o teste é interrompido. São estas:

1. Quando for identificada uma tensão residual superior a 20V no objeto a ser testado antes da medição;
2. Quando a corrente de curto-circuito do equipamento é excedida durante o teste.

Após a finalização ou interrupção do teste é ativado o sistema de descarga das capacitâncias do objeto. A tensão de descarga é demonstrada no campo de tensão aplicada. É possível prosseguir apenas após esta tensão possuir um valor inferior a 20V.

Passo 6: Após a conclusão da descarga é apresentada a tela presente na Fig. 9. Os dados demonstrados são referentes aos últimos valores de tensão e corrente medidos, resistência calculada e tempo total do teste. Na parte inferior a mensagem identifica o motivo da finalização do teste. Aperte “Prox.” para prosseguir.



Figura 9 – Tela pós-teste.

Passo 7: Nesta tela são apresentados os resultados completos da medição. A tela pode ser observada na Fig. 10.



Figura 10 – Tela de resultados.

Na parte superior estão os últimos valores de tensão, corrente e resistência registrados junto do tempo total do teste. Abaixo estão os valores de resistência obtidos em 15s, 30s, 60s, 600s e Final. O botão “Calc.” localizado na região central a direita realiza o cálculo de correção de temperatura (40°C) dos valores de resistência abaixo. A temperatura do objeto deve ser ajustada no campo em amarelo. Seu método de ajuste é o mesmo do passo 3. As equações utilizadas para esta correção são demonstradas a seguir, retiradas da norma IEEE Std 43-2013.

$$R_c = \begin{cases} R_T \cdot e^{-4230 \cdot \left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{313} \right)}, & 40^\circ\text{C} < T \leq 85^\circ\text{C} \\ R_T \cdot e^{-1245 \cdot \left(\frac{1}{T+273} - \frac{1}{313} \right)}, & 10^\circ \leq T \leq 40^\circ\text{C} \end{cases} \quad (3)$$

Onde R_c é a resistência corrigida para 40°C, R_T é a resistência medida e T é a temperatura do isolante durante o teste.

Para executar um novo teste basta pressionar a seta no canto superior esquerdo para retornar a tela inicial. Para visualizar o gráfico de resistência medida e tensão aplicada versus tempo ou salvar o teste na memória basta selecionar o botão “Gráfico” presente na parte central da tela e prosseguir para o passo 8.

Passo 8 (Opcional): Nesta tela é apresentado o gráfico de resistência medida (curva amarela) e tensão aplicada (curva azul) versus tempo de teste.

O eixo vertical esquerdo representa a magnitude de resistência em uma escala logarítmica de 1 MΩ à 1 TΩ. O eixo vertical direito apresenta a variação da tensão aplicada durante o teste em escala linear. O tempo é apresentado no eixo horizontal em escala linear. A Fig. 8 apresenta um exemplo de uma medição realizada.



Figura 11 - Gráfico do resultado.

Para retornar para a tela anterior pressione o botão “Voltar”. Para executar um novo teste basta pressionar a seta no canto superior esquerdo para retornar a tela inicial. Para salvar os dados do teste aperte em “Salvar”.

Passo 9 (Opcional): Após teclar em “Salvar” a seguinte tela será apresentada.

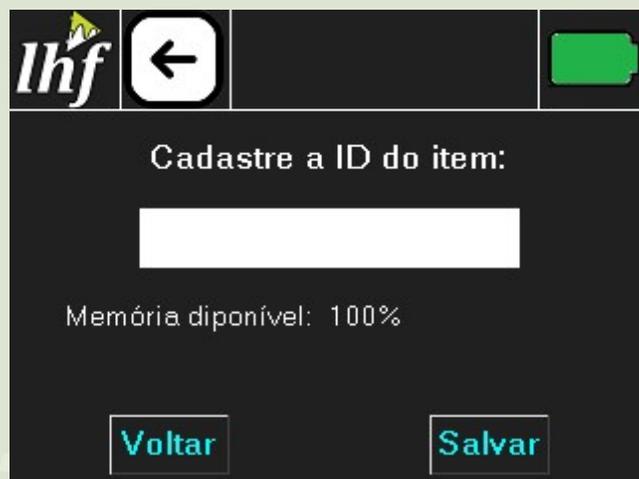


Figura 12 – Salvar dados.

Nesta etapa é necessário criar um código de até 9 dígitos para identificação do teste. Este código é denominado “ID”. A ID do teste serve como cabeçalho para sua identificação. Cada ID é única na memória do equipamento, não sendo possível salvar dois testes com a mesma. Com a ID preenchida basta apertar em “Salvar” para gravar os resultados na memória.

Caso a ID preenchida já exista na memória o seguinte aviso será apresentado. Caso o botão “Sim” seja pressionado, o teste já existente na memória com esta ID será sobrescrito pelo atual.



Figura 13 – ID existente.

Caso não haja espaço na memória a seguinte mensagem será apresentada.

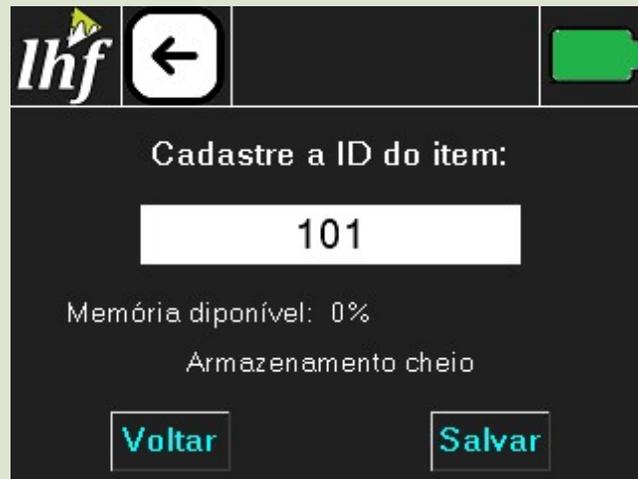


Figura 14 – Memória cheia.

Neste caso a única maneira de salvar o teste atual é utilizando uma ID já existente para sobrescrever algum teste na memória, porém o teste sobrescrito será perdido. O procedimento para exportar os dados e limpar a memória do equipamento está presente no documento “Manual do Usuário - Relatório”.

Para retornar para a tela anterior pressione o botão “Voltar”. Para executar um novo teste basta pressionar a seta no canto superior esquerdo para retornar a tela inicial.

INSTRUMENTAÇÃO

Baterias

O equipamento comporta três baterias de Li-ion NCR18650B de 3400mA cada. Em todas as telas no canto superior direito é possível observar a carga restante do equipamento. Cada cor representa uma faixa de carga como é demonstrado abaixo.



Para realizar a recarga é necessário desconectar os cabos de saída (**+HV**, **-HV** e **G**) e conectar o equipamento na rede elétrica (100-240V) através do conector identificado como 1 na Fig. 1. Logo após a conclusão deste procedimento a seguinte tela deverá ser apresentada.



Figura 12 – Tela de recarga.

Nesta tela é possível acompanhar o progresso da recarga através da barra de 0 a 100% na parte central inferior e na porcentagem no canto superior direito. A tensão atual das três baterias é demonstrada pelo campo "Tensão da bateria". O equipamento pode ser desligado pela chave "Habilita" durante a recarga.

Após a conclusão da recarga o cabo de alimentação da rede elétrica deve ser desconectado e o equipamento deve ser desligado por 5 segundos. Passados os 5 segundos o instrumento já está disponível para ser utilizado novamente.

Especificações

Especificações Elétricas

	Range	Precisão
Tensão aplicada	$250 V \leq V \leq 5000 V$	5%
Corrente de fuga	$1 nA \leq I \leq 300 \mu A$	5%

Temporizador	Range	Resolução
	1 a 30 minutos	1 segundo

Tensão de teste	Range de medição	Precisão
250 V	$R < 2,5 G\Omega$	5%
	$2,5 G\Omega \leq R \leq 25 G\Omega$	20%
	$R > 25 G\Omega$	Não especificado
500 V	$R < 5 G\Omega$	5%
	$5 G\Omega \leq R \leq 50 G\Omega$	20%
	$R > 50 G\Omega$	Não especificado
1000 V	$R < 10 G\Omega$	5%
	$10 G\Omega \leq R \leq 100 G\Omega$	20%
	$R > 100 G\Omega$	Não especificado
2000 V	$R < 20 G\Omega$	5%
	$20 G\Omega \leq R \leq 200 G\Omega$	20%
	$R > 200 G\Omega$	Não especificado
3000 V	$R < 30 G\Omega$	5%
	$30 G\Omega \leq R \leq 300 G\Omega$	20%
	$R > 300 G\Omega$	Não especificado
4000 V	$R < 40 G\Omega$	5%
	$40 G\Omega \leq R \leq 400 G\Omega$	20%
	$R > 400 G\Omega$	Não especificado
5000 V	$R < 50 G\Omega$	5%
	$50 G\Omega \leq R \leq 500 G\Omega$	20%
	$R > 500 G\Omega$	Não especificado

Especificações do Hardware

Display	Display TFT touch resistivo 2,8"
Alimentação	3 baterias recarregáveis Li-ion NCR18650B 3,7V
Entrada para recarga (CA)	100-240V CA 50/60Hz 25VA
Maleta	IP54
Dimensões (C x L x A)	339mm x 295mm x 152mm



Informações do Fabricante

© LHF Instrumentação LTDA
Rua Cristina Enriconi Marcatto, 100 • Jaraguá Esquerdo
Jaraguá do Sul, SC • 89253-423
Fone 47.3370.2441 • E-mail: contato@lhf.ind.br