PV-ISOTEST

Manual de Instruções

© Copyright HT ITALIA 2025

Versão PT 2.02 - 29/04/2025

INDICE

1. PRECAUÇÕES E MEDIDAS DE SEGURANÇA 3
1.1. Instruções preliminares 3
1.2. Durante a utilização 4
1.3. Após utilização 4
1.4. Definição de Categoria de medida (Sobretensão) 4
2. DESCRIÇÃO GERAL 5
2.1. Introdução 5
2.2. Funcionalidade do Instrumento 5
3. PREPARAÇÃO PARA A SUA UTILIZAÇÃO 6
3.1. Controlos iniciais 6
3.2. Alimentação do Instrumento 6
3.3. Conservação 6
4. NOMENCLATURA 7
4.1. Descrição do instrumento 7
4.2. Descrição do instrumento 8
4.3. Descrição do ecrã 8
4.4. Ecrã inicial 8
5. MENU GERAL 9
5.1. SET – Configuração do instrumento 9
5.1.1. Idioma 9
5.1.2. Data e Hora 9
5.1.3. Geral 10
5.1.4. Informação 10
5.1.5. Nome do Operador 10
6. INSTRUÇÕES DE OPERAÇÃO 11
6.1. RPE – Medição de Continuidade em Módulos/Cadeias/Campos FV 11
6.1.1. Calibração cabos de medição 11
6.1.2. Execução de medição de continuidade no modo padrão Standard (STD) 13
6.1.3. Execução da Medição de Continuidade no Modo Temporizador (TMR) 15
6.1.4. Situações anormais 17
6.2. MΩ – Medição de Isolamento em Módulos/Strings/Campos FV 18
6.2.1. Execução da medição de isolamento – Modo DUAL 19
6.2.2. Execução da medição de isolamento – Modo TMR 20
6.2.3. Situações anormais 23
6.3. GFL – Pesquisa de condições de baixo isolamento em cadeias FV 26
6.4. DMM – Função multímetro 30
6.5. Lista de mensagens de erro do ecrã 31
7. ARMAZENAMENTO DE RESULTADOS 32
7.1. Guardar as medições 32
7.2. Recuperação de dados no dispositivo e eliminação de memória 33
8. LIGAÇÃO DO INSTRUMENTO AO PC 34
9. MANUTENÇÃO 35
9.1. Generalidade 35
9.2. Substituição da bateria 35
9.3. Limpeza do instrumento 35
9.4. Tempo de vida 35
10. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS 36
10.1. Características técnicas 36
10.2. Características gerais 37
10.2.1. Regulamentos de referência 37
10.2.2. Ecrã e memória 37
10.2.3. Alimentação 37
10.2.4. Características mecânicas 37
10.3. Condições ambientais de utilização 37
10.4. Acessórios 37

11. APÊNDICE - NOTAS TEÓRICAS....38
11.1. Indice de Polarização (PI)....38
11.2. Relação de Absorção Dielétrica (DAR)....38
11.3. Função GFL – Aspectos teóricos e referências regulatórias....39
11.4. Funções DUAL e TMR – Informações técnicas....41
11.4.1. Aspectos regulatórios e teóricos da medição de isolamento....41
12. ASSISTÊNCIA....44
12.1. Condições de garantia....44
12.2. Assistência....44

1. PRECAUÇÕES E MEDIDAS DE SEGURANÇA

O instrumento foi projetado em conformidade com a diretiva IEC / EN61010-1 relativa a instrumentos de medição eletrónicos. Antes e durante a execução das medições, observe as seguintes instruções e leia atentamente todas as notas precedidas do símbolo⚠

- Não efetuar medições de tensão ou corrente em ambientes húmidos
- Não efetuar medições na presença de gases ou materiais explosivos, combustíveis ou em ambientes empoeirados
- Evitar o contato com o circuito em teste se nenhuma medição estiver a ser feita
- Evitar o contato com peças de metal expostas, com cabos de medição não utilizados, etc.
- Não realizar nenhuma medição se houver alguma anomalia no instrumento, como deformações, quebras, ausência de exibição no ecrã, etc..
- Prestar atenção especial ao medir tensões acima de 25 V em ambientes específicos e 50 V em ambientes comuns, pois há risco de choques elétricos

Os seguintes símbolos são utilizados neste manual e no instrumento:

Atenção: siga as instruções do manual; o uso impróprio pode causar danos ao instrumento ou aos seus componentes

Perigo de alta tensão: risco de choque elétrico

Isolamento duplo

Tensão CC

Tensão CA

Referência terrestre

1.1. INSTRUÇÕES PRELIMINARES

- **O instrumento foi projetado <u>para ser usado nas condições ambientais especificadas no § 10.3</u>. A presença de condições ambientais significativamente diferentes pode comprometer a segurança do instrumento e do operador. Em qualquer caso, antes de utilizar, espere até que as condições no interior do instrumento sejam comparáveis às condições do ambiente em que está a funcionar**
- O instrumento pode ser usado para medições de **TENSÃO** em CAT III 1500 VCC e CAT III 1000 VCA com tensão máxima de 1500 VCC e 1000 VCA entre as entradas. Não opere em circuitos que excedam os limites especificados em § 10.1
- Siga as regras normais de segurança destinadas a proteger contra-correntes perigosas e proteger o instrumento contra o uso incorreto
- Só os acessórios fornecidos com o instrumento garantem os padrões de segurança. Devem estar em boas condições e substituídos, se necessário, por modelos idênticos
- Verifique se as baterias estão inseridas corretamente
- Antes de ligar os cabos de teste ao circuito em teste, verifique se a função desejada foi selecionada

1.2. DURANTE A UTILIZAÇÃO

Por favor, leia as seguintes recomendações e instruções cuidadosamente:

ATENÇÃO

- A não observação dos avisos e / ou instruções pode danificar o instrumento e / ou os seus componentes ou ser uma fonte de perigo para o operador
- O símbolo "▮"indica o nível de carga total das baterias internas.
- Quando o nível de carga cai para níveis mínimos, o símbolo "□"é mostrado no dispositivo. Neste caso, interrompa os testes e substitua as baterias de acordo com o que está descrito em § 9.2
- **O instrumento é capaz de manter os dados armazenados mesmo na ausência de baterias**

1.3. APÓS UTILIZAÇÃO

Quando as medições forem concluídas, desligue o instrumento mantendo a tecla pressionada **ON/OFF** por alguns segundos. Se o instrumento não for usado por um longo período, remova as baterias e siga as instruções fornecidas em § 3.3.

1.4. DEFINIÇÃO DE CATEGORIA DE MEDIDA (SOBRETENSÃO)

A norma "IEC / EN61010-1: Requisitos de segurança para instrumentos elétricos para medição, controlo e uso em laboratório, Parte 1: Requisitos gerais" define o que se entende por categoria de medição, normalmente chamada de categoria de sobretensão. No § 6.7.4: Circuitos de medição, lê-se:

Os circuitos são divididos nas seguintes categorias de medição:

- **Categoria de medição IV** é para medições feitas numa fonte de uma instalação de baixa tensão
  Exemplos: medidores de eletricidade e medições em dispositivos de proteção de sobrecorrente primários e unidades de controlo de ondulação
- **Categoria de medição III** é para medições realizadas em instalações dentro de edifícios
  Exemplos: medições em painéis de distribuição, disjuntores, fiação, incluindo cabos, bus, caixas de junção, interruptores, tomadas de instalações fixas e instrumentos destinados ao uso industrial e outros instrumentos, por exemplo, motores fixo com conexão ao sistema fixo
- **Categoria de medição II** é usado para medições feitas em circuitos diretamente ligados à instalação de baixa tensão
  Exemplos: medições em eletrodomésticos, ferramentas portáteis e instrumentos semelhantes
- **Categoria de medição I** é usado para medições realizadas em circuitos não conectados diretamente à rede de distribuição
  Exemplos: medidas não derivadas da rede e derivadas da rede, mas com proteção (interna) particular. Neste último caso, as tensões transitórias são variáveis, por este motivo (OMISSIS) o utilizador deve conhecer a capacidade de resistência transitória do instrumento

2. DESCRIÇÃO GERAL

2.1. INTRODUÇÃO

O instrumento foi projetado para realizar testes de segurança em módulos / strings fotovoltaicos (FV), a fim de verificar os parâmetros declarados pelo fabricante, bem como realizar medições de isolamento / continuidade em módulos / strings / campos fotovoltaicos.

2.2. FUNCIONALIDADE DO INSTRUMENTO

Os seguintes recursos estão disponíveis:

Teste de continuidade de condutores de proteção (RPE)

- Corrente de teste> 200mA de acordo com IEC/EN62446-1, IEC/EN61557-4
- Calibração manual de cabos de medição

Medição de resistência de isolamento em módulos / strings FV (MΩ)

- Tensões de teste 250V, 500V, 1000V, 1500VDC de acordo com IEC/EN62446-1, IEC/EN61557-2
- 2 modos de medição disponíveis
  - DUAL → medição em sequência do isolamento entre o pólo positivo do string (+) e PE e entre o pólo negativo do string e PE
  - TMR → medição motorizada única entre o pólo negativo da string e PE

Função GFL (localizador de falha de aterramento) para pesquisar a posição de baixo isolamento entre os módulos de um string fotovoltaico (ver § 6.3)

O modelo possui a função de retroiluminação do dispositivo, possibilidade de ajuste de contraste interno e um botão **HELP** capaz de auxiliar o operador no dispositivo ao ligar o instrumento ao sistema. A função de desligar automaticamente, que pode ser desativada se necessário, está disponível após cerca de 5 minutos sem o uso do instrumento.

3. PREPARAÇÃO PARA A SUA UTILIZAÇÃO

3.1. CONTROLOS INICIAIS

O instrumento, antes de ser enviado, foi verificado do ponto de vista elétrico e mecânico. Todas as precauções possíveis foram tomadas para que o instrumento fosse entregue sem danos. No entanto, é aconselhável verificá-lo para saber se houve danos durante o transporte. Caso alguma anomalia seja encontrada, contate o revendedor imediatamente. Também é aconselhável verificar se a embalagem contém todas as peças indicadas em § 10.4. Em caso de discrepâncias, entre em contato com seu revendedor. Caso seja necessário devolver o instrumento, siga as instruções fornecidas em § 12

3.2. ALIMENTAÇÃO DO INSTRUMENTO

O símbolo "▮ " indica o nível de carga total das baterias internas. Quando o nível de carga cai para níveis mínimos, o símbolo "▯" é mostrado no dispositivo. Neste caso, pare os testes e substitua as baterias conforme descrito em § 9.2.

O instrumento é capaz de manter os dados armazenados mesmo na ausência de baterias.

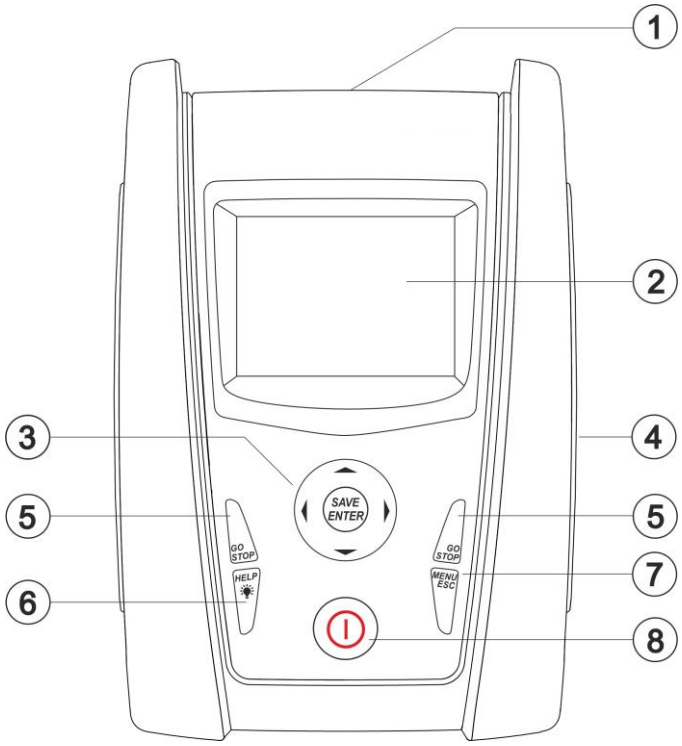
O instrumento possui algoritmos sofisticados para maximizar a autonomia das baterias. **Ao pressionar de forma contínua a tecla HELP /💡** ativa o ajuste da luz de fundo do ecrã. O uso sistemático da luz de fundo diminui a vida útil da bateria

3.3. CONSERVAÇÃO

O instrumento foi projetado para ser usado nas condições ambientais especificadas no § 10.3. A presença de condições ambientais significativamente diferentes pode comprometer a segurança do instrumento e do operador e/ou não garantir medições precisas. Após um longo período de armazenamento e/ou em condições ambientais extremas, antes de usar, espere até que as condições dentro do instrumento sejam comparáveis às condições do ambiente em que ele está operando

4. NOMENCLATURA

4.1. DESCRIÇÃO DO INSTRUMENTO



LEGENDA:

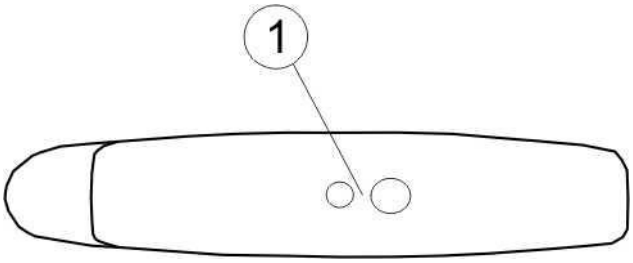
1. Entradas
2. Ecrã LCD
3. Teclas ▼,▲,▶,◀, **SAVE/ENTER**
4. Compartimento do conector do cabo ótico /USB
5. Tecla **GO/STOP**
6. Tecla **HELP/**
7. Tecla **ESC/MENU**
8. Tecla **ON/OFF**

Fig. 1: Descrição parte frontal do instrumento

LEGENDA:

1. Entradas **P, N, E, C**

Fig. 2: Descrição parte superior do instrumento



LEGENDA:

1. Conector para conexão de cabo ótico / USB isolado opticamente

Fig. 3: Descrição da parte lateral do instrumento

4.2. DESCRIÇÃO DO INSTRUMENTO

O teclado é constituído pelas seguintes teclas:

Tecla **ON/OFF** para ligar e desligar o instrumento

Tecla **ESC** para sair do menu selecionado sem confirmar as alterações
Tecla **MENU** para voltar ao menu geral do instrumento a qualquer momento

Tecla ◀ ▲ ▶ ▼ para mover o cursor, a fim de selecionar os parâmetros de programação

Tecla **SAVE/ENTER** para guardar parâmetros internos e resultados de medição (SAVE) e para selecionar as funções desejadas no menu (ENTER)

Tecla **GO** para começar a medição
Tecla **STOP** para terminar a medição

Tecla **HELP** para aceder a HELP online visualizando, para cada função selecionada, as conexões possíveis entre o instrumento e o sistema
Tecla 💡 (**pressione continuamente)** para ajustar a luz de fundo

4.3. DESCRIÇÃO DO ECRÃ

O ecrã é um módulo gráfico com resolução de 128 x 128 pontos. A primeira linha do ecrã mostra a data / hora do sistema e o indicador de estado da bateria. O modo ativo é indicado na parte inferior.

4.4. ECRÃ INICIAL

Quando o instrumento é ligado, a imagem inicial é exibida por alguns segundos. São exibidos:

- O modelo do instrumento (PV-ISOTEST)
- O fabricante
- O número de série do instrumento (SN:)
- A versão do Hardware (HW:) e Firmware presente na memória do instrumento (FW:)
- A data em que o instrumento foi calibrado pela última vez (data de calibração :)

PV-ISOTEST

HT ITALIA

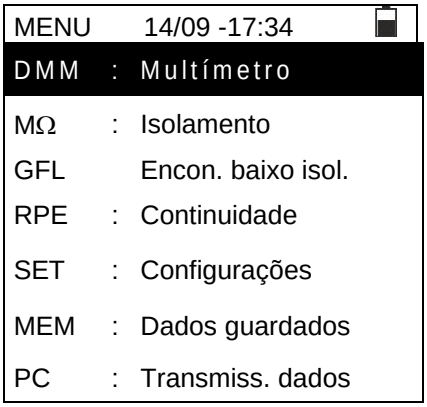
SN: 25345678

HW: 02
FW: 1.12
Data calibração:
07/04/2025

Após alguns momentos, o instrumento muda para a última função selecionada.

5. MENU GERAL

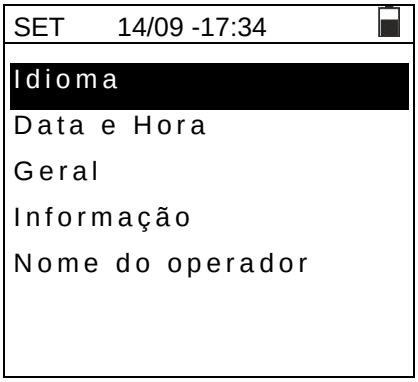
Ao pressionar a tecla **ESC/MENU**, em qualquer condição que o instrumento esteja, faz com que apareça a imagem do menu geral através da qual é possível configurar o instrumento, visualizar as medições armazenadas e selecionar a medição desejada
Selecionando uma das opções com o cursor e confirmando com **ENTER** acessa a função desejada



5.1. SET – CONFIGURAÇÃO DO INSTRUMENTO

Posicione o cursor no item **SET** usando as setas do teclado (▲,▼) e confirme com **ENTER**.
A imagem que lista as várias configurações do instrumento aparece no ecrã.

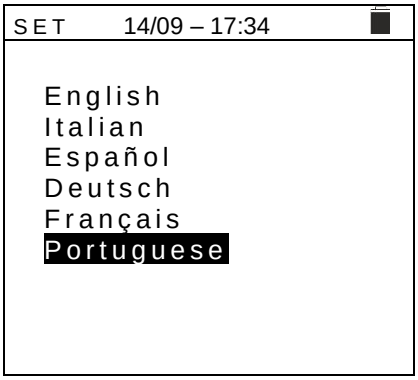
As configurações são mantidas mesmo após o instrumento ser desligado



5.1.1. Idioma

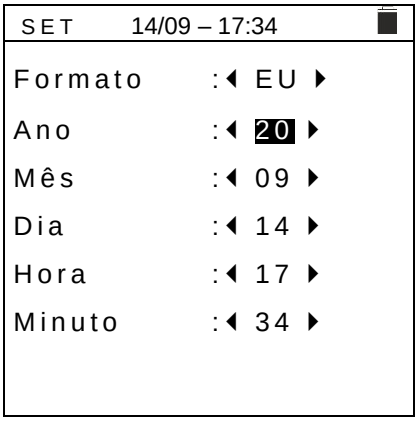
Mova o cursor para **Idioma** usando as setas do teclado (▲,▼) e confirme com **ENTER**. O instrumento mostra a imagem que permite definir o idioma do sistema.

Selecione a opção desejada usando as teclas de seta (▲,▼). Pressione a tecla **ENTER** para confirmar ou a tecla **ESC** para voltar ao ecrã anterior.



5.1.2. Data e Hora

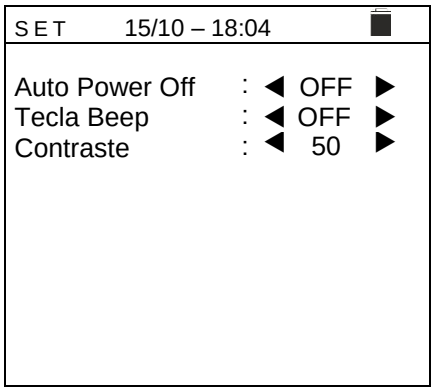
1. Posicione o cursor no item "**Data Hora**" utilizando a tecla (▲,▼) e confirme com **ENTER**
2. No ecrã aparece a imagem que permite configurar a data / hora do sistema tanto no formato europeu (UE) quanto no **USA (US)**
3. Para definir as unidades de medida use as teclas (◀ , ▶)
4. Pressione a tecla **SAVE** para guardar as configurações feitas e a mensagem "**Dados armazenados**" será mostrada por um momento. Pressione a tecla ESC / MENU para sair sem guardar e voltar à imagem anterior



5.1.3. Geral

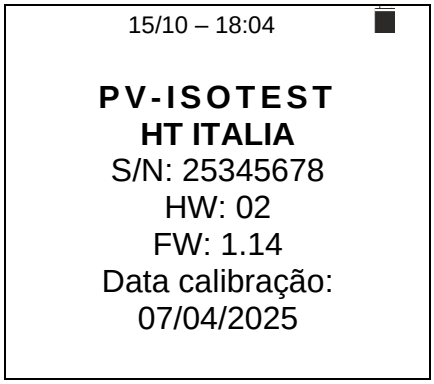
Mova o cursor para **Geral** usando as teclas (▲,▼) e confirme com **ENTER**. O instrumento mostra a imagem na qual pode ativar/desativar a opção de desligar automaticamente e o som associado ao pressionar as teclas e o contraste do visor

Selecione a opção desejada usando as teclas (▲,▼).
Pressione a tecla **ENTER** para confirmar ou a tecla **ESC** para voltar à imagem anterior



5.1.4. Informação

Mova o cursor para **Info** usando as teclas (▲,▼) e confirme com **ENTER**.
O instrumento mostra o ecrã inicial conforme indicado na imagem ao lado.
Pressione a tecla **ESC** para voltar ao menu principal



5.1.5. Nome do Operador

Esta opção permite-lhe incluir o nome do operador que efetua as medições com o instrumento (**máx. 12 caracteres**). Este nome será incluído nos relatórios criados com o software de gestão.

1. Utilize as botãos de seta ◀ ou ▶ para mover o cursor para o carácter selecionado e prima o botão **SAVE/ENTER** para introduzir
2. Mova o cursor para a posição "**CANC**" e prima o botão **SAVE/ENTER** para apagar o carácter selecionado
3. Mova o cursor para a posição "**OK**" e prima o botão **SAVE/ENTER** para confirmar o nome escrito e regressar ao ecrã anterior.

6. INSTRUÇÕES DE OPERAÇÃO

6.1. RPE – MEDIÇÃO DE CONTINUIDADE EM MÓDULOS/CADEIAS/CAMPOS FV

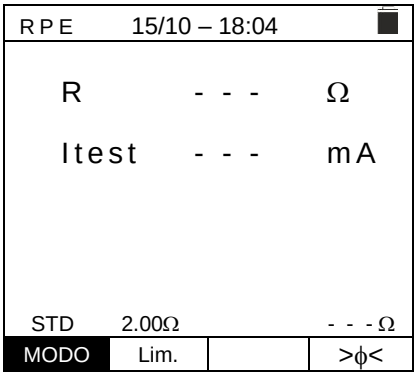
O objetivo desta medição é realizar o teste de continuidade dos condutores de proteção e equipotencial (ex: da haste de aterramento às massas conectadas e massas estranhas) e dos condutores de aterramento dos SPDs em instalações fotovoltaicas. O teste deve ser conduzido usando uma corrente de teste> 200mA de acordo com os requisitos do IEC/EN62446-1 e IEC/EN61557-4.

ATENÇÃO

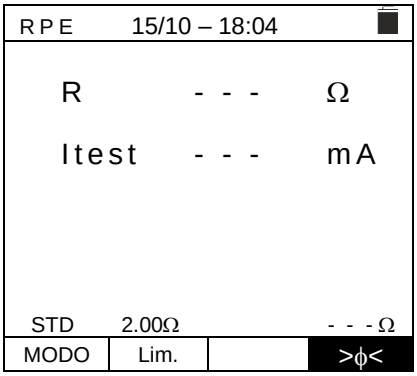
Recomendamos uma verificação preliminar do correto funcionamento do instrumento antes de realizar uma medição, curto-circuitando os terminais de entrada **E** e **C**, verificando um valor de continuidade quase nulo e um valor fora de escala com os terminais **E** e **C** abertos

6.1.1. Calibração cabos de medição

1. Posicione o cursor no item **RPE** usando as teclas (▲,▼) e confirme com **ENTER**. A seguinte imagem aparece no ecrã:



2. Usar as teclas ◀ ou ▶ selecione a posição "**>ϕ<**". A imagem ao lado aparece no ecrã



3. Conecte os cabos de medição juntos, conforme mostrado na Fig. 4

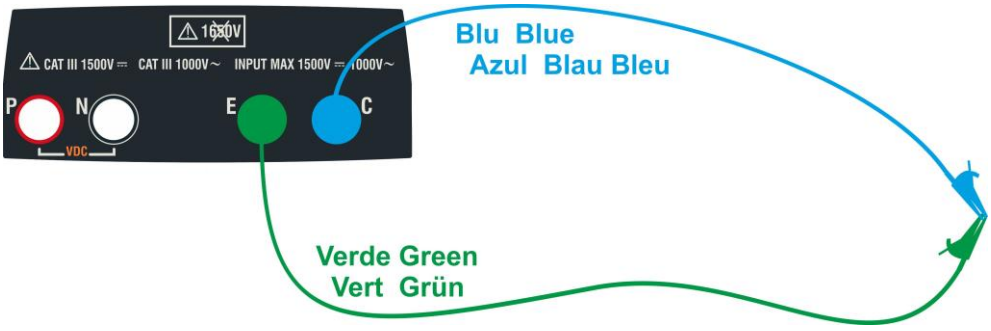
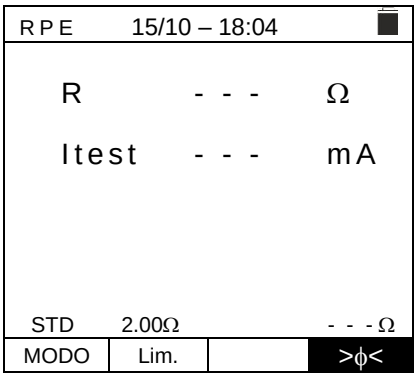
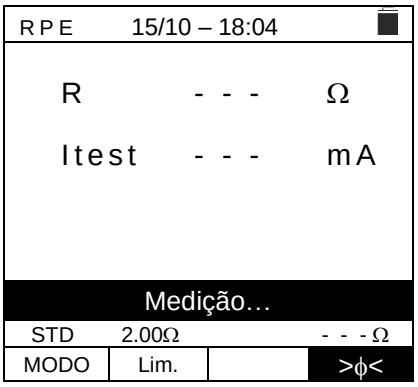


Fig. 4: Compensação da resistência dos cabos de medição

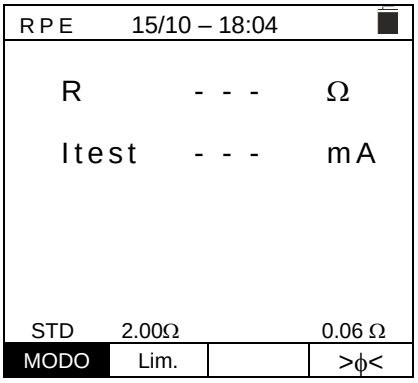
4. Usar as teclas ◀ ou ▶ selecione a posição “**>ϕ<**”.
   A imagem ao lado aparece no ecrã



5. Pressione a tecla **GO/STOP** para ativar a calibração.
   As mensagens "Medição..." seguidas de "Verificar" e "Reiniciar" são mostradas em sequência no ecrã

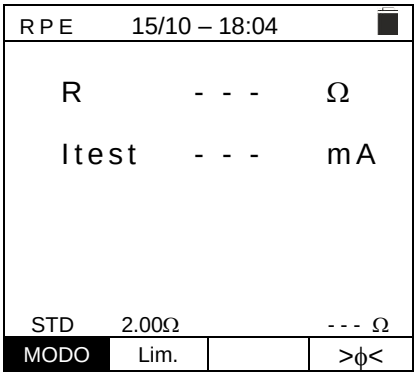


6. No final do procedimento de compensação, se o valor da resistência medida for **≤5Ω**, o instrumento emite um *beep* duplo para sinalizar o resultado positivo do teste e exibe o valor da resistência compensada dos cabos, que será subtraída de todas as medições de continuidade subsequentes, na parte inferior direita do ecrã

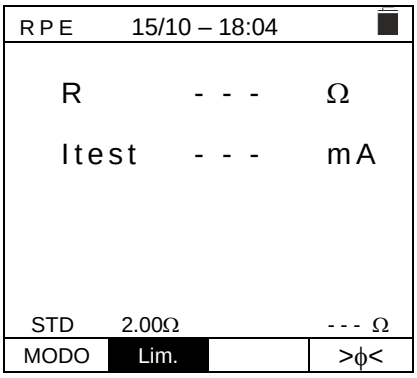


6.1.2. Execução de medição de continuidade no modo padrão Standard (STD)

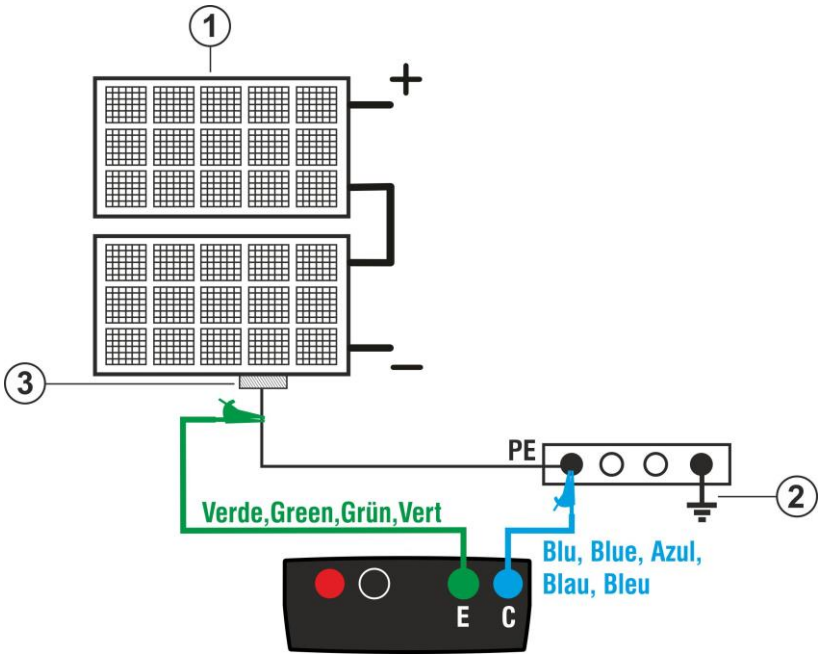
1. Posicione o cursor no item **RPE** usando as teclas (▲,▼) e confirme com **ENTER**. A imagem a seguir aparece no ecrã. O símbolo "STD" aparece no ecrã



2. Usar as teclas ◀ ou ▶ selecionar a posição "**Lim**". A imagem ao lado aparece no ecrã.
3. Usar as teclas (▲,▼) definir o limite de referência para a medição de continuidade selecionável no campo **0.01Ω ÷ 9.99Ω** em etapas de 0,01Ω (lembre-se de que o padrão não define um valor limite de resistência e os valores típicos são aproximadamente 1Ω ou 2Ω)



4. Execute a calibração inicial dos cabos de medição (ver § 6.1.1)
5. Ligue o instrumento ao módulo FV / string em teste e ao nó de aterramento principal do sistema, conforme mostrado na Fig. 5



LEGENDA:

E: Cabo verde
C: Cabo azul

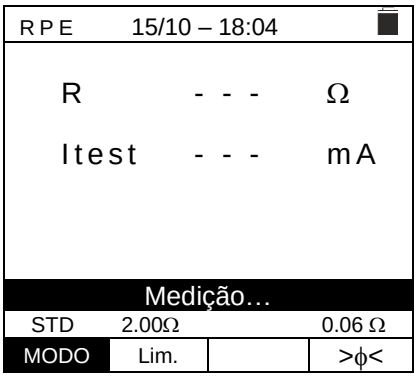
1. Módulo/ string FV
2. Principal referência de aterramento da planta
3. Estrutura metálica aterrada do sistema

Fig. 5: Conexão para medição de continuidade em estruturas de sistema fotovoltaico FV

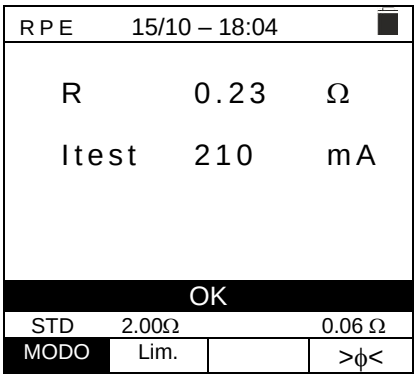
ATENÇÃO

Quando a tecla **GO/STOP** é pressionada, o instrumento pode fornecer várias mensagens de erro (ver § 6.1.4) e, por isso, não realize o teste. Verifique e elimine, se possível, as causas dos problemas antes de continuar com o teste

6. Pressione a tecla **GO / STOP** para ativar o teste. Se não houver condições de erro, o instrumento exibe a mensagem "Medir ..." conforme mostrado na imagem ao lado



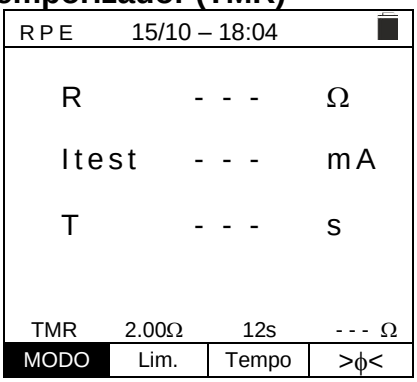
7. No final da medição, o instrumento fornece o valor da resistência do objeto em teste. Se o resultado for inferior ao limite máximo definido, o instrumento exibe a mensagem "**OK**" (valor menor ou igual ao limite definido), caso contrário, exibe a mensagem "**NÃO OK**" (valor maior que o limite definido), conforme mostrado na imagem ao lado



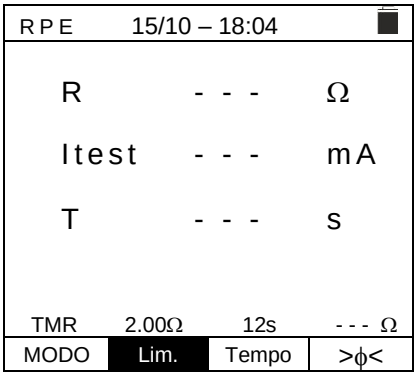
8. Pressione a tecla **SAVE** para guardar o resultado do teste na memória do instrumento (ver § 7.1) ou a tecla **ESC/MENU** para sair da imagem sem guardar e voltar ao ecrã principal de medição

6.1.3. Execução da Medição de Continuidade no Modo Temporizador (TMR)

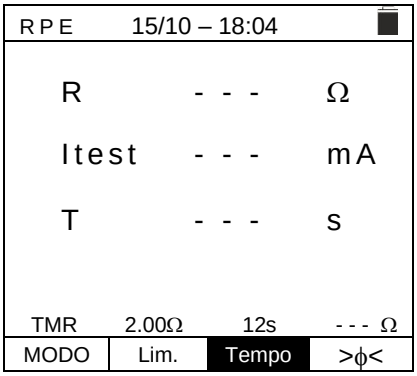
1. Posicione o cursor no item **RPE** usando as teclas (▲,▼) e confirme com **ENTER**. A imagem a seguir aparece no ecrã.
2. Usar as teclas (▲,▼) para selecionar o modo do temporizador. O símbolo "TMR" aparece ecrã



3. Usar as teclas ◀ ou ▶ para selecionar a posição "Lim." A imagem a seguir aparece no ecrã.
4. Usar as teclas (▲,▼) para definir o limite de referência para medição de continuidade selecionável no campo **0,01Ω ÷ 9.99Ω** em etapas de 0,01Ω (observe que o regulamento não define um valor limite de resistência e os valores típicos são aproximadamente 1Ω ou 2Ω)



5. Usar as teclas ◀ ou ▶ para selecionar a posição "**Tempo.**" A imagem a seguir aparece no ecrã.
6. Usar as teclas (▲,▼)definir a duração da medição de continuidade (temporizador) selecionável na faixa de **3s ÷ 99s** em etapas de **3s**



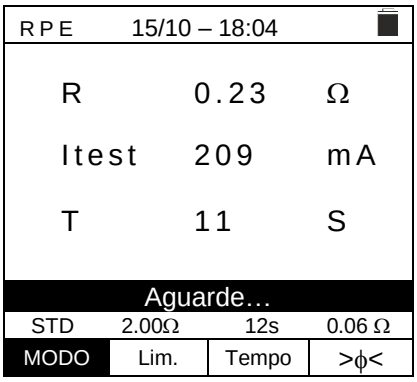
7. Realize a calibração inicial dos cabos de teste (ver § 6.1.1)

8. Ligue o instrumento ao módulo PV / string em teste e ao nó de aterramento principal do sistema, conforme mostrado em Fig. 5

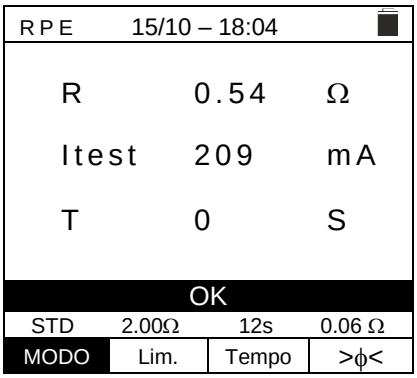
ATENÇÃO

Quando a tecla **GO / STOP** é pressionada, o instrumento pode fornecer várias mensagens de erro (ver § 6.1.4) e, como resultado disso, não realizar o teste. Verifique e elimine, se possível, as causas dos problemas antes de continuar com o teste

9. Pressione a tecla **GO/STOP** para ativar o teste. Na ausência de condições de erro, o instrumento começa uma série de medições contínuas por toda a duração do cronômetro definido **fornecendo um som curto a cada 3s** alternando as mensagens “Medição…” e “Aguarde…” conforme mostrado na imagem ao lado**.** Desta forma, é possível que o operador se mova de um ponto para o outro no local onde a medição está sendo realizada



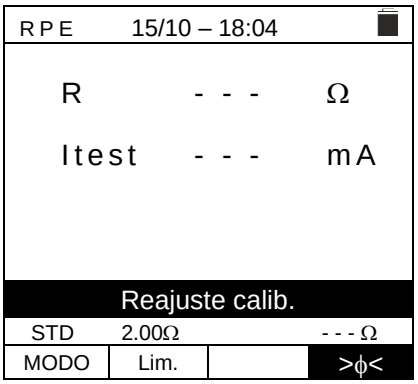
10. No final da medição, o instrumento fornece o valor máximo entre todas as medições parciais realizadas. Se o resultado for inferior ao limite máximo definido, o instrumento exibe a mensagem "**OK**" (valor menor ou igual ao limite definido), caso contrário, exibe a mensagem "**NÃO OK**" (valor maior que o limite definido), conforme mostrado na imagem ao lado



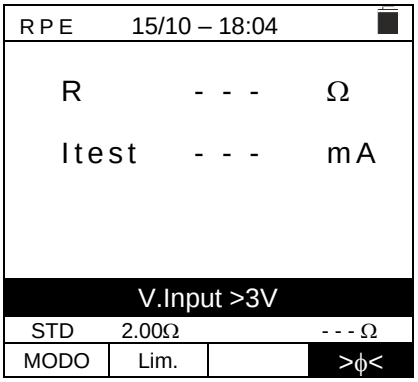
11. Pressione a tecla **SAVE** para guardar o resultado do teste na memória do instrumento (ver § 7.1) ou a tecla **ESC/MENU** para sair sem guardar e voltar ao ecrã principal de medição

6.1.4. Situações anormais

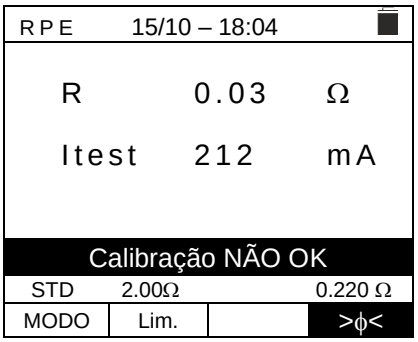
1. Para redefinir o valor da resistência compensada, execute um novo procedimento de compensação com uma resistência maior que 5Ω como, por exemplo, com pontas abertas. A mensagem “Reajuste calib.” aparece no ecrã



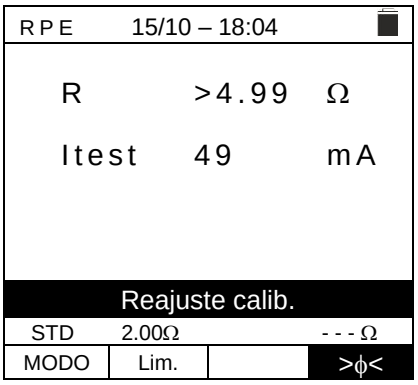
2. Se o instrumento detetar uma tensão superior a 3V nos terminais E e C, não realiza o teste, emite um sinal acústico prolongado e exibe a mensagem "V.Input>3V"



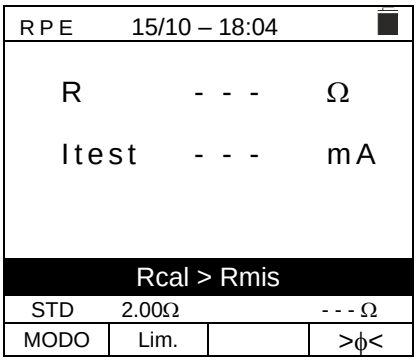
3. Se for detetado que a resistência calibrada é superior à resistência medida, o instrumento emite um sinal acústico prolongado e exibe a mensagem: "Calibração NÃO OK"



4. Se o instrumento detetar uma resistência superior a 5Ω nos terminais emite um longo sinal acústico, redefine o valor compensado e exibe a mensagem " Reajuste calib."



5. Quando é detectado que a resistência calibrada é mais elevada que a resistência medida (poe exemplo para uso do cabos diferentes dos fornecidos), o instrumento emite um sinal acústico prolongado e apresenta um ecrã como o mostrado ao lado. Execute um reset e faça uma nova calibração.



6.2. MΩ – MEDIÇÃO DE ISOLAMENTO EM MÓDULOS/STRINGS/CAMPOS FV

O objetivo desta medição é realizar medições de resistência de isolamento dos condutores ativos de módulos, strings e campos fotovoltaicos de acordo com os requisitos do norma IEC/EN62446-1 e IEC/EN61557-2 **sem a necessidade de usar uma chave externa para causar curto-circuito nos terminais positivo e negativo**.

ATENÇÃO

- Não toque nas massas dos módulos durante a medição, pois podem estar em potencial perigoso mesmo com o sistema desconectado devido à tensão gerada pelo instrumento
- A medição pode dar resultados incorretos se a referência de terra não estiver corretamente conectada à entrada **E**
- Recomendamos uma verificação preliminar do correto funcionamento do instrumento antes de realizar uma medição definindo a função **TMR** curto-circuitando os terminais **N** e **E**, verificando um valor de isolamento próximo de zero e um valor fora de escala com os terminais **N** e **E** abertos

ATENÇÃO

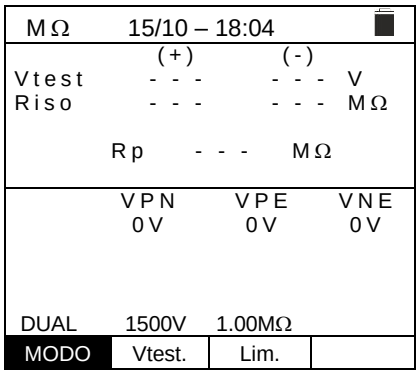
- A medição de isolamento pode ser realizada em um único módulo, em um string ou em um sistema que consiste em vários strings em paralelo
- Se o módulo/string/sistema tiver um pólo conectado à terra, esta conexão deve ser temporariamente desconectada.
- De acordo com IEC/EN62446-1 a tensão de teste Vtest deve ser ≥ tensão nominal do sistema
- O norma IEC/EN62446-1define 1MΩ como o valor limite mínimo de resistência de isolamento para sistemas com tensão nominal >120V
- Desconecte o string/sistema do inversor e quaisquer descarregadores
- É aconselhável efetuar a medição do isolamento diretamente no módulo/corda/campo a montante de quaisquer díodos de bloqueio

Em geral, o instrumento realiza a medição de isolamento das seguintes maneiras:

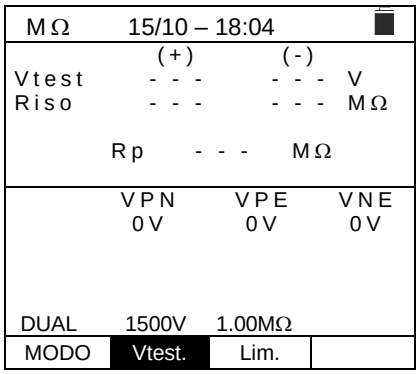
- Modo **DUAL** → o instrumento realiza a medição de isolamento em sequência entre o pólo positivo (+) e a referência PE e entre o pólo negativo (-) e a referência PE de módulos, strings ou campos FV
- Modo **TMR** → o instrumento realiza a medição continuamente (com duração máxima de 300s) apenas no terminal “N” e a referência PE, visualizando o valor mínimo obtido da **resistência paralela entre os pólos (+) e (-)** de strings/módulos ou uma resistência de isolamento genérica de cabos **não energizados** no final do período de tempo selecionado. Desta forma, o instrumento também calcula os parâmetros DAR (Relação de Absorção Dielétrica) e PI (Indice de Polarização) se a duração do teste é adequada para o cálculo dos parâmetros acima

6.2.1. Execução da medição de isolamento – Modo DUAL

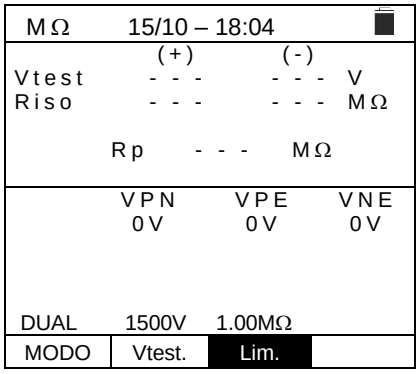
1. Posicione o cursor no item **MΩ** utilizando as teclas (▲,▼) e confirme com **ENTER**. A imagem ao lado aparece no ecrã. Usando as teclas de seta novamente (▲,▼) selecione o modo de medição "**DUAL**" na posição "**MODE**"



2. Use as teclas ◀ ou ▶ para selecionar a posição "Vtest" para definir a tensão de teste
3. Use as teclas (▲,▼) para selecionar uma das seguintes tensões de teste (Vnom): **250, 500, 1000,1500 VDC** Observe que, de acordo com IEC/EN62446-1, a tensão de teste Vtest deve ser ≥ tensão nominal do sistema



4. Use as teclas ◀ ou ▶ para selecionar a posição "Lim." A imagem ao lado aparece no ecrã.
5. Use as teclas (▲,▼) para definir o limite mínimo de referência para a medição de isolamento, selecionável entre os valores **0,05, 0,10, 0,23, 0,25, 0,50, 1,00, 50MΩ**. Observe que o norma IEC/EN61446-1 não define um valor limite mínimo de resistência de isolamento igual a 1MΩ



6. Ligue o instrumento ao string PV em teste, conforme mostrado em Fig. 6. **O teste também pode ser executado em várias strings em paralelo umas com as outras. Lembre-se de que quaisquer pára-raios conectados aos cabos do string/strings também devem ser desconectados e que é aconselhável medir a montante de quaisquer diodos de bloqueio**

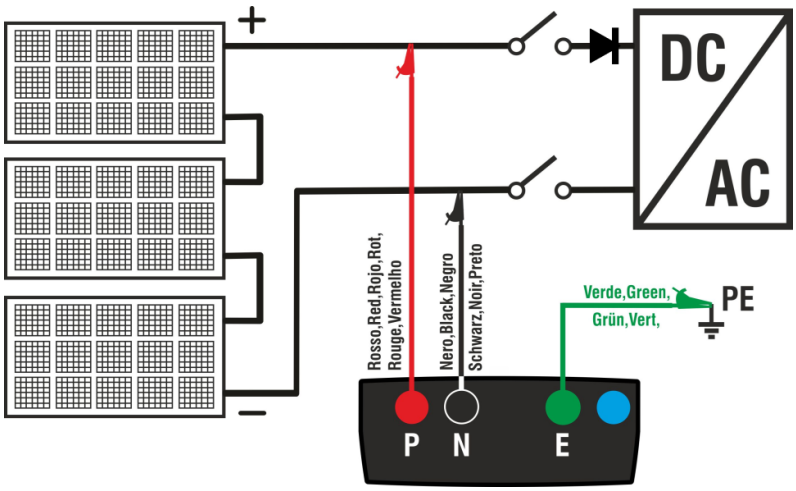
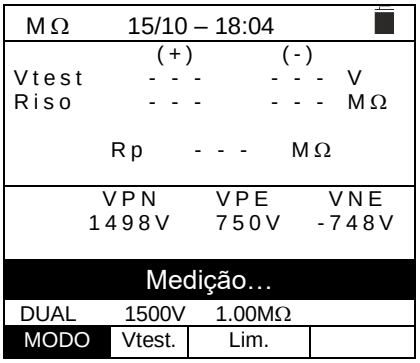


Fig. 6: Ligação do instrumento para medição de isolamento no modo DUAL

ATENÇÃO

Quando a tecla é pressionada **GO/STOP** o instrumento pode dar várias mensagens de erro (ver § 6.2.3) e, por isso, não realize o teste. Verifique e elimine, se possível, as causas dos problemas antes de continuar com o teste

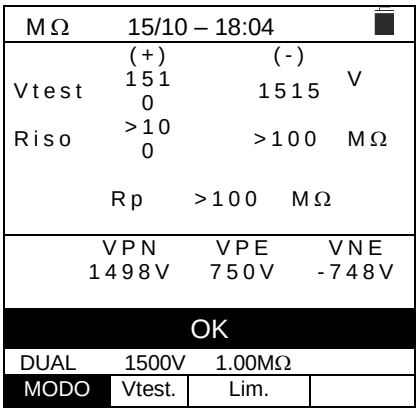
7. **Pressione e segure a tecla GO / STOP por 2s** para ativar o teste. Se não houver condições de erro, o instrumento exibe a mensagem "**Medição...**" conforme mostrado na imagem ao lado. A tensão de teste real gerada pelo instrumento é mostrada no campo "Vtest". **A duração do teste pode variar dependendo da presença ou ausência de capacidades parasitárias presentes**



8. O instrumento executa as seguintes medições em sequência:
   - Isolamento entre o pólo positivo (+) da corda e a referência de terra
   - Isolamento entre o pólo negativo da corda (-) e a referência de terra
   - Cálculo do valor da resistência Rp dado pelo paralelo das medições (+) e (-) (-)

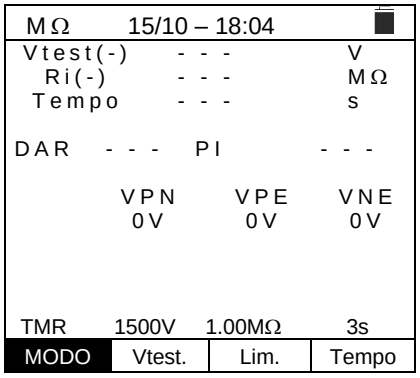
   Se "**Rp≥Lim**", o instrumento fornece a mensagem "OK" para indicar o resultado positivo da medição.

   Pressione a tecla **SAVE** para guardar o resultado do teste na memória do instrumento (consulte § 7.1) ou a tecla **ESC / MENU** para sair da imagem sem guardar e voltar ao ecrã principal de medição

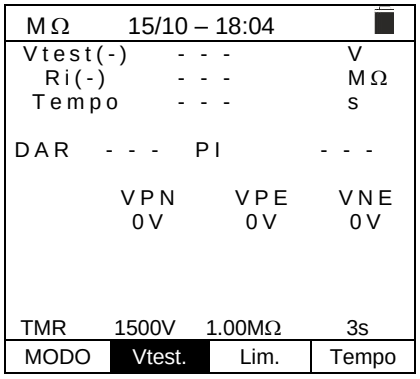


6.2.2. Execução da medição de isolamento – Modo TMR

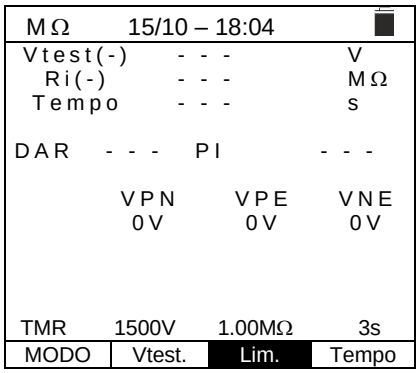
1. Posicione o cursor no item **MΩ** usando as setas (▲,▼) e confirme com **ENTER**. A imagem ao lado aparece no ecrã. Usando as teclas (▲,▼) selecione o modo de medição "**TMR**" na posição "**MODE**"



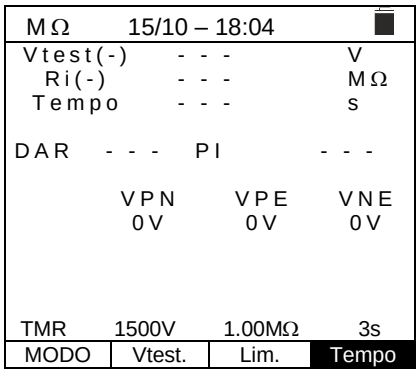
2. Use as teclas ◀ ou ▶ para selecionar a posição "Vtest" para definir a tensão de teste prova
3. Use as teclas (▲,▼)para selecionar uma das seguintes tensões de teste (Vnom): **250, 500, 1000,1500VDC**. Observe que, de acordo com IEC/EN 62446-1, a tensão de teste Vtest deve ser ≥ tensão nominal do sistema



4. Use as teclas ◀ ou ▶ para selecionar a posição “Lim”. A imagem ao lado aparece no ecrã.
5. Use as teclas (▲,▼) para definir o limite mínimo de referência para a medição de isolamento, selecionável entre os valores **0,05, 0,10, 0,23, 0,25, 0,50, 1,00, 50MΩ**. Observe que o norma IEC/EN61446-1 não define um valor limite mínimo de resistência de isolamento igual a 1MΩ



6. Use as teclas ◀ ou ▶ para selecionar a posição “Tempo” A imagem ao lado aparece no ecrã.
7. Use as teclas (▲,▼) para definir o tempo de medição no intervalo: **3s ÷ 999s**



8. Ligue o instrumento ao string PV em teste, conforme mostrado na Fig. 7. **O teste também pode ser executado em várias strings em paralelo umas com as outras. Lembre-se de que quaisquer pára-raios conectados aos cabos do string/strings também devem ser desconectados e que é aconselhável medir a montante de quaisquer diodos de bloqueio**

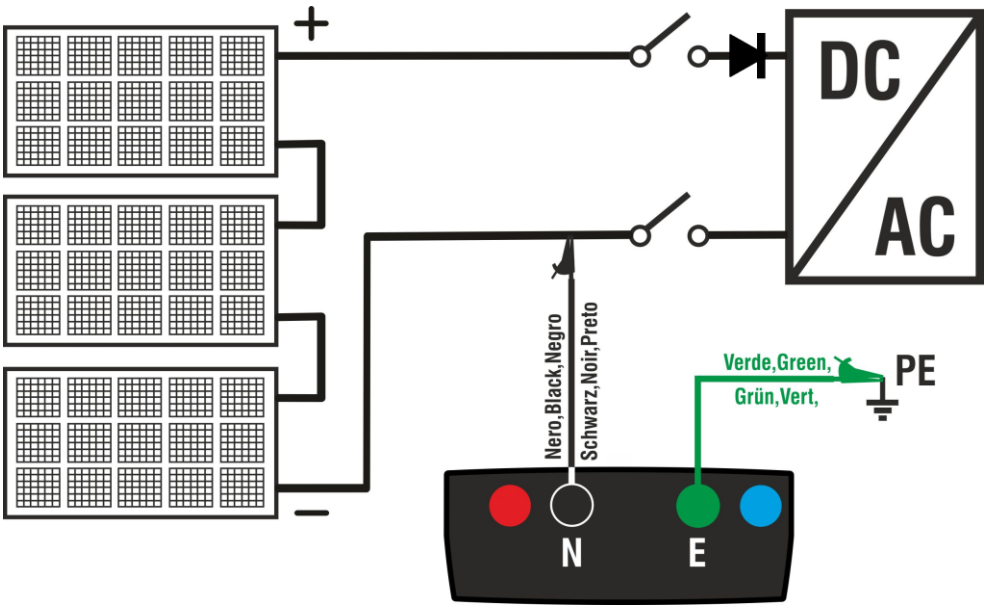
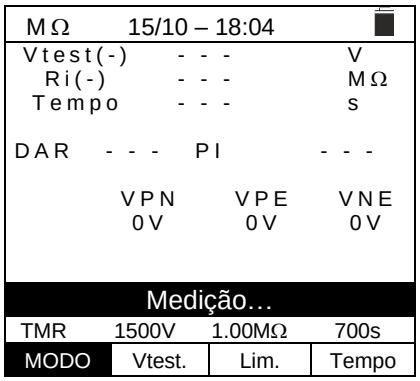


Fig. 7: Ligação do instrumento para medição de isolamento no modo TMR

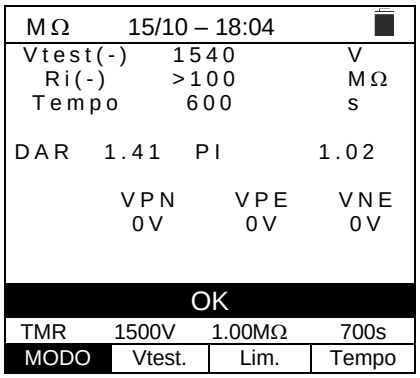
ATENÇÃO

Quando a tecla **GO/STOP** é pressionada, o instrumento pode dar várias mensagens de erro (consulte § 6.2.3) e, por isso, não realize o teste. Verifique e elimine, se possível, as causas dos problemas antes de continuar com o teste

9. **Pressione e segure a tecla GO / STOP por 2s** para ativar o teste. Se não houver condições de erro, o instrumento exibe a mensagem "**Medição...**" conforme mostrado na imagem ao lado. A tensão de teste real gerada pelo instrumento é mostrada no campo “Vtest (-)”



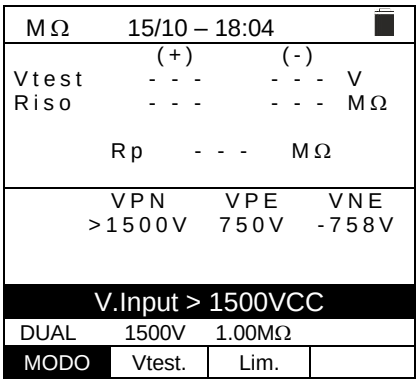
9. Se “**Ri(-)≥Lim**", o instrumento fornece a mensagem "**OK**" para indicar o resultado positivo da medição.
   Se o tempo de medição for ≥60s, o instrumento mostra no ecrã o valor do parâmetro **DAR** (Relação de Absorção Dielétrica) (ver § 11.2)
   Se o tempo de medição for ≥600s, o instrumento mostra no ecrã o valor do parâmetro **DAR** (Relação de Absorção Dielétrica) e o valor do parâmetro **PI** (Indice de Polarização) (ver § 11.1)



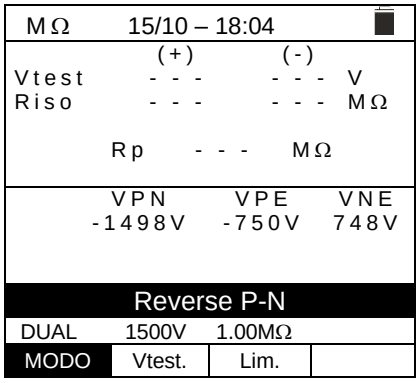
   Pressione a tecla **SAVE** para guardar o resultado do teste na memória do instrumento (ver § 7.1) ou a tecla **ESC/MENU** para sair sem guardar e voltar ao ecrã principal de medição

6.2.3. Situações anormais

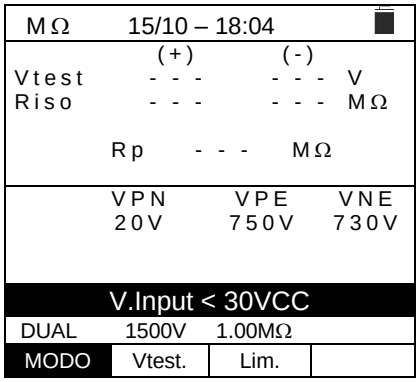
1. Se o instrumento detetar uma das seguintes condições: “|VPN|>1500V”,“|VPE|>1500V”ou“|VNE|>1500V” interrompe a medição, emite um som prolongado e a mensagem “**V.Input > 1500VCC**” é mostrada no ecrã. Verifique a tensão de saída do string FV



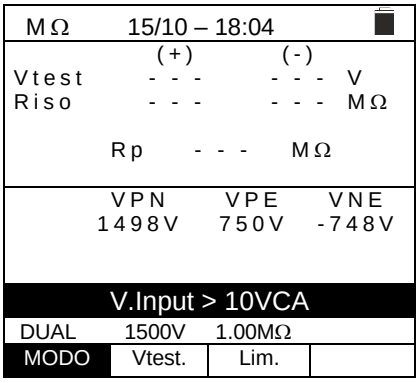
2. <u>No modo DUAL</u>, se o instrumento detetar uma tensão VPN <0 V quando a tecla **GO/STOP** for pressionada, interrompe a medição, emite um som prolongado e a mensagem “**Reverse P-N**” é exibida no ecrã. Verifique a polaridade e as ligações do instrumento ao string FV



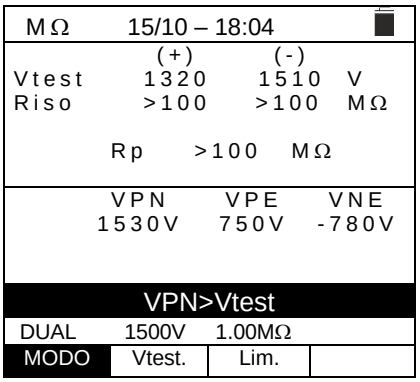
3. <u>No modo DUAL</u> quando a tecla **GO/STOP** é pressionada, o instrumento deteta uma tensão **0<VPN<30V**, interrompe a medição, emite um som prolongado e a mensagem “**V.Input <30CC**” é mostrada no ecrã. Verifique a tensão de saída do string FV que deve ser ≥30V



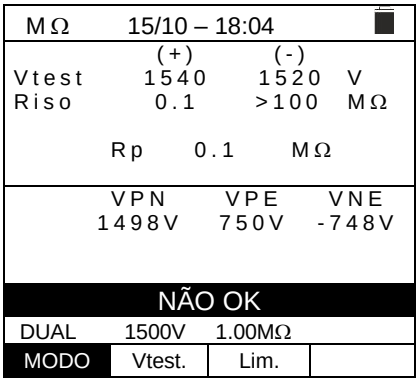
4. <u>No modo DUAL</u> se, ao pressionar a tecla **GO/STOP**, o instrumento deteta que uma das seguintes condições nas tensões medidas:
   RMS (VPN) - | (VPN) CC | <10
   RMS (VPE) - | (VPE) CC | <10
   RMS (VNE) - | (VNE) CC | <10
   não é cumprida (**presença de componentes CA nas tensões de entrada**) interrompe a medição, emite um som prolongado e a mensagem “**V.Input > 10VCA**” é exibida no ecrã. Verifique se a string PV está desligada do inversor e se os respetivos cabos estão separados de quaisquer outras fontes de tensão CA auxiliares



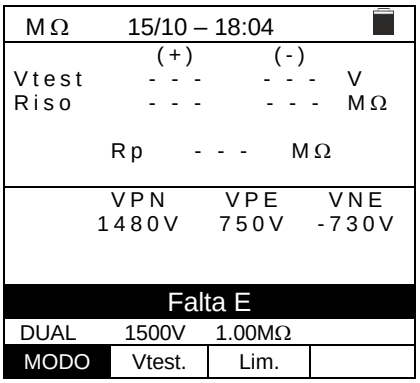
5. Se o instrumento detectar que a tensão entre os pólos positivo e negativo é maior do que a tensão de teste definida, a mensagem "**VPN>Vtest**" é exibida no visor e o instrumento interrompe o teste, pois não está em conformidade com o padrão IEC/EN62446-1 . Verifique a tensão nominal do sistema, altere o parâmetro e Vtest se necessário e repita o teste



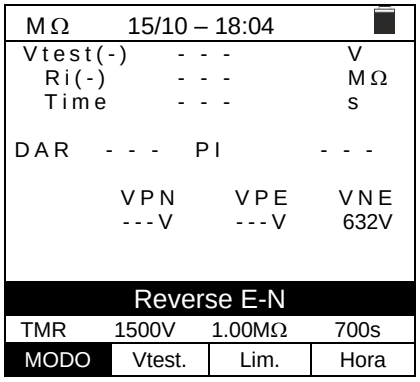
6. Se o instrumento detetar que "**Rp<Lim**", a mensagem "**NÃO OK**" é mostrada no ecrã



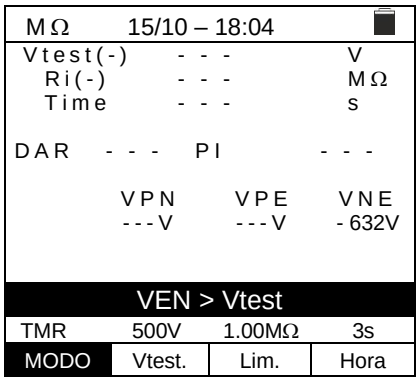
7. <u>No modo DUAL</u> Caso o instrumento detecte a ausência de conexão do terminal E com a referência de terra, a mensagem "**Falta E**" é mostrada no display e o teste não é realizado.
Conecte o instrumento a uma referência de aterramento válida antes de testar novamente



8. <u>No modo TMR</u> se o instrumento detetar uma tensão **positiva** entre os terminais **N** e **E**, a mensagem "**Reverse E-N**" será mostrada no visor e o teste não será realizado.
Inverta as ligações nas entradas do instrumento, tendo em atenção que **deve estar sempre presente um potencial negativo** no terminal **N**



9. <u>No modo TMR</u> se a tensão VNE medida for superior à tensão de teste, o instrumento apresenta a mensagem "**VEN > Vtest**" quando o teste é activado. Selecione uma tensão de teste **superior** à tensão medida para realizar o teste corretamente



6.3. GFL – PESQUISA DE CONDIÇÕES DE BAIXO ISOLAMENTO EM CADEIAS FV

Na função GFL (Ground Fault Locator), o instrumento é capaz de fornecer uma indicação sobre a posição de uma possível **falha única** de baixo isolamento presente em uma cadeia do sistema devido, por exemplo, a infiltrações de água ou umidade no interior junção dos módulos fotovoltaicos. O instrumento mede as tensões de entrada e com base no desequilíbrio entre V (+) e V (-) em relação à terra, identifica a posição presumida da falha no string. Para mais detalhes ver § 11.3

ATENÇÃO

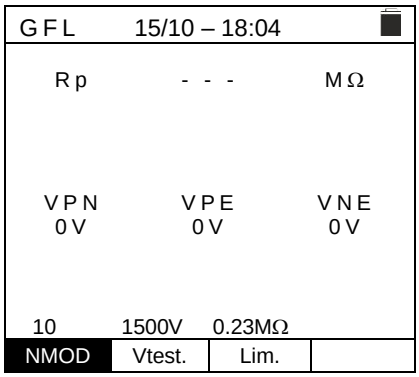
- Não toque nas massas dos módulos durante a medição, pois podem estar em potencial perigoso mesmo com o sistema desconectado devido à tensão gerada pelo instrumento
- A medição pode dar resultados incorretos se a referência de terra não estiver corretamente conectada à entrada **E**
- Recomendamos uma verificação preliminar do correto funcionamento do instrumento antes de realizar uma medição definindo a função **TMR** curto-circuitando os terminais **N** e **E**, verificando um valor de isolamento próximo de zero e um valor fora de escala com os terminais **N** e **E** abertos

ATENÇÃO

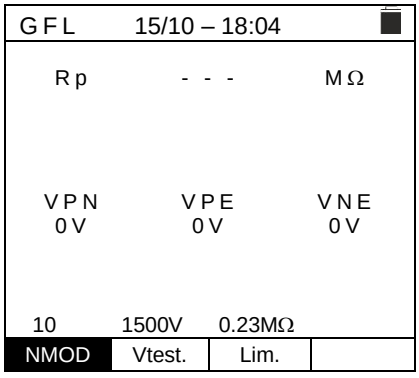
A função GFL permite que obtenha resultados corretos **SOMENTE** nas seguintes condições:

- Teste realizado em uma **única string** desconectada do inversor, quaisquer descarregadores e conexões de aterramento funcionais
- **Falha única** de baixo isolamento a ocorrer em qualquer lugar da string
- Resistência de isolamento da falha única **<1.00MΩ (apenas para instrumentos com HW 02)**
- Devido à natureza aleatória dessas falhas, é recomendado realizar as medições em condições ambientais semelhantes àquelas em que a falha foi relatada

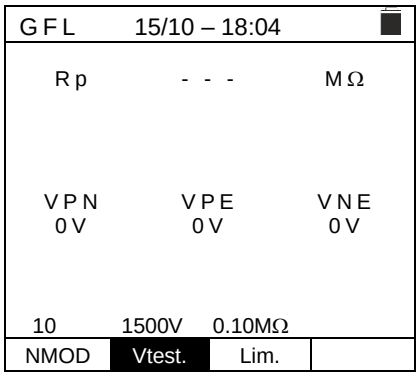
1. Posicione o cursor no item GFL usando as teclas (▲,▼) e confirme com **ENTER**. A imagem ao lado aparece no ecrã. A indicação "Rp" indica o paralelo das resistências de isolamento dos pólos positivo (+) e negativo (-) da string em teste



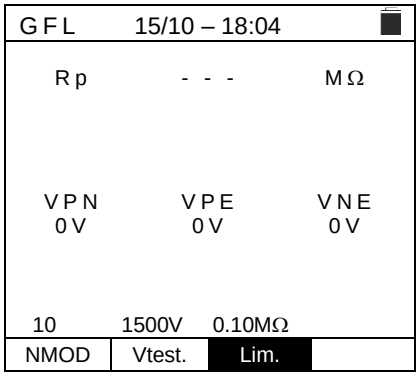
2. Usar a tecla ◀ ou ▶ para selecionar a posição "NMOD" para definir o número de módulos da string em teste
3. Usar as teclas (▲,▼) para selecionar um número de módulos entre: **4 ÷ 60**



4. Usar a tecla ◀ ou ▶ para selecionar a posição “Vtest” para definir a tensão de teste
5. Usar as teclas (▲,▼) para selecionar uma das seguintes tensões de teste (Vnom): **250, 500, 1000,1500 VCC**. **De acordo com as disposições da IEC/EN62446-1, é recomendado definir a tensão de teste Vtest ≥ Vnom do sistema**



6. Usar a tecla ◀ ou ▶ para selecionar a posição “**Lim.**”. A imagem ao lado aparece no ecrã.
7. Usar as teclas (▲,▼) definir o limite mínimo de referência para a medição de isolamento, selecionável entre os valores **0.05MΩ, 0.1MΩ, 0.23MΩ, 0.25MΩ, 0.50MΩ, 1.00MΩ**



ATENÇÃO

Os valores **0.25MΩ, 0.50MΩ, 1.00MΩ** estão disponíveis em **instrumentos com HW 02**

8. Ligue o instrumento ao string PV em teste, conforme mostrado em Fig. 8. **Lembre-se de que quaisquer pára-raios conectados aos cabos string também devem ser desconectados e que é aconselhável realizar a medição a montante de quaisquer diodos de bloqueio**

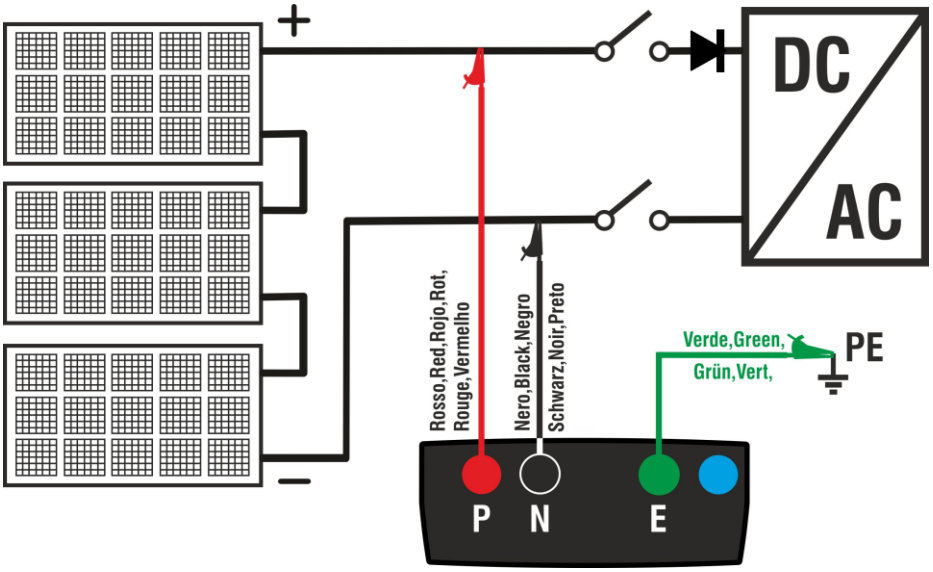
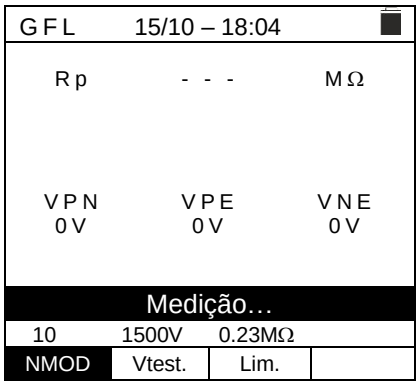


Fig. 8: Ligação de instrumento para medição de isolamento no modo GFL

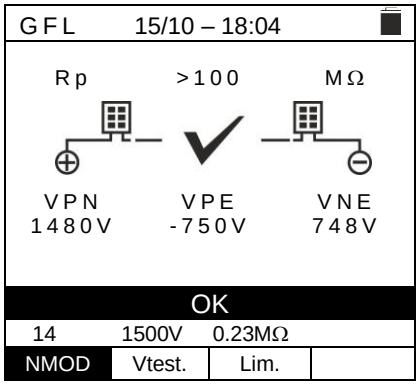
ATENÇÃO

- Quando a tecla **GO/STOP** é pressionada, o instrumento pode dar várias mensagens de erro (consulte § 6.2.3) e, por isso, não realize o teste. Verifique e elimine, se possível, as causas dos problemas antes de continuar com o teste
- A função GFL **deve ser utilizada** somente **<u>após ter realizado a medição de isolamento principal (teste DUAL)</u>** em módulos e/ou strings com resultados negativos

9. **<u>Pressione e segure a tecla GO / STOP por 2s</u>** para ativar o teste (medição de isolamento no modo DUAL). Se não houver condições de erro, o instrumento exibe a mensagem "**Medição...**" conforme mostrado na imagem ao lado



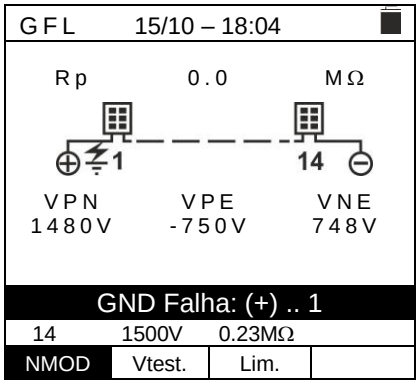
10. **<u>Na ausência de condições de falha (Rp≥Lim)</u>**, a indicação do instrumento mostra a imagem ao lado e a mensagem "**OK**" é exibida no ecrã
A condição "OK" também pode ocorrer na presença **<u>de mais de uma falha</u>** presente no string (destacada por um teste reprovado realizado anteriormente com a função DUAL), condição que torna **<u>ineficaz</u>** a função GFL



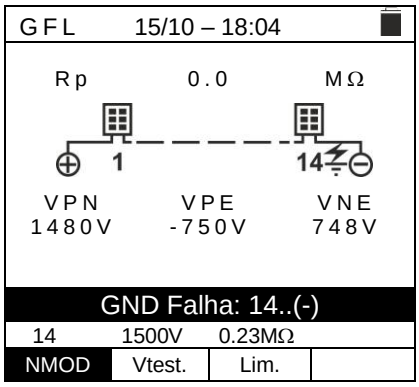
ATENÇÃO

Na presença de uma condição de falha verificada, a função GFL exibe:
- A posição do módulo defeituoso com tolerância **±1 módulo** por **NMOD ≤ 35**
- A posição do módulo defeituoso com tolerância **±3 módulo** por **NMOD > 35**
- **Recomenda-se** dividir a string em substrings **<u>com menor número de módulos</u>** para obter melhores resultados de teste

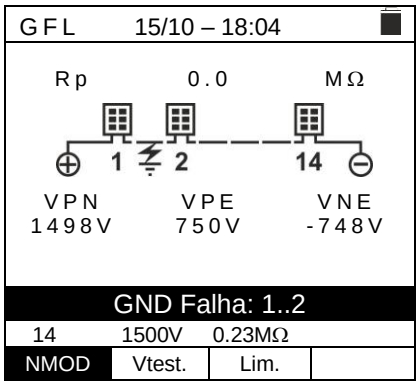
11. **<u>Na presença de uma falha (Rp <Lim) na posição 0 (a montante do primeiro módulo)</u>**, o instrumento mostra a imagem ao lado e a mensagem "**GND Falha: (+) .. 1"** no ecrã. Verifique o estado do isolamento do condutor (+) proveniente da corda



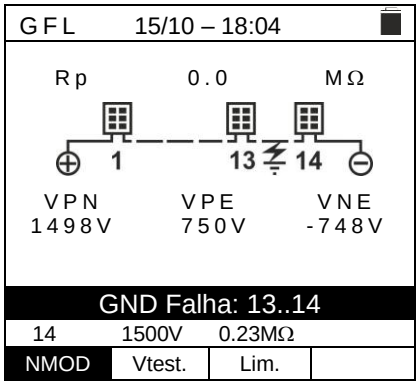
12. **<u>Na presença de uma falha (Rp<Lim) na posição NMOD + 1 (a jusante do último módulo)</u>**, o instrumento mostra a imagem ao lado e a mensagem "**GND Falha:NMOD..(-)**" no ecrã. Verifique o estado do isolamento do condutor (-) proveniente da corda



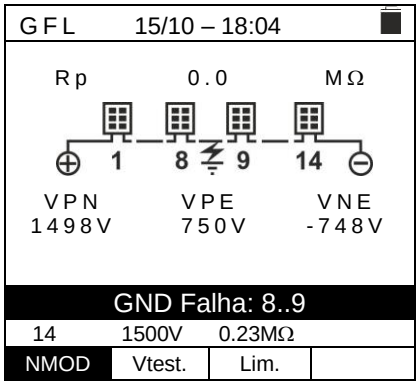
13. **<u>Na presença de uma falha (Rp <Lim) na posição 1 (entre o módulo 1 e o módulo 2)</u>**, o instrumento mostra a imagem ao lado e a mensagem " **GND Falha:1..2**" no ecrã. Verifique o estado de isolamento das caixas de junção dos módulos indicados (1 e 2 no exemplo) e cabos de conexão relacionados



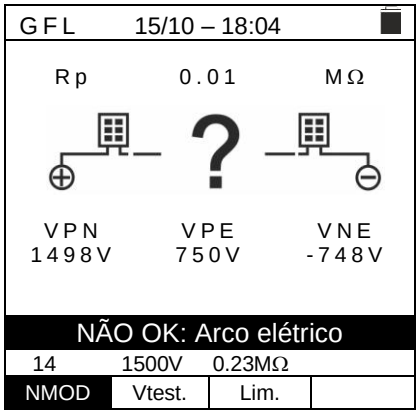
14. **<u>Na presença de uma falha (Rp<Lim) na posição NMOD (entre o penúltimo e o último módulo)</u>**, o instrumento mostra a imagem ao lado e a mensagem " **GND Falha: NMOD-1..NMOD**" no ecrã. Verifique o estado de isolamento das caixas de junção dos módulos indicados e cabos de conexão relacionados



15. **<u>Na presença de uma falha (Rp<Lim) dentro da corda</u>**, o instrumento mostra a imagem ao lado e a mensagem (relativa ao exemplo com NMOD = 14)" **GND Falha: 8..9**" no ecrã. Verifique o estado de isolamento das caixas de junção dos módulos indicados e cabos de conexão relacionados



16. **<u>Na presença de um possível arco elétrico em uma corda</u>**, o instrumento interrompe o teste e mostra a tela ao lado, pois não é possível nestas condições identificar a localização da falha. Verifique o isolamento dos módulos individuais e desligue os pára-raios



ATENÇÃO

Os resultados da função GFL não podem ser guardados na memória do instrumento

6.4. DMM – FUNÇÃO MULTÍMETRO

Nesta função o instrumento mostra os valores das tensões RMS (efetiva) e CC entre o pólo positivo (+) e o pólo (-), entre o pólo positivo (+) e a referência de terra e entre o pólo negativo (-) e a referência de terra para verificar a presença de componentes AC nas tensões de entrada.

1. Posicione o cursor no item DMM usando as teclas (▲,▼) e confirme com **ENTER**. A imagem ao lado aparece no ecrã

DMM	15/10 – 18:04	
VPNrms	0	V
VPErms	0	V
VNErms	0	V
VPNcc	0	V
VPEcc	0	V
VNEcc	0	V

2. Ligue o instrumento ao string FV em teste, conforme mostrado em Fig. 8

3. Os valores de tensão são mostrados no ecrã conforme mostrado na imagem ao lado

DMM	15/10 – 18:04	
VPNrms	1480	V
VPErms	750	V
VNErms	748	V
VPNcc	1420	V
VPEcc	720	V
VNEcc	-726	V

ATENÇÃO

Os resultados da função DMM não podem ser guardados na memória do instrumento

6.5. LISTA DE MENSAGENS DE ERRO DO ECRÃ

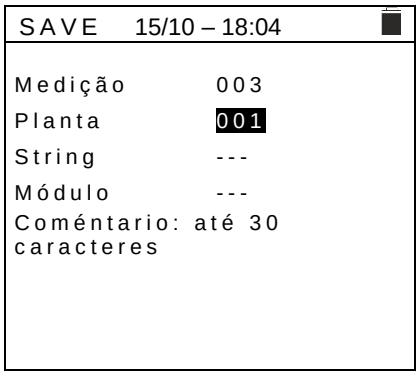
NÚMERO	MENSAGEM	DESCRIÇÃO	AÇÕES
1	Erro EEPROM	Erro interno	Envie instrumento para assistência
2	Erro ADP5587		
3	Erro Sistema Init		
4	Vtest nã correto	Carga resistiva muito baixa no isolamento	Controlo do Riso superior ao limite definido e possível nível de bateria fraca
5	Bateria fraca	Nível de bateria baixo	Substitua as baterias
6	Saida forçada	Interrupção forçada do teste com botão **STOP**	Repita o teste sem interromper a medição
7	V.Input > 1500VCC	Tensão muito elevada entre as entradas P e N no MΩ	Desligue o instrumento e verifique a tensão entre os pólos P e N da string
8	V.Input > 10VCA	Tensão CA detetada para além dos limites entre as entradas P e N no MΩ	Verifique se o string está desligado do inversor. Verifique se os cabos de ligação do string estão próximos dos cabos energizados existentes. Neste caso, desenergize estes cabos e/ou painéis de campo
9	V.Input < 30VCC	Tensão mínima para início do ensaio no MΩ muito baixa	Verifique se os módulos FV em teste cumprem os requisitos mínimos indicados no manual
10	V.Input > 3V	Tensão acima do limite detetada entre as entradas da função RPE	Verifique as ligações conforme indicado no manual do utilizador, verifique a tensão entre as entradas E e C, atualize o FW para a versão mais recente
11	Calibração NÃO OK	O instrumento não realiza a calibração da ponta na medição RPE	Verifique a continuidade dos cabos, verifique se estão regularmente em curto-circuito e se são originais HT
12	Tentar novamente	Dados medidos não fiáveis	Repita a medição considerando o manual do instruções
13	Aviso: Tensão Residual	Presença de tensão entre as pontas de prova no final do teste MΩ devido a elevadas capacitâncias parasitas	Tenha cuidado ao desligar os terminais de medição e siga os avisos no manual do instruções
14	Rcal > Rmed	O procedimento de reinicialização da resistência do cabo de teste na operação RPE falhou	Verifique a continuidade dos cabos, verifique se estão regularmente em curto-circuito e se são originais HT
15	Erro Memória Flash	Erro interno	Envie instrumento para assistência
16	Temp. Alta	Temperatura do circuito interno demasiado alta	Aguarde o arrefecimento dos circuitos antes de realizar novos testes
17	Ibatt muito alta	Erro interno	Envie instrumento para assistência
18	VPN > Vtest	Tensão da string superior à tensão de teste no teste MΩ	Selecione uma tensão de teste mais elevada no teste ISO
19	Verifique os fios	Tensão incorreta detetada nos terminais P-N-E	Verifique as ligações indicadas no manual do instruções
20	IGBT avariado	Erro interno	Envie instrumento para assistência

7. ARMAZENAMENTO DE RESULTADOS

O instrumento permite o armazenamento de até 999 resultados de medição. Os dados podem ser recuperados no ecrã, excluídos a qualquer momento e é possível associar na fase de guardar até um máximo de 3 níveis de marcadores numéricos de referência mnemônicos relacionados ao sistema, ao string e ao módulo PV (com um valor máximo de 250) . Para cada nível, estão disponíveis 20 nomes de marcadores que podem ser personalizados pelo utilizador ligando-se a um PC com o software de gestão fornecido. Também é possível inserir um comentário associado a cada medição.

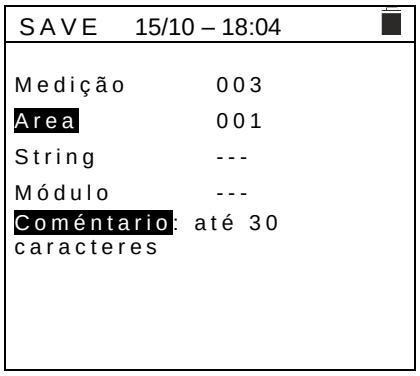
7.1. GUARDAR AS MEDIÇÕES

4. Pressione a tecla **SAVE/ENTER** com o resultado de medição presente no ecrã. A imagem ao lado é mostrada. Estão presentes:
   - O item “Medição” que identifica o primeiro local de memória disponível
   - O primeiro marcador (por exemplo: "Planta") ao qual é possível associar um valor numérico entre 1 ÷ 250
   - O segundo marcador (ex: "String") ao qual é possível associar um valor numérico entre 0 (- - -) ÷ 250
   - O terceiro marcador (ex: "Módulo") ao qual é possível associar um valor numérico entre 0 (- - -) ÷ 250
   - O item “Comentário” associado à medida em que é possível inserir um texto de até 30 caracteres



5. Usar a tecla ◀ ou ▶ para selecionar o marcador e as teclas (▲,▼) para alterar o rótulo do valor numérico associado (ex: "Área") daqueles disponíveis ou personalizáveis pelo utilizador (máximo de 20 nomes)

6. Selecionar o item “Comentário” e pressione a tecla **SAVE / ENTER** para inserir o texto desejado. A seguinte imagem com teclado virtual é mostrada no ecrã



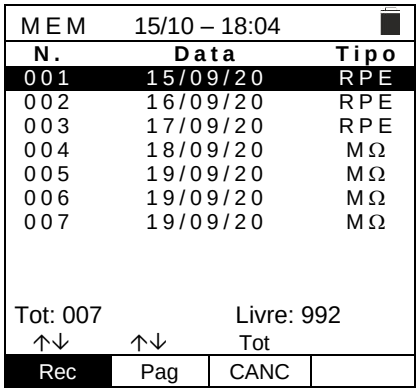
7. Usar a tecla ◀ ou ▶ para mover o cursor para a seleção do caractere e pressione a tecla **SAVE/ENTER** para a inserção
8. Mova o cursor para a posição “DEL” e pressione a tecla **SAVE/ENTER** para cancelar o caractere selecionado

9. Mova o cursor para a posição “END” e pressione a tecla **SAVE/ENTER** para confirmar o comentário escrito e voltar ao ecrã anterior

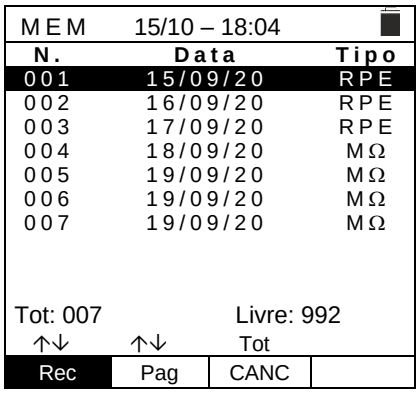
10. Pressione a tecla **SAVE/ENTER** para confirmar que guardou a medição ou **ESC/MENU** para sair sem guardar

7.2. RECUPERAÇÃO DE DADOS NO DISPOSITIVO E ELIMINAÇÃO DE MEMÓRIA

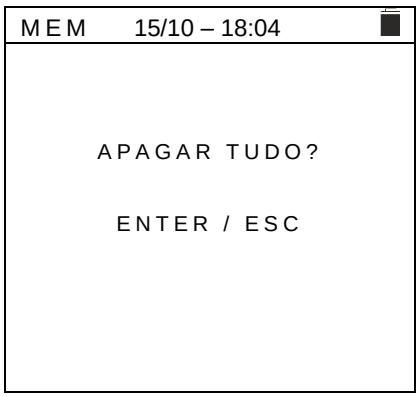
1. Posicione o cursor no item **MEM** utilizando as teclas (▲,▼) e confirme com **ENTER**. A imagem ao lado é exibida no ecrã. Na imagem estão presentes:
   - O número do local da memória onde a medição é guardada
   - A data em que a medição foi guardada
   - O tipo de medição guardada
   - O total de medições guardadas para cada imagem e a memória restante disponível



2. Usar as teclas (▲,▼)para selecionar o compasso a ser recuperado no dispositivo
3. Pressione a tecla **SAVE/ENTER** para ver a medição guardada no dispositivo. Premere il tasto **ESC/MENU** per tornare alla videata precedente
4. Usar a tecla ◀ ou ▶ para selecionar a opção "Página" e ir para a próxima imagem
5. Selecione a opção "CANC" para excluir todo o conteúdo da memória. A seguinte imagem é mostrada



6. Pressione a tecla **SAVE/ENTER** para confirmar a eliminação dos dados. A mensagem "**Memória vazia**" é mostrada no ecrã
7. Pressione a tecla **MENU/ESC** para sair e voltar ao menu geral



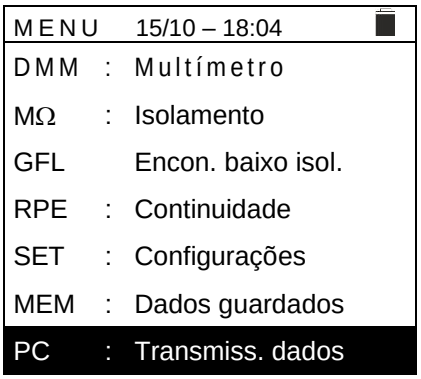
8. LIGAÇÃO DO INSTRUMENTO AO PC

ATENÇÃO

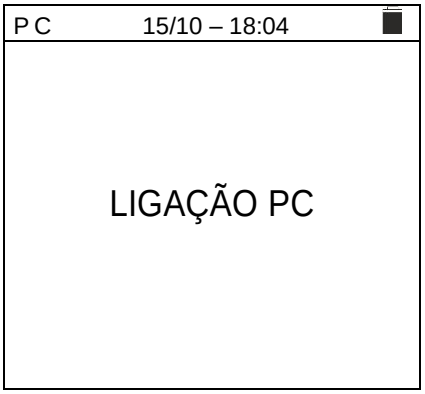
- A ligação entre o PC e o instrumento ocorre através do cabo C2006
- Para transferir dados para um PC, o SW de gestão e os drivers do cabo C2006 devem ser previamente instalados no próprio PC
- Antes de ligar, a porta usada e a taxa de transmissão correta (57600 bps) devem ser selecionadas no PC. Para definir esses parâmetros, inicie o software de gestão fornecido e consulte a HELP online do programa
- A porta selecionada não deve ser ocupada por outros dispositivos ou aplicativos, como mouse, modem, etc. Se necessário, feche os processos em execução a partir da função Gestor de Tarefas do Windows
- A porta ótica emite radiação LED invisível. Não observe diretamente com instrumentos óticos. Luminária LED Classe 1M de acordo com IEC / EN60825-1

Para transferir dados para o PC, siga o procedimento abaixo:

1. Ligue o instrumento pressionando a tecla **ON/OFF**
2. Ligue o instrumento ao PC usando o cabo ótico / USB C2006 fornecido
3. Pressione a tecla **ESC/MENU** para abrir o menu principal
4. Selecione com as teclas (▲,▼) a voz "**PC**" o item "PC" para entrar no modo de transferência de dados e confirmar com **SAVE/ENTER**



5. O instrumento indica a seguinte imagem:



6. Use os comandos do software de gestão para ativar a transferência de dados (consulte a HELP online do programa)

9. MANUTENÇÃO

9.1. GENERALIDADE

O instrumento que adquiriu é um instrumento de precisão. Durante a utilização e armazenamento, respeite as recomendações indicadas neste manual para evitar possíveis danos ou perigos durante a utilização. Não utilize o instrumento em ambientes com alta humidade ou alta temperatura. Não o exponha diretamente à luz solar. Desligue sempre o instrumento após a utilização. Se planeia não o utilizar por um longo período de tempo, remova as baterias para evitar que vazem líquidos que podem danificar os circuitos internos do instrumento

9.2. SUBSTITUIÇÃO DA BATERIA

Quando o símbolo de bateria fraca aparece no ecrã LCD "▯" ou quando durante um teste a mensagem "bateria fraca" aparecer no ecrã, substitua as baterias internas

ATENÇÃO
Apenas técnicos qualificados podem executar esta operação. Antes de fazer isso, certifique-se de ter removido todos os cabos dos terminais de entrada.

1. Desligue o instrumento pressionando continuamente o botão liga / desliga
2. Remova os cabos dos terminais de entrada
3. Desaparafuse o parafuso de fixação da tampa do compartimento da bateria e remova-o
4. Remova todas as baterias do compartimento da bateria e substitua apenas por todas as novas baterias do tipo correto (ver § 10.2.3) respeitando a polaridade indicada
5. Recoloque a tampa do compartimento da bateria e prenda-a com o parafuso apropriado
6. Não descarte baterias utilizadas no meio ambiente. Utilize os recipientes apropriados para descartar

9.3. LIMPEZA DO INSTRUMENTO

Para limpar o instrumento, utilize um pano macio e seco. Nunca utilize panos molhados, solventes, água, etc.

9.4. TEMPO DE VIDA

ATENÇÃO: o símbolo mostrado indica que o instrumento, os seus acessórios e baterias internas devem ser recolhidos separadamente e manuseados corretamente

10. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

10.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

A incerteza é calculada como ±[%leitura + (dgt*resolução)] a 23°C ± 5°C, <80%RH

Tensão CC

Campo [V]	Resolução [V]	Incerteza
3 ÷ 1500	1	±(1.0%leitura + 2dgt)

Tensão CA TRMS

Campo [V]	Resolução [V]	Incerteza
3 ÷ 1000	1	±(1.0%leitura + 3dgt)

Faixa de frequência: 42,5 ÷ 69 Hz; Reinicialização de tensão para valor medido <3V

Resistência de isolamento R(+), R(-), Rp (MΩ) – Modo DUAL

Tensão de teste CC [V]	Campo [MΩ]	Resolução [MΩ]	Incerteza (*)
250, 500, 1000, 1500	0.1 ÷ 0.99	0.01	±(5.0%leitura+5dgt)
	1.0 ÷ 19.9	0.1	
	20 ÷ 100	1	

(*) Incerteza declarada para VPN≥240V, Rfalha≥10Ω;. Incerteza de Rp e R(+) não declarada si R(+)≥0.2MΩ e R(-)<0.2MΩ→, Incerteza de Rp e R(-)não declarada si R(+) < 0.2MΩ e R(-) ≥ 0.2MΩ

Tensão sem carga <1.25 x tensão nominal de teste
Corrente de curto-circuito <15mA (pico) para cada tensão de teste
Corrente nominal de medição >1mA su R = 1kΩ x Vnom (com VPN, VPE, VNE= 0)
Capacidade gerida por pólo 1µF (**instrumento com HW 00, HW 01**); 2µF (**instrumento com HW 02**)

Resistência de isolamento (MΩ) – Modo TMR

Tensão de teste CC [V]	Campo [MΩ]	Resolução [MΩ]	Incerteza
250, 500, 1000, 1500	0.01 ÷ 9.99	0.01	±(5.0% leitura + 5dgt)
	10.0 ÷ 99.9	0.1	

Tensão sem carga <1.25 x tensão nominal de teste
Corrente de curto-circuito < 15mA (pico) para cada tensão de teste
Corrente nominal de medição > 1mA su R = 1kΩ x Vnom (con VPN, VPE, VNE= 0)
Cronómetro ajustável: 3s ÷ 999s

Continuidade de condutores de proteção (RPE)

Campo [Ω]	Resolução [Ω]	Incerteza
0.00 ÷ 9.99	0.01	±(2.0% leitura + 2dgt)
10.0 ÷ 99.9	0.1	
100 ÷ 1999	1	

Corrente de teste: >200mA CC até 5Ω (cabo incluído), resolução 1mA, incerteza ±(5.0%leitura + 5dígitos)
Tensão sem carga $4 < V_0 < 10V$

GFL – Ground Fault Locator

Tensão de teste CC [V]	Campo [MΩ]	Resolução [MΩ]	Incerteza Rp(*)	Incerteza posição
250, 500, 1000, 1500	0.1 ÷ 0.99	0.01	±(5.0%leitura + 5dgt)	±1módulo (NMOD≤35) ±3módulos (NMOD>35)
	1.0 ÷ 19.9	0.1		
	20 ÷ 100	1		

(*) Incerteza declarada para VPN≥240V, Rfalha≥10Ω;. Incerteza de Rp e R(+) não declarada si R(+)≥0.2MΩ e R(-)<0.2MΩ→, Incerteza de Rp e R(-)não declarada si R(+) < 0.2MΩ e R(-) ≥ 0.2MΩ

Tensão sem carga <1.25 x tensão nominal de teste
Corrente de curto-circuito <15mA (pico) para cada tensão de teste
Corrente nominal de medição >1mA su R = 1kΩ x Vnom (com VPN, VPE, VNE= 0)
Limite de medição configurável: 0.05MΩ, 0.1MΩ, 0.23MΩ (**instrumento com HW 00, HW01**)
0.05MΩ, 0.1MΩ, 0.23MΩ, 0.25MΩ, 0.50MΩ, 1.00MΩ (**instrumento com HW 02)**
Número de módulos configurável: 4 ÷ 60

A função GFL permite que obtenha resultados corretos **SOMENTE** nas seguintes condições:

- Teste realizado em uma única **string** desconectada do inversor, quaisquer descarregadores e conexões de aterramento funcionais
- **Falha única** de baixo isolamento a ocorrer em qualquer lugar da string
- Resistência de isolamento da falha única **<0.23MΩ** (**instrumento com HW 00, HW 01**); **<1.00MΩ** (**instrumento com HW 02**)
- Devido à natureza aleatória dessas falhas, é recomendado realizar as medições em condições ambientais semelhantes àquelas em que a falha foi relatada

10.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS

10.2.1. Regulamentos de referência

Segurança do instrumento:	IEC/EN61010-1, IEC/EN61010-2-030, IEC/EN61010-2-033, IEC/EN61010-2-034
EMC:	IEC/EN61326-1
Acessórios de medição de segurança:	IEC/EN61010-031
Geral:	IEC/EN62446-1
Medição MΩ:	IEC/EN61557-2
Medição RPE:	IEC/EN61557-4
Ambiente EMC de utilização:	portátil, Classe A, Grupo 1
Isolamento:	isolamento duplo
Grau de poluição:	2
Categoria de medição:	CAT III 1500V CC, CAT III 1000V CA, Max 1500VCC, 1000V CA entre as entradas

10.2.2. Ecrã e memória

Tipo ecrã:	Gráfico COG 128x128 pxl, retroiluminado
Dados armazenáveis:	máx 999 testes
Interface do PC:	Óptica/USB

10.2.3. Alimentação

Tipo de bateria:	6x1.5V alcalino tipo AA LR06 ou 6x1.2V recarregável NiMH tipo AA LR06
Indicação de bateria fraca:	símbolo “ ” mostrado no ecrã
Duração da bateria:	> 500 testes (para cada função)
Desligar automaticamente:	após 5 minutos sem utilização

10.2.4. Características mecânicas

Dimensão (C x L x A)	235 x 165 x 75mm
Peso (bateria incluída):	1.2kg
Proteção mecânica:	IP40

10.3. CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE UTILIZAÇÃO

Temperatura de referência:	23°C ± 5°C
Temperatura de utilização:	0°C ÷ 40°C
Humidade relativa permitida:	<80%RH
Temperatura de armazenamento:	-10°C ÷ 60°C
Humidade de armazenamento:	<80%RH
Altitude máxima de utilização:	2000m

Este instrumento está em conformidade com os requisitos da Diretiva Europeia de Baixa Tensão 2014/35/UE (LVD) e da Diretiva EMC 2014/30/UE
Este instrumento está em conformidade com os requisitos da diretiva europeia 2011/65 / EU (RoHS) e da diretiva europeia 2012/19 / UE (WEEE)

10.4. ACESSÓRIOS

Veja a lista de embalagem em anexo

ATENÇÃO

Só os acessórios fornecidos com o instrumento garantem as normas de segurança. Devem estar em bom estado e substituídos, se necessário, por modelos idênticos

11. APÊNDICE - NOTAS TEÓRICAS

11.1. INDICE DE POLARIZAÇÃO (PI)

O objetivo deste teste diagnóstico é avaliar a influência dos efeitos de polarização. Quando uma alta tensão é aplicada a um isolador, os dipolos elétricos distribuídos no isolador alinham-se na direção do campo elétrico aplicado. Este fenómeno é denominado polarização. Como resultado das moléculas polarizadas, uma corrente de polarização (absorção) é gerada, o que reduz o valor geral da resistência de isolamento.
O parâmetro PI consiste na relação entre o valor da resistência de isolamento medida após 1 minuto e após 10 minutos. A tensão de teste é mantida durante toda a duração do teste e, no final, o instrumento fornece o valor da relação:

$$PI = \frac{R\ (10\,min)}{R\ (1\,min)}$$

Alguns valores de referência:

Valor PI	Condição de isolamento
<1.0	Não aceitável
da 1.0 a 2.0	Perigoso
da 2.0 a 4.0	Bom
> 4.0	Excelente

11.2. RELAÇÃO DE ABSORÇÃO DIELÉTRICA (DAR)

O parâmetro DAR consiste na relação entre o valor da resistência de isolamento medida após 30s e após 1 minuto. A tensão de teste é mantida durante toda a duração do teste e no final o instrumento fornece o valor da relação:

$$DAR = \frac{R\ (1\,min)}{R\ (30s)}$$

Alguns valores de referência:

Valor DAR	Condição de isolamento
< 1.0	Não aceitável
da 1.0 a 1.25	Perigoso
da 1.25 a 1.6	Bom
> 1.6	Excelente

11.3. FUNÇÃO GFL – ASPECTOS TEÓRICOS E REFERÊNCIAS REGULATÓRIAS

A função GFL executada pelo instrumento em uma string de módulos fotovoltaicos (ver § 6.3) é capaz de:

- Identificar a presença de uma **única falha** no string desconectado do inversor, de outros strings, de quaisquer pára-raios e de conexões de aterramento funcionais
- Identifique a localização desta **única falta** dentro da string definindo um limite **mínimo** no controle de resistência de isolamento entre as opções: **0.05MΩ, 0.1MΩ** o **0.23MΩ** (recomendado)

ATENÇÃO
O limite mínimo na medição da resistência de isolamento inclui também os valores **0.25MΩ**, **0.50MΩ** e **1.00MΩ** apenas para instrumentos com **versão HW 02**

A pergunta que os verificadores frequentemente se fazem é a seguinte: **por que o instrumento reconhece, na função GFL, uma condição de falha na string que não excede o valor de 0.23MΩ (230kΩ) enquanto muitas vezes os sinais de alarme de baixo isolamento do inversores também ocorrem (dependendo do fabricante) para valores maiores?**

A resposta a esta questão é: **depende do contexto regulatório em que as medidas de isolamento na corda devem ser realizadas**. Em particular, existe um "contraste" entre os regulamento de verificação para instalações fotovoltaicas (IEC/EN62446-1) e os regulamentos de produtos com os quais os módulos fotovoltaicos são construídos (IEC 61646 e IEC 61215) que definem o seguinte limites de verificação:

- IEC/EN62446-1 → limite mínimo de isolamento = **1MΩ**
- IEC61646/IEC61215 → isolamento mínimo de um único módulo igual a **40MΩ/m²** portanto para um módulo típico de aproximadamente 2m² → isolamento mínimo de aproximadamente **20MΩ**. Portanto, um único módulo fotovoltaico com isolamento de aterramento de **20MΩ** deve ser considerado como um módulo que atende aos testes de tipo, ou seja, "não defeituoso".

Para fixar ideias sobre a situação presente no campo, referimo-nos ao seguinte exemplo: consideremos um string composto por **31 módulos fotovoltaicos**, cada um com um isolamento à terra de 20MΩ. O isolamento "geral" da corda é, portanto, dado pelo paralelo dos 31 resistores, ou seja, 20MΩ/31 = **0.64MΩ**

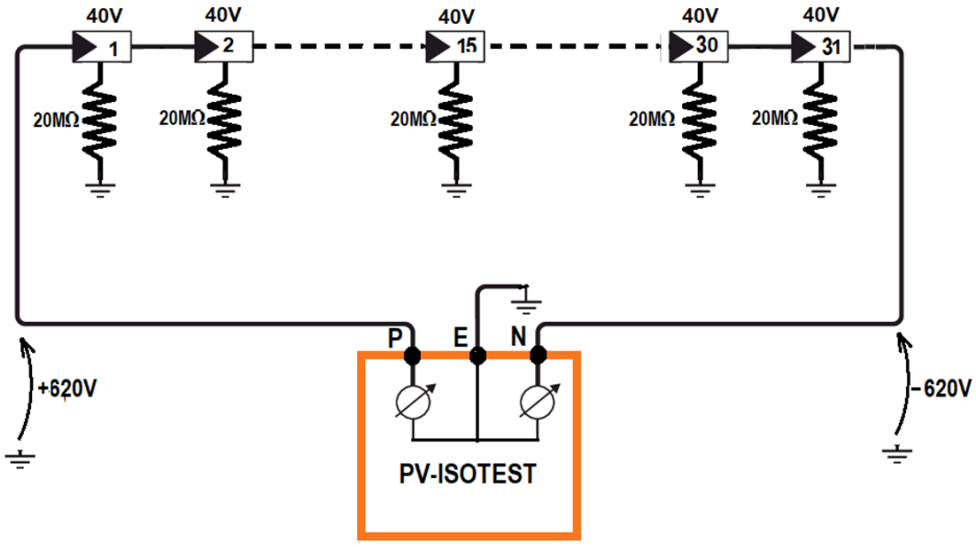


Fig. 9: Exemplo de uso da função GFL

Este valor de isolamento, medido pelo instrumento PV-ISOTEST, seria aceitável de acordo com as normas de produtos de módulos fotovoltaicos, mas contrasta com a norma de verificação IEC/EN62446-1 que prevê um isolamento mínimo de **1MΩ**

Esta "diferença" regulatória é conhecida pelos fabricantes de inversores que de fato tornam o valor mínimo permitido para isolamento (normalmente) configurável e sugerem aproximadamente 100kΩ = 0.1MΩ como o valor abaixo do qual o inversor trava (este valor depende dos fabricantes, por exemplo SMA "sugere" 200kΩ)

Se fosse decidido aceitar um valor limite mínimo de 1MΩ, **isso tornaria crítica a localização da falta**

Na verdade, no exemplo relatado anteriormente, como nenhum dos módulos fotovoltaicos está realmente defeituoso, os potenciais dos pólos positivo e negativo são substancialmente simétricos em relação à terra (+620V e -620V), portanto o instrumento detectaria erroneamente uma "falha " em um módulo com resistência de isolamento igual a 0.64MΩ, cuja posição é calculada da seguinte forma (**de acordo com os requisitos da IEC/EN62446-1**):

Localização da falha = VT / Vmod

No qual:
- VT = **valor mínimo entre VPE e VEN**
- Vmod = tensão de um único módulo

Portanto: Loc. Falha = 620/40 = 15,5 (**próximo ao 15º módulo da string**)

Na realidade, o referido módulo, por hipótese, não apresenta nenhum defeito e, testado individualmente, apresentaria, como todos os demais módulos, um isolamento à terra igual a 20MΩ

O maior valor limite mínimo permitido pelo instrumento, igual a 230kΩ = 0.23MΩ representa portanto o **valor máximo razoável que nos permite assumir a presença de uma ÚNICA falha real de isolamento em relação à terra** (que é a principal hipótese em que se baseia o procedimento indicado pela norma IEC/EN62446 ao qual a função GFL do instrumento PV-ISOTEST está em conformidade).

11.4. FUNÇÕES DUAL E TMR – INFORMAÇÕES TÉCNICAS

As funções DUAL e TMR são as duas formas pelas quais o instrumento PV-ISOTEST realiza medições de isolamento em instalações fotovoltaicas. Em particular:

- **Modo DUAL** → permite realizar a medição de isolamento em módulos individuais, em strings individuais, em strings em paralelo e em campos fotovoltaicos inteiros operando nos pólos (+) e (-) dos mesmos, **sem a necessidade de conectá-los em curto circuito**. A função garante uma redução drástica nos tempos de teste, flexibilidade e confirmação imediata do estado de isolamento de ambas as polaridades, mas por outro lado deve **sempre reconhecer a presença de uma tensão entre os pólos positivo e negativo VPN > 30VCC** para poder realizar o teste → isso significa que esta função **NÃO PODE ser usada diretamente na presença de otimizadores de poténcia** (a menos que sejam desconectados previamente), pois eles reduziriam drasticamente a tensão da string

- **Modo TMR** → permite realizar a medição de isolamento "típica" entre o pólo (-) e/ou o pólo (+) do módulo fotovoltaico/string/campo à terra, testar o isolamento dos cabos de ligação, peças do inversor, segurança eletricidade **em geral de forma contínua, configurando um temporizador de medição na faixa de 3s ÷ 999s sem qualquer restrição de tensão necessariamente presente entre os pólos** (como acontece no modo DUAL) → O método requer necessariamente a realização de mais mais de uma medida em cordas, mas é **recomendada na presença de otimizadores de potência**

11.4.1. Aspectos regulatórios e teóricos da medição de isolamento

A norma IEC/EN62446-1 indica que a medição do isolamento dos circuitos associados a um sistema fotovoltaico (módulos individuais, strings, campos fotovoltaicos, conexões, etc...) deve ser realizada **avaliando sempre o valor mínimo da resistência,** com um dos seguintes métodos:

1. Medição da resistência de isolamento à terra dos pólos positivo e negativo dos módulos/strings/campos fotovoltaicos (**método utilizado no modo TMR e mais precisamente no modo DUAL do PVCHECKs-PRO e PV-ISOTEST**)
2. Medição da resistência de isolamento à terra dos pólos positivo e negativo previamente curto-circuitados **(método utilizado pelo modelo PVCHECKs**)

Método 1

Mesmo que os sistemas fotovoltaicos sejam essencialmente criados como **sistemas IT** (portanto, não tendo um sistema de aterramento fisicamente criado), tensões de perturbação aleatórias devido a parâmetros "parasitas" estão sempre presentes entre os pólos (+) / Terra e (-) / Terra (normalmente efeitos ôhmicos capacitivos) indicados como **Vop** e **Von** no seguinte diagrama principal (ver Fig. 10 - parte esquerda):

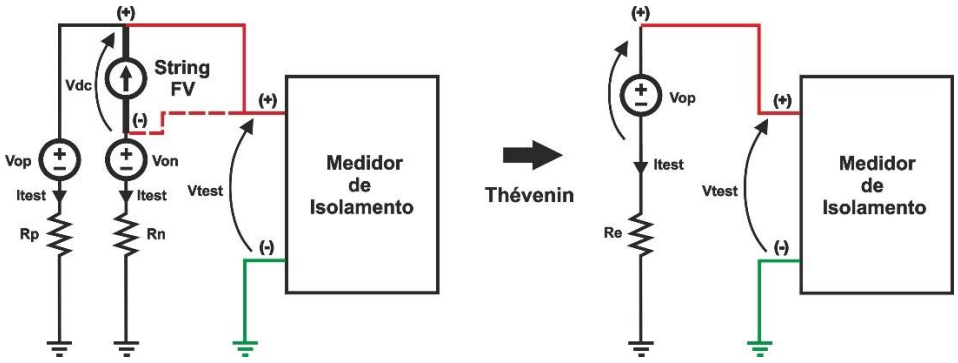


Fig. 10: Diagrama e circuito equivalente do Método 1

No qual:

- Vtest = Tensão de teste do medidor de isolamento
- Itest = Corrente de teste fornecida como resultado da tensão de teste aplicada
- Vdc = Tensão da string
- Rp = Resistência de isolamento do pólo (+) à terra
- Rn = Resistência de isolamento do pólo (-) à terra
- Vop = Tensão "parasita" aleatória do pólo (+) à terra
- Von = Tensão "parasita" aleatória do pólo (-) à terra

As tensões de perturbação Vop e Von dependem de vários fatores, incluindo a tensão do string, as condições ambientais e a presença do próprio instrumento e podem influenciar significativamente a medição do isolamento.

Aplicando a regra de simplificação segundo Thévenin é possível referir-se ao circuito equivalente (ver Fig. 10 - parte direita), referindo-se por exemplo ao pólo (+) da corda:

No qual:

Re = Rp // Rn = $\frac{Rp * Rn}{Rp+Rn}$; Itest = $\frac{(Vtest-Vop)}{Re}$; Vop = Vdc $\frac{Rp}{Rp+Rn}$

Vamos considerar o seguinte exemplo:

- Vtest = 500VDC
- Rp = 10MΩ → Isolamento supostamente correto (**>1MΩ**) no pólo (+)
- Rn = **0.1MΩ** → Isolamento supostamente incorreto (<**1MΩ**) no pólo (-)
- Vdc = 490VCC
- Vop ≅ 490V
- Re ≅ **0.1MΩ**
- Itest ≅ **100µA**

O medidor de isolamento (modo TMR) mede Vtest e Itest e calcula a seguinte resistência de isolamento:

$Re_{EFF} = \frac{Vtest}{Itest} = \frac{500V}{100\mu A} = \mathbf{5M\Omega}$

Portanto, **devido à presença de Vop**, apesar de possuir baixo isolamento no pólo (-), o instrumento fornece um valor **NÃO correto** de bom isolamento na medição realizada no pólo (+) → **a medição com o Método 1 pode, portanto, ser afetada por um erro que depende da magnitude das tensões de perturbação**

O modo DUAL (**atualmente presente apenas em instrumentos HT**) sempre se enquadra no tipo de Método 1, mas utiliza equações de cálculo mais complexas (não baseadas na simples Lei de Ohm) que levam em consideração os efeitos das tensões de perturbação, **NÃO é afetado por estas erros** e fornece sempre correta exclusivamente as seguintes informações:

- Resistência de isolamento do pólo R (+) à terra
- Resistência de isolamento do pólo R (-) à terra
- Resistência **Rp = R (+) // R (-)** do paralelo entre as resistências de isolamento dos dois pólos que é utilizado como valor de referência para comparação com o valor limite mínimo (**normalmente 1MΩ**)

Método 2

Este método (ver Fig. 11) envolve o fechamento de curto-circuito (através de um dispositivo de segurança especial) dos dois pólos (+) e (-) **para eliminar a tensão perturbadora Vo** e então realizar uma medição "clássica" da resistência de isolamento entre o ponto comum dos pólos em curto e aterrado

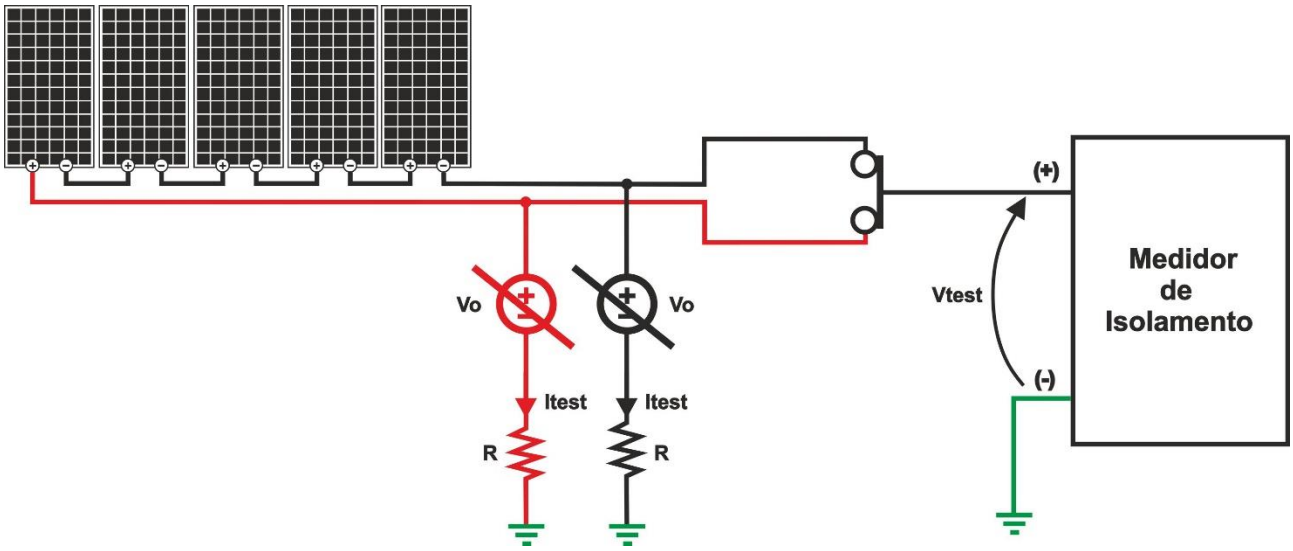


Fig. 11: Diagrama e circuito equivalente do Método 2

As desvantagens deste método (usado pelo modelo PVCHECKs que automaticamente coloca em curto os pólos da corda internamente) são as seguintes:

- As resisténcias de isolamento dos dois pólos estão em paralelo → o instrumento sempre atua e fornece apenas a medição deste Rp, portanto, **não é possível** destacar o pólo em que hà problema de isolamento baixo
- É possível testar APENAS uma string por vez para não atingir valores de corrente de curto-circuito muito altos que podem danificar o instrumento (máx. 15A para PVCHECKs)

12. ASSISTÊNCIA

12.1. CONDIÇÕES DE GARANTIA

Este instrumento está garantido contra qualquer defeito de material e fabricação, de acordo com as condições gerais de venda. Durante o período de garantia, as peças defeituosas podem ser substituídas, mas ao fabricante reserva-se o direito de reparar ou substituir o produto. Se o instrumento for devolvido ao serviço pós-venda ou a um revendedor, o transporte é cobrado ao cliente. O envio deve, em qualquer caso, ser previamente combinado. Uma nota explicativa sobre os motivos do envio do instrumento deve sempre acompanhar o envio. Para envio, use apenas a embalagem original; quaisquer danos causados pelo uso de embalagens não originais serão cobrados do cliente. O fabricante declina qualquer responsabilidade por danos causados a pessoas ou objetos.

A garantia não se aplica nos seguintes casos:

- Reparo e / ou substituição de acessórios e bateria (não coberto pela garantia).
- Reparos que se tornam necessários devido ao uso incorreto do instrumento ou ao seu uso com instrumento incompatível.
- Reparos que se tornam necessários devido a embalagem inadequada.
- Reparos que se tornam necessários devido a intervenções realizadas por pessoal não autorizado.
- Modificações feitas no instrumento sem autorização explícita do fabricante.
- Uso não contemplado nas especificações do instrumento ou no manual do utilizador.

O conteúdo deste manual não pode ser reproduzido de nenhuma forma sem a autorização do fabricante.

Os nossos produtos são patenteados e marcas registadas. O fabricante reserva-se ao direito de fazer alterações nas especificações e preços se isso for devido a melhorias tecnológicas

12.2. ASSISTÊNCIA

Se o instrumento não funcionar corretamente, antes de entrar em contato com o serviço de pós-venda, verifique o estado das baterias e dos cabos e substitua-os se necessário. Se o instrumento continuar a apresentar mau funcionamento, verifique se o procedimento de utilização está de acordo com o indicado neste manual. Se o instrumento tiver que ser devolvido ao serviço pós-venda ou a um revendedor, o transporte é cobrado do cliente. O envio deve, em qualquer caso, ser previamente combinado. Uma nota explicativa sobre os motivos do envio do instrumento deve sempre acompanhar o envio. Para envio, use apenas a embalagem original; qualquer dano causado pelo uso de embalagem não original será cobrado do cliente

HT ITALIA SRL
Via della Boaria, 40
48018 – Faenza (RA) – Italy
T +39 0546 621002 | **F** +39 0546 621144
M ht@ht-instruments.com | **www.ht-instruments.it**

WHERE WE ARE

HT INSTRUMENTS SL
C/ Legalitat, 89
08024 Barcelona – Spain
T +34 93 408 17 77 | **F** +34 93 408 36 30
M info@htinstruments.es | **www.ht-instruments.com/es-es/**

HT INSTRUMENTS GmbH
Am Waldfriedhof 1b
D-41352 Korschenbroich – Germany
T +49 (0) 2161 564 581 | **F** +49 (0) 2161 564 583
M info@ht-instruments.de | **www.ht-instruments.de**