



FLUKE®

**Princípios,
métodos de teste
e aplicações**

Diagnóstico de problemas
elétricos intermitentes

Redução de tempo de
parada desnecessário

Princípios de segurança
de aterramento

**Resistência do
aterramento**



Por que aterrar, por que testar?

Por que aterrar?

O aterramento inadequado resulta em tempo de parada desnecessário, mas além disso é perigoso e aumenta o risco da ocorrência de falhas nos equipamentos.

Sem um sistema de aterramento eficaz, existe risco de choque elétrico, além de risco de erros nos instrumentos, problemas de distorção harmônica, problemas relacionados ao fator de potência e uma série de outras possíveis complicações. Se as correntes de fuga não tiverem um caminho para descarga na terra através de um sistema de aterramento devidamente projetado e mantido, elas encontrarão outros caminhos não planejados, que podem incluir a passagem por uma pessoa. A fim de garantir a segurança, as seguintes organizações estabeleceram recomendações e normas:

- OSHA (Órgão nacional de segurança ocupacional e saúde; EUA)
- NFPA (Associação nacional de proteção contra incêndio; EUA)
- ANSI/ISA (Instituto americano de padrões nacionais e Sociedade americana de instrumentos)
- TIA (Associação das indústrias de telecomunicação)
- IEC (International Electrotechnical Commission – Comissão eletrotécnica internacional)
- CENELEC (Comitê Europeu de Normalização Eletrotécnica)
- IEEE (Instituto de engenheiros elétricos e eletrônicos; EUA)

Contudo, o bom aterramento não tem apenas a função de proporcionar segurança; ele também impede a ocorrência de danos a equipamentos e instalações industriais. Um bom sistema de aterramento aumenta o grau de confiabilidade do equipamento e reduz a probabilidade de danos devidos a raios ou correntes de fuga. Todo ano há um prejuízo de bilhões de dólares devido a incêndios causados por problemas elétricos nas instalações de trabalho. Isso sem contar os custos dos litígios relacionados e a perda de produtividade individual e empresarial.

Por que testar os sistemas de aterramento?

Ao longo do tempo, solos corrosivos com alto teor de umidade, alto teor de sal e altas temperaturas deterioram as hastes de aterramento e as conexões. Assim, embora o sistema de aterramento instalado inicialmente possa ter apresentado valores baixos de resistência à terra, a resistência pode aumentar se as hastes de aterramento se deteriorarem.

Testadores de aterramento como o Fluke 1623 e o 1625 são ferramentas indispensáveis para a identificação e solução de problemas a fim de evitar paradas do sistema. Quando ocorrem problemas elétricos intermitentes, o que pode ser muito frustrante, a causa pode se relacionar ao aterramento inadequado ou à má qualidade da energia.

Por isso, é enfaticamente recomendado que todos os aterramentos e ligações à terra sejam inspecionados pelo menos uma vez por ano, como parte rotineira do plano de manutenção prognóstica (preditiva). Durante essas inspeções periódicas, se houver aumento de resistência acima de 20 %, o técnico deve averiguar a origem do problema e tomar as medidas necessárias para corrigi-lo de modo a baixar a resistência, o que pode ser feito substituindo-se ou acrescentando-se hastes de aterramento no sistema.

O que é um aterramento e o que ele faz?

O NEC (National Electrical Code – Código elétrico nacional dos EUA), Artigo 100, define aterramento da seguinte forma: “conexão condutora, seja ela intencional ou acidental, entre um equipamento ou circuito elétrico e a terra, ou a um corpo condutor em vez da terra.” Ao falarmos sobre aterramento, existem dois aspectos distintos: ligação à terra e aterramento de equipamentos. O terra de segurança é uma ligação intencional de um condutor de circuito, em geral o neutro, a um eletrodo de

Índice

aterramento colocado na terra. O aterramento de equipamento assegura que o equipamento operacional contido em uma estrutura esteja corretamente ligado à terra. Esses dois sistemas de aterramento precisam ser separados, embora interconectados. Isso impede que ocorram diferenças de potencial de tensão em caso de descargas disruptivas por queda de raios. A finalidade do aterramento, além de proteger as pessoas, as instalações e os equipamentos, é servir como percurso seguro para a dissipação das correntes de fuga, raios, descargas estáticas, sinais e interferência de EMI e RFI.

Qual é um bom valor de resistência de aterramento?

Há muita confusão quanto ao que constitui um bom aterramento e que valores de resistência de aterramento são necessários. Idealmente, o aterramento deve apresentar zero ohm de resistência.

Não existe nenhum limiar padrão de resistência que seja reconhecido por todos os órgãos. Contudo, a NFPA e a IEEE recomendam o valor máximo de resistência de aterramento de 5,0 ohms.

A NEC recomenda o seguinte: "Assegure que a impedância do sistema à terra seja menos do que os 25 ohms especificados na norma NEC 250.56. Em instalações com equipamentos sensíveis, esse valor deve ser no máximo 5,0 ohms."

O setor de telecomunicações frequentemente usa o valor máximo de 5,0 ohms como valor de aterramento e ligação.

O objetivo, no que se refere à resistência de aterramento, é conseguir obter o valor mais baixo possível, considerando-se os fatores econômicos e físicos.



Por que testar? Solos corrosivos.



Por que aterrar? Raios.



Use o Fluke 1625 para examinar o estado dos sistemas de aterramento.



2

Por que aterrar?
Por que testar?

4

Noções básicas
sobre aterramento

6

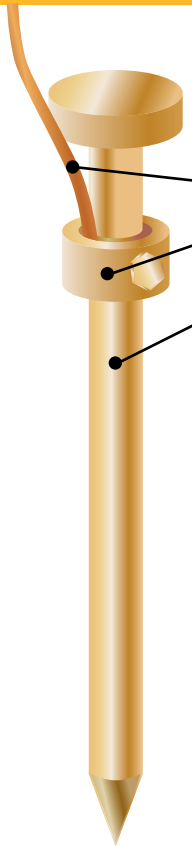
Métodos de testes
de aterramento

12

Medição da
resistência da terra

Noções básicas sobre aterramento

Componentes de eletrodo de aterramento

- 
- Condutor terra
 - A conexão entre o condutor terra e o eletrodo de aterramento
 - Eletrodo de aterramento

Localização das resistências

(a) O eletrodo de aterramento e suas conexões

A resistência do eletrodo de aterramento e das respectivas conexões em geral é muito baixa. Geralmente, as hastes de aterramento são fabricadas em material altamente condutor, de baixa resistência, como aço ou cobre.

(b) A resistência de contato da terra ao redor do eletrodo

O National Institute of Standards (órgão governamental do Department of Commerce dos EUA) demonstrou que essa resistência é praticamente negligenciável se o eletrodo de aterramento não tiver revestimento em tinta, graxa etc.; e se ele se encontra em contato seguro com a terra.

(c) A resistência da massa de terra circundante

O eletrodo de aterramento é circundado por terra; conceitualmente, a terra é formada por camadas concêntricas de mesma espessura. As camadas mais próximas ao eletrodo de aterramento são as menores, em termos de área, o que produz um maior grau de resistência. Cada camada subsequente tem uma área um pouco maior, produzindo menor resistência. Finalmente, é atingido um ponto em que as camadas apresentam pouca resistência à terra ao redor do eletrodo de aterramento.

Assim, com base nessa informação, ao instalar sistemas de aterramento, devemos nos concentrar em como reduzir a resistência da terra.

O que afeta a resistência da terra?

Em primeiro lugar, a regulamentação da NEC (1987, 250-83-3) requer que pelo menos 2,5 metros de comprimento (8 pés) do eletrodo de aterramento esteja em contato com o solo. Quatro variáveis afetam a resistência de um sistema de aterramento:

1. Comprimento/profundidade do eletrodo de aterramento
2. Diâmetro do eletrodo de aterramento
3. Número de eletrodos de aterramento
4. Projeto do sistema de aterramento

Comprimento/profundidade do eletrodo de aterramento

Uma maneira muito eficaz de baixar a resistência da terra é cravar os eletrodos de aterramento em uma profundidade maior. A resistividade do solo não é uniforme, e pode ser muito imprevisível. Ao instalar o eletrodo de aterramento, é de importância crítica que ele fique abaixo da linha de geada. Isso é necessário para que a resistência à terra não seja muito afetada pelo congelamento do solo circundante.

Geralmente, dobrar o comprimento do eletrodo de aterramento reduz o nível de resistência em mais 40 %. Em certas situações é fisicamente impossível cravar as hastes na profundidade desejada, como, por exemplo, em áreas em que o solo é composto de pedra, granito, etc. Nessas situações podem ser usados métodos alternativos, inclusive cimento em contato direto com a terra.

Diâmetro do eletrodo de aterramento

O aumento no diâmetro do eletrodo de aterramento não tem muito efeito em termos de diminuir a resistência. Por exemplo, ao se dobrar o tamanho do diâmetro de um eletrodo de aterramento, a resistência diminui em apenas 10 %.

Número de eletrodos de aterramento

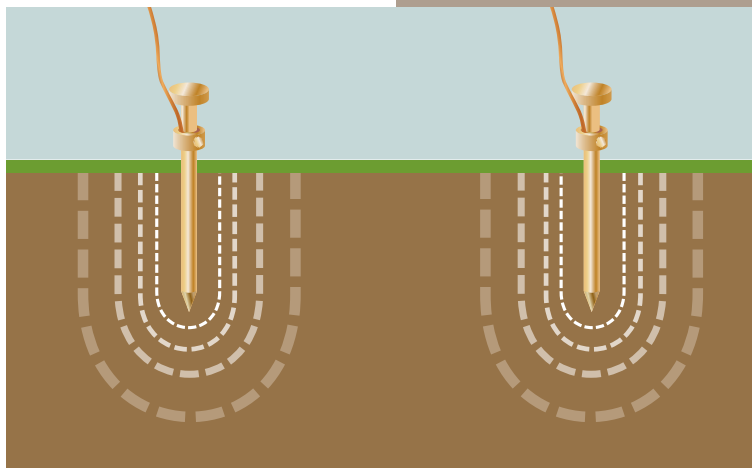
Outra maneira de diminuir a resistência da terra é usar vários eletrodos de aterramento. Nesse tipo de projeto, mais de um eletrodo são cravados no solo e conectados em paralelo a fim de reduzir a resistência. Para que os eletrodos adicionais tenham efeito, o espaçamento das hastes adicionais precisa pelo menos equivaler à profundidade da haste cravada. Se não for usado o espaçamento certo entre os eletrodos, as respectivas esferas de influência se intersectarão e a resistência não diminuirá.

Use a tabela das resistências de aterramento, a seguir, como referência na instalação de hastes de aterramento que estejam de acordo com necessidades específicas relacionadas à resistência. Lembre-se de que essa tabela só deve ser usada como referência geral, pois é necessário sempre levar em conta o fato de que o solo é composto de camadas que raramente são homogêneas. Os valores de resistência variam muito.

Projeto do sistema de aterramento

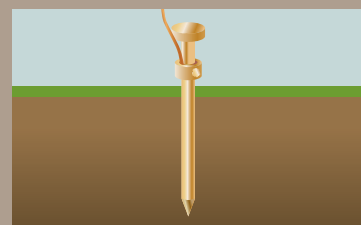
Os sistemas de aterramentos simples consistem de um único eletrodo de aterramento cravado no solo. O uso de um único eletrodo de aterramento é a forma mais comum de aterramento, e pode ser encontrada na parte externa que circunda qualquer residência ou edificação comercial. Os sistemas de aterramento complexos consistem de várias hastes de aterramento, redes de grades ou malhas conectadas, placas e loops de aterramento. Esses sistemas normalmente são instalados em subestações de geração de energia, centrais de comutação e áreas de torres de telefonia celular.

As redes complexas aumentam drasticamente a quantidade de contato com o solo circundante e, assim, baixam a resistência.

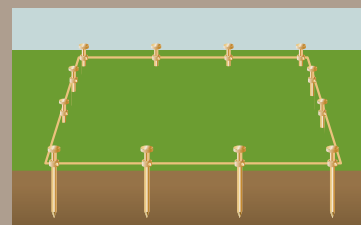


Cada eletrodo de aterramento tem sua própria 'esfera de influência'.

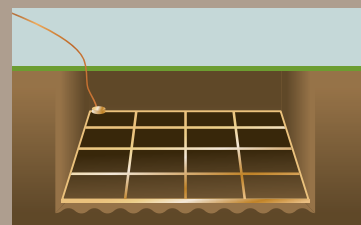
Sistemas de aterramento



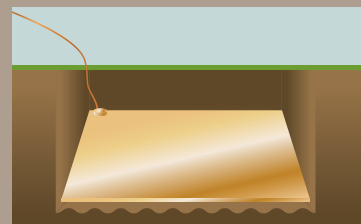
Eletrodo de aterramento individual.



Vários eletrodos de aterramento interligados.



Malha de aterramento.



Placa de aterramento.

Tipo de solo	Resistividade do solo R_E	Resistência de aterramento					
		Profundidade do eletrodo de aterramento (metros)			Barra de aterramento (metros)		
	ΩM	3	6	10	5	10	20
Solo muito úmido, pantanoso	30	10	5	3	12	6	3
Solo de cultivo, solo margoso, argiloso	100	33	17	10	40	20	10
Solo de argila arenosa	150	50	25	15	60	30	15
Solo arenoso úmido	300	66	33	20	80	40	20
Concreto 1:5	400	-	-	-	160	80	40
Cascalho molhado	500	160	80	48	200	100	50
Solo arenoso seco	1000	330	165	100	400	200	100
Cascalho seco	1000	330	165	100	400	200	100
Solo pedregulhoso	30.000	1000	500	300	1200	600	300
Pedra	10^7	-	-	-	-	-	-

Quais são os métodos de teste de aterramento?

Existem quatro tipos de teste de aterramento:

- **Resistividade do solo** (com estacas)
- **Queda de potencial** (com estacas)
- **Seletivo** (com 1 alicate e estacas)
- **Sem estacas** (apenas com 2 alicates)

Medição da resistividade do solo

Por que é necessário determinar a resistividade do solo?

A resistividade do solo é muito importante na hora de projetar o sistema de aterramento de novas instalações para atender os requisitos referentes à resistência do solo. Idealmente, se procuraria o local com a resistência mais baixa. Mas conforme mencionamos anteriormente, as condições inadequadas do solo podem superar mesmo os sistemas de aterramento mais sofisticados.

A composição do solo, o teor de umidade e a temperatura são fatores que afetam a resistividade. Raramente o solo é homogêneo; a resistividade varia geograficamente e conforme a profundidade nos diversos tipos de solos. O teor de umidade muda com as estações do ano, com o tipo de subcamadas da terra, e com a profundidade dos lençóis de água. Como o solo e a água geralmente são mais estáveis nos extratos mais profundos, recomenda-se colocar as hastes de aterramento na profundidade máxima, se possível na profundidade do lençol de água. Além disso, as hastes de aterramento devem ser instaladas onde a temperatura seja estável, isto é, abaixo da linha de geada.

Para o sistema de aterramento ser eficaz, ele precisa ser projetado para tolerar as piores condições possíveis.

Como se calcula a resistividade do solo?

O procedimento descrito a seguir usa o método de Wenner, e aceitação mundial, desenvolvido pelo Dr. Frank Wenner do US Bureau of Standards in 1915. (F. Wenner, Método de medição da resistividade da terra; Bull, National Bureau of Standards, Bull 12(4) 258, p. 478-496; 1915/16.)

A fórmula é a seguinte:

$$\rho = 2 \pi A R$$

(ρ = a resistividade média do solo até a profundidade
A em ohm-cm)

$$\pi = 3,1416$$

A = a distância entre os eletrodos, em cm

R = o valor de resistência medido pelo instrumento de teste, em ohms

Obs.: Dividir ohm-centímetros por 100 para converter ohm-metros. Preste atenção nas unidades usadas.

Exemplo: Suponhamos que você resolveu instalar hastes de aterramento de 1 metro de comprimento como parte do seu sistema de aterramento. Para medir a resistividade do solo a uma profundidade de 1 metro, falamos no espaçamento entre os eletrodos de teste de 3 metros.

Para medir a resistividade do solo, inicie o Fluke 1625 e veja qual é o valor da resistência em ohms. Nesse caso, vamos supor que a resistência é 100 ohms. Então sabemos o seguinte:

$$A = 1 \text{ metro}$$

$$R = 100 \text{ ohms}$$

Então, a resistividade do solo seria igual a:

$$\rho = 2 \times \pi \times A \times R$$

$$\rho = 2 \times 3,1416 \times 1 \text{ metro} \times 100 \text{ ohms}$$

$$\rho = 628 \Omega\text{m}$$

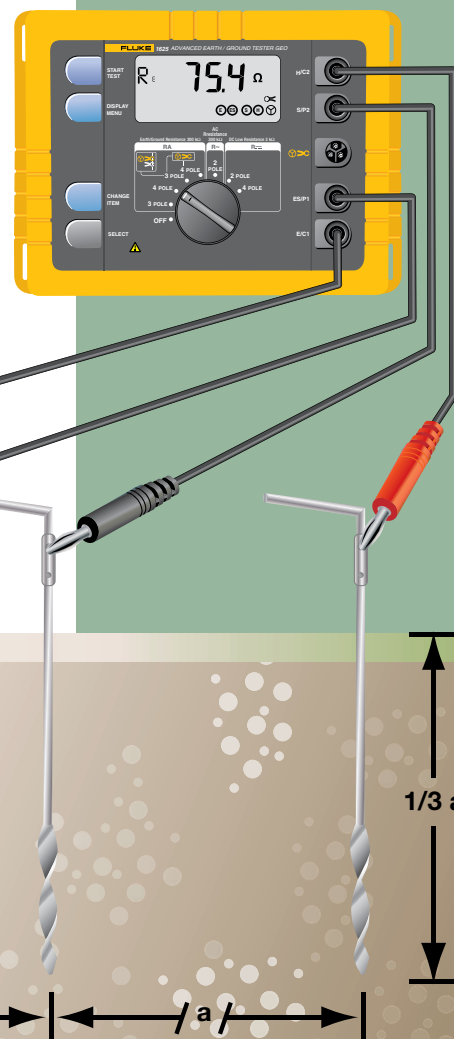
Como se mede a resistência do solo?

Para testar a resistividade do solo, conecte o testador de aterramento conforme mostrado abaixo.

Como podemos ver, 4 estacas de aterramento são posicionadas no solo, eqüidistantes entre si e formando uma linha reta. A distância entre as estacas de aterramento deve ser pelo menos três vezes maior do que a profundidade da estaca. Assim, se a profundidade de cada estaca for de 30 cm, a distância entre as estacas deve ser maior que 91 cm. O Fluke 1625 gera uma dada corrente através das duas estacas mais externas, e a queda no potencial é medida entre as duas estacas mais internas. Com base na lei de Ohm ($V = IR$), o testador Fluke calcula automaticamente a resistência do solo.

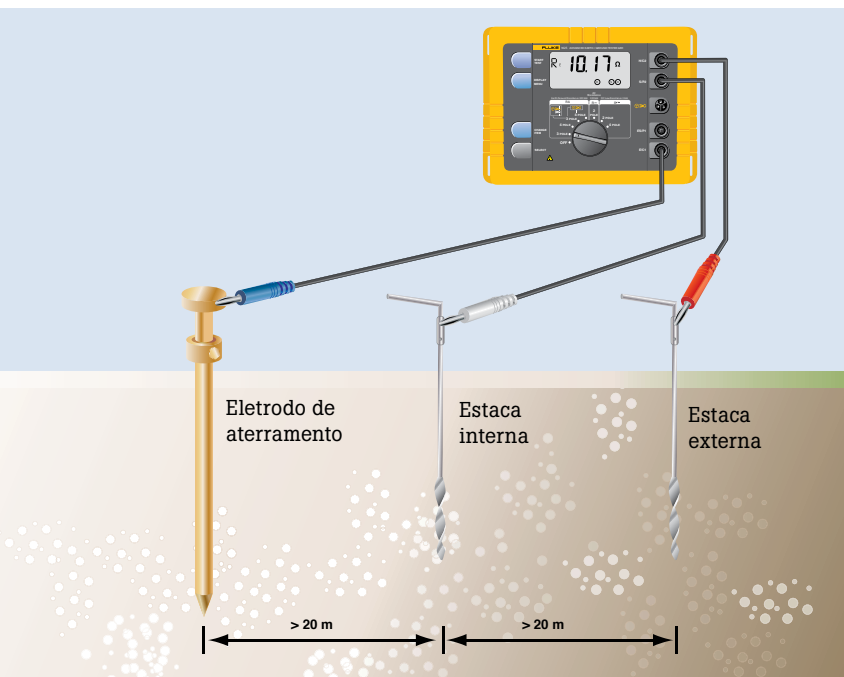
Como os resultados das medições geralmente são distorcidos e invalidados na presença de pedaços de metais sob o solo, aquíferos subterrâneos etc., é sempre recomendado que sejam feitas medições adicionais no ponto em que o eixo da estaca vira a 90 graus. Ao mudar a profundidade e distância várias vezes, é produzido um perfil que pode servir como base para determinar o sistema de resistência de aterramento mais adequado.

As medições de resistividade do solo são frequentemente distorcidas pela existência de correntes de terra e seus harmônicos. Para impedir que isso ocorra, o Fluke 1625 usa o sistema AFC (Automatic Frequency Control – controle automático de frequência). Esse sistema seleciona automaticamente a frequência de teste com a menor quantidade de ruído, possibilitando a obtenção de uma leitura clara.



Preparação para os testes de resistividade do solo com o Fluke 1623 ou 1625.

Quais são os métodos de teste de aterramento?



Medição de queda de potencial

O método de teste de queda de potencial é usado para medir a capacidade de um sistema de aterramento ou de um eletrodo individual de dissipar a energia de um local.

Como funciona o teste de queda de potencial?

Primeiro, o eletrodo de aterramento em questão precisa ser desconectado da instalação. Segundo, o testador é conectado ao eletrodo de aterramento. Em seguida, no caso do teste de queda de potencial tripolar, duas estacas de aterramento são colocadas no solo, em linha reta—e afastadas do eletrodo de aterramento. Normalmente, o espaçamento de 20 metros é suficiente. Para saber em mais detalhes como colocar as estacas, leia a próxima seção.

O Fluke 1625 gera uma corrente determinada entre a estaca externa (estaca de aterramento auxiliar) e o eletrodo de aterramento; a queda

do potencial entre a estaca interna e o eletrodo é medida. Com base na lei de Ohm ($V = IR$), o testador calcula automaticamente a resistência do eletrodo de aterramento.

Conecte o testador de aterramento da forma mostrada na figura. Pressione START (Iniciar) e veja no visor o valor da resistência (R_E). Este é o valor real correspondente ao eletrodo de aterramento que está sendo testado. Se esse eletrodo estiver ligado em paralelo ou em série com outras hastes de aterramento, o valor de R_E corresponderá ao valor total, de todas as resistências.

Como são colocadas as estacas?

Para obter o máximo grau de exatidão ao realizar testes de resistência de aterramento tripolares, é essencial que a sonda seja colocada fora da esfera de influência do eletrodo de aterramento sendo testado e do terra auxiliar.

Se a sonda não estiver fora da esfera de influência, as áreas efetivas de resistência serão sobrepostas e invalidarão as medições que estão sendo realizadas. A tabela serve como guia para configurar corretamente a sonda (estaca interna) e o terra auxiliar (estaca externa).

Para testar a exatidão dos resultados e assegurar que as estacas de aterramento estejam fora das esferas de influência, reposicione a estaca interna (sonda) 1 metro em qualquer direção e faça a medição novamente. Se houver uma diferença significativa (30 %) na medida, aumente a distância entre a haste de aterramento sendo testada, a estaca interna (sonda) e a externa (terra auxiliar) até que os valores medidos permaneçam razoavelmente constantes ao reposicionar a estaca interna (sonda).

Profundidade do eletrodo de aterramento	Distância até a estaca interna	Distância até a estaca externa
2 m	15 m	25 m
3 m	20 m	30 m
6 m	25 m	40 m
10 m	30 m	50 m

Medição seletiva

O teste seletivo é muito semelhante ao teste de queda de potencial, e fornece as mesmas medições, mas de maneira mais segura e mais fácil. Isso se deve ao fato de que no teste seletivo o eletrodo de aterramento em questão não precisa ser desconectado da instalação. O técnico não precisa correr nenhum risco ao ter que desconectar o terra nem colocar em risco outras pessoas ou o equipamento elétrico dentro da estrutura não-aterrada.

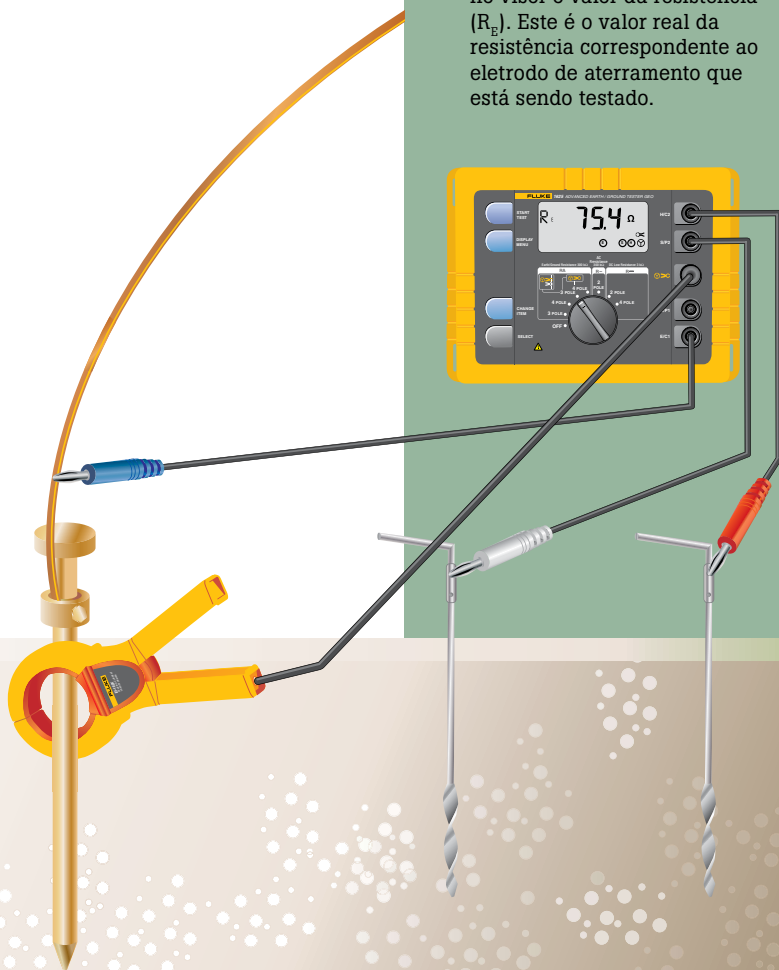
Da mesma forma que no teste de queda de potencial, duas estacas de aterramento são colocadas no solo, em linha reta, afastadas do eletrodo de aterramento. Normalmente, o espaçamento de 20 metros é suficiente. Em seguida, o testador é conectado ao eletrodo de aterramento em questão, com a vantagem de que a conexão na instalação não precisa ser desconectada. Em vez disso, um grampo especial é colocado ao redor do eletrodo de aterramento para eliminar os efeitos das resistências paralelas no sistema aterrado, de modo que seja medido apenas o eletrodo de aterramento desejado.

Da mesma forma mencionada anteriormente, o Fluke 1625 gera uma corrente determinada entre a estaca externa (estaca de aterramento auxiliar) e o eletrodo de aterramento; a queda de potencial entre a estaca interna e o eletrodo é medida. Somente a corrente que circula pelo eletrodo de aterramento é medida usando o grampo/alicate. A corrente gerada também circula por outras resistências paralelas, mas apenas a corrente que passa pelo alicate (isto é, a corrente que passa pelo eletrodo de aterramento em questão) é usada para calcular a resistência ($V = IR$).

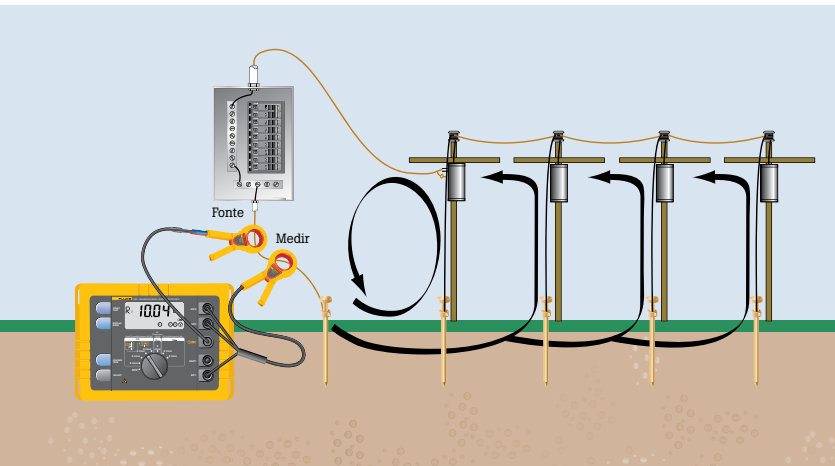
Se a resistência total do sistema de aterramento precisar ser medida, então será necessário medir a resistência de cada eletrodo de aterramento prendendo um alicate em cada eletrodo individual. A resistência total do sistema de aterramento pode ser determinada por cálculo.

Para testar a resistência de eletrodos de aterramento individuais em torres de transmissão de alta tensão com cabos estáticos ou de terra aéreos, é necessário desconectar esses cabos. Se uma torre tiver mais do que um terra na base, todos eles precisam ser desconectados, um por um, e serem testados. O Fluke 1625 tem um acessório opcional – um transformador de corrente tipo alicate de 320 mm (12,7 pol.) de diâmetro – que mede as resistências individuais de cada coluna, sem necessidade de desconectar nenhum condutor terra ou cabos terra/estáticos aéreos.

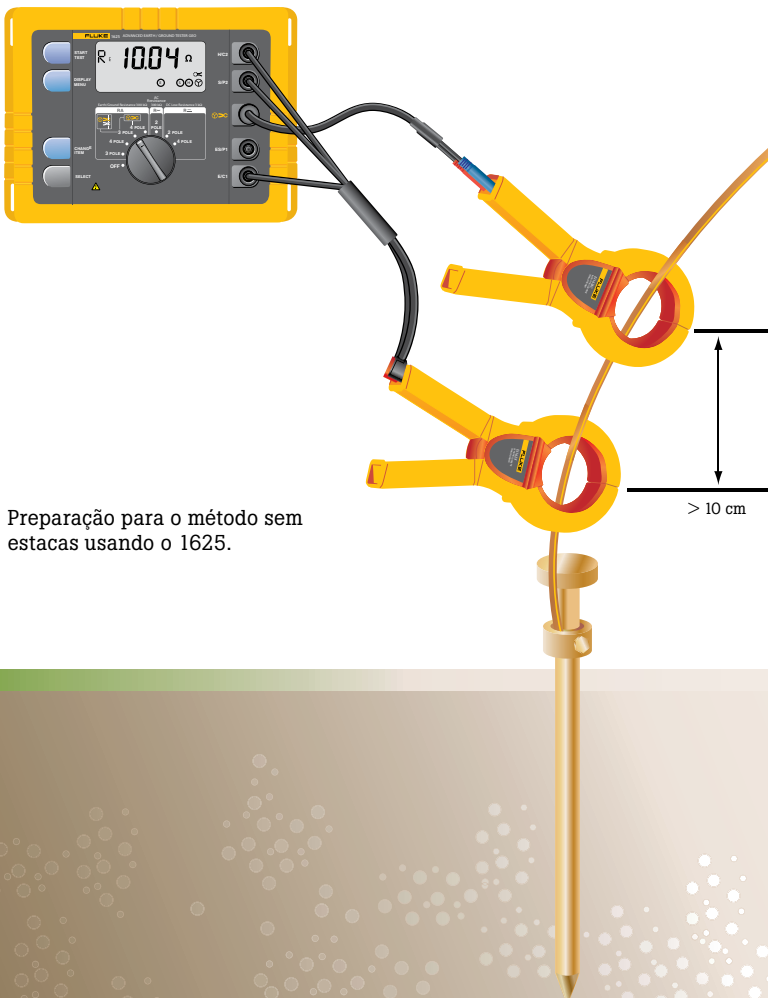
Conecte o testador de aterramento conforme mostrado. Pressione START (Iniciar) e veja no visor o valor da resistência (R_E). Este é o valor real da resistência correspondente ao eletrodo de aterramento que está sendo testado.



Quais são os métodos de teste de aterramento?



Percursos de teste de corrente com o método sem estacas.



Preparação para o método sem estacas usando o 1625.

Medição sem estacas

O testador de aterramento Fluke 1625 mede resistências de loop de aterramento para sistemas multi-aterrados usando apenas alicates de corrente. Essa técnica de teste elimina a atividade perigosa e demorada de desconectar os terras paralelos, e também o processo de encontrar locais adequados para as estacas de aterramento auxiliar. Também se pode executar testes de aterramento em lugares em que antes ninguém considerava. Dentro de edificações, em torres elétricas, ou em qualquer lugar em que não haja acesso ao solo.

Com este método de teste, dois alicates são fixados na haste de aterramento ou no cabo de conexão e cada um deles é conectado ao testador. Nenhuma estaca de aterramento é usada. Uma tensão conhecida é induzida por um alicate e a corrente é medida usando-se um segundo alicate. O testador mede automaticamente a resistência do loop de aterramento nessa haste. Se houver apenas um percurso à terra, como em muitas aplicações residenciais, o método sem estacas não fornecerá um valor aceitável, e será necessário usar o método de teste de queda de potencial.

O Fluke 1625 funciona segundo o princípio de que em sistemas com múltiplos aterramentos ou aterrados em paralelo, a resistência líquida de todos os percursos de aterramento serão extremamente baixas comparadas a um único percurso (o que está sendo testado). Assim, a resistência líquida de todas as resistências dos percursos de retorno em paralelo é, efetivamente, zero. A medição sem estacas mede apenas as resistências das hastes de aterramento individuais paralelas aos sistemas de aterramento. Se o sistema de aterramento não estiver paralelo à terra, haverá um circuito aberto ou a medida feita será a da resistência do loop de aterramento.

Medições de impedância da terra

Ao tentar calcular possíveis correntes de curto-circuito em usinas de energia elétrica e outras instalações de alta tensão/corrente, é importante poder determinar a impedância de aterramento, pois ela será composta de elementos indutivos e capacitivos. Como na maioria dos casos a indutividade e a resistividade são conhecidas, a impedância real pode ser determinada por meio de um cálculo complexo.

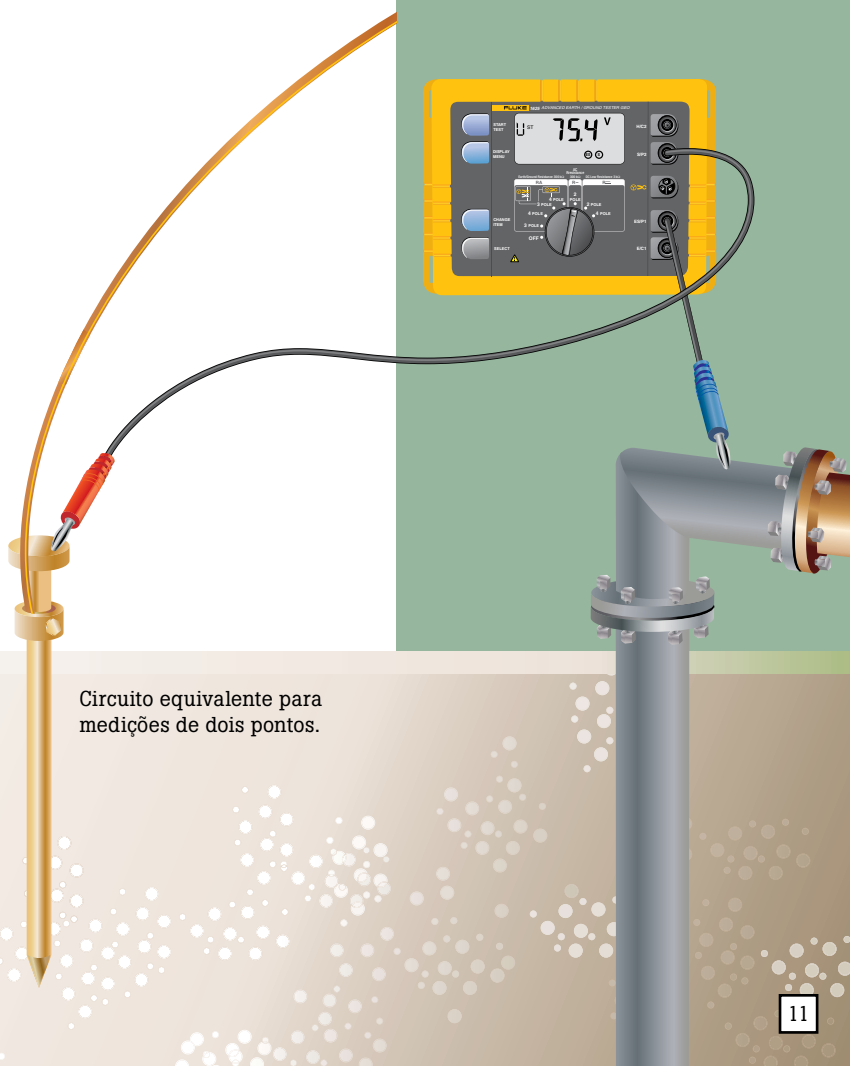
Como a impedância depende da frequência, o Fluke 1625 usa um sinal de 55 Hz para que esse cálculo seja o mais próximo possível da frequência de operação da tensão. Isso assegura que a medição seja próxima ao valor da frequência real de operação. Com esse recurso oferecido pelo Fluke 1625, é possível efetuar a medição direta e exata da impedância do aterramento.

Os técnicos das empresas de fornecimento de energia que testam linhas de transmissão de alta tensão estão interessados em duas coisas: a resistência da terra caso ocorra queda de um raio, e a impedância do sistema inteiro, caso ocorra um curto-circuito em um ponto específico da linha. Nesse caso, o curto-circuito significa que um fio ativo se soltou e encostou na grade metálica de uma torre.

Resistência de aterramento bipolar

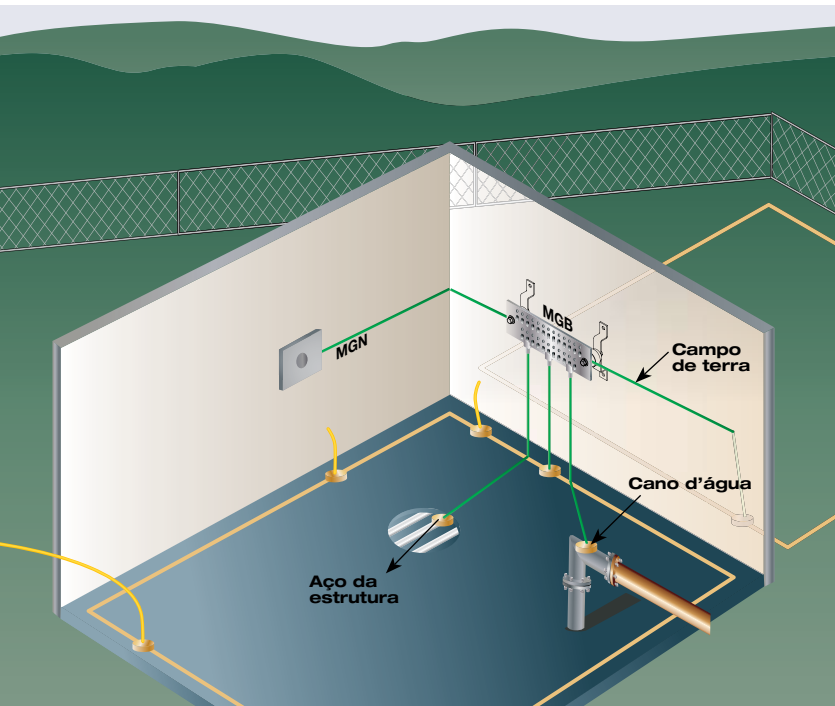
Em situações em que não é prático ou não é possível cravar estacas no solo, os testadores Fluke 1623 e 1625 oferecem a capacidade de efetuar medições de continuidade/resistência de aterramento bipolar, conforme mostrado a seguir.

Para fazer esse teste, o técnico precisa ter acesso a um terra que é sabidamente bom, como, por exemplo, um cano d'água totalmente metálico. O cano deve ser de comprimento suficiente e inteiramente em metal, sem flanges nem acoplamentos de isolamento. Diferente de outros testadores, os testadores Fluke 1623 e 1625 executam o teste com corrente relativamente alta (corrente de curto-circuito de $> 250 \text{ mA}$) o que garante resultados estáveis.



Circuito equivalente para medições de dois pontos.

Medição da resistência da terra



Disposição de uma central de comutação comum.

Em centrais de comutação

Ao se fazer uma inspeção de aterramento de uma central de comutação, é necessário realizar 3 medições distintas.

Antes de fazer o teste, localize a barra de aterramento principal (MGB) dentro da central de comutação, para saber qual é o tipo de sistema de aterramento existente. Conforme mostrado nesta página, a barra de aterramento principal possui condutores-terra ligados a:

- neutro multi-aterrado (MGN) ou entrada da rede de energia,
- campo de terra,
- cano d'água, e
- aço da estrutura ou edificação

Primeiro, faça um teste sem estacas em cada ligação-terra individual que sai da barra de aterramento principal. A finalidade é assegurar que todos os terras estejam conectados,

especialmente a barra de aterramento principal. É importante notar que a intenção não é medir a resistência individual, mas a resistência de loop do ponto em que o alicate está colocado. Conforme ilustrado na Figura 1, conecte o Fluke 1625 ou 1623 e prenda os dois alicates, o de indução e o sensor, em cada conexão, para medir a resistência do loop da barra de aterramento principal, o campo de terra, o cano d'água e o aço estrutural.

Em segundo lugar, faça o teste de queda de potencial tripolar de todo o sistema de aterramento, fazendo as ligações à barra de aterramento principal conforme ilustradas na Figura 2. Para alcançar o terra remoto, muitas companhias telefônicas aproveitam pares de cabo não utilizados, em uma extensão de até 1,5 quilômetros. Registre a medição e repita o teste pelo menos uma vez por ano.

Em terceiro lugar, faça as medições das resistências individuais do sistema de aterramento pelo método de teste seletivo do Fluke 1625 ou 1623. Conecte o testador Fluke conforme ilustrado na Figura 3. Meça a resistência da barra de aterramento principal da coluna específica da barra. Em seguida, meça o campo de terra. Essa leitura corresponde ao valor real da resistência do campo de terra da central de comutação. Agora passe para o cano d'água; em seguida, repita o procedimento para medir a resistência do aço estrutural. É fácil verificar a exatidão dessas medições por meio da lei de Ohm. A resistências de cada coluna, quando calculada, deve ser igual à resistência do sistema como um todo (levando em conta uma margem de erro razoável, já que nem todos os elementos de aterramento podem ser medidos).

Esses métodos de teste fornecem as medidas mais exatas de uma central de comutação, porque fornecem as resistências individuais bem como os comportamentos reais correspondentes no sistema de aterramento. Embora exatas, as medições não mostram como o sistema se comportaria como rede, pois no caso de ocorrer uma descarga atmosférica, como um raio, ou uma corrente de falta, tudo está interligado.

Para provar isso, é necessário realizar alguns testes adicionais nas resistências individuais.

Primeiro, execute o teste de queda de potencial tripolar em cada coluna derivada da barra de aterramento principal, e registre cada medição. Novamente, com base na lei de Ohm, essas medidas deverão corresponder à resistência do sistema como um todo. Com base nos cálculos, você observará que existe uma diferença de 20 % a 30 % do valor total de R_E .

Finalmente, meça as resistências das diversas colunas da barra de aterramento principal pelo método de teste seletivo sem estacas. Esse método funciona como o método sem estacas; só difere pelo uso de dois alicates separados. O alicate de tensão de indução é preso no cabo ligado à barra de aterramento principal, e como esta é ligada à entrada de energia, que é paralela ao sistema de aterramento, isso já satisfaz o requisito. Coloque o alicate sensor no cabo de aterramento que leva ao campo de terra. Ao medir a resistência, essa é a resistência real do campo de terra, mais o percurso paralelo da barra de aterramento principal. E como é muito baixo, em termos de ohms, não deverá ter efeito algum na leitura medida. Esse processo pode ser repetido na outra coluna da barra de aterramento, isto é, no cano d'água e no aço estrutural.

Para medir a barra de aterramento principal através do método seletivo sem estacas, coloque o alicate de indução na linha que vai ao cano d'água (já que o cano d'água de cobre tem resistência muito baixa) e a leitura corresponderá apenas à resistência da barra de aterramento principal.

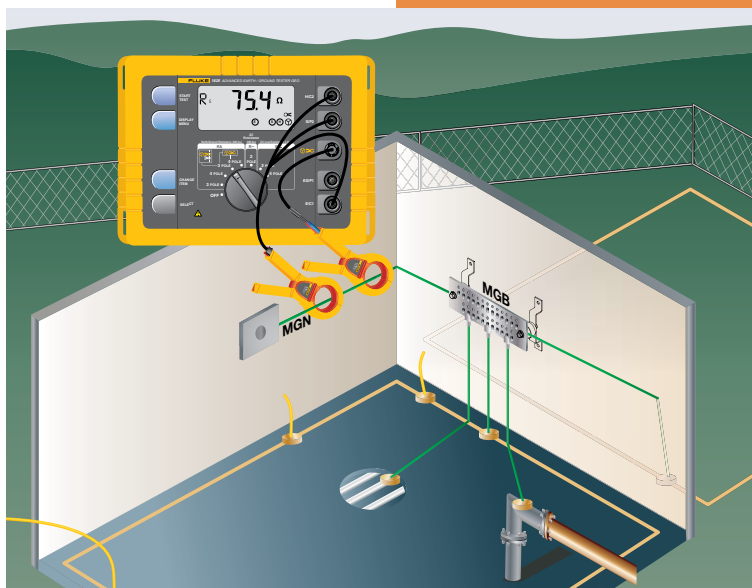


Figura 1: Teste sem estacas em central de comutação.

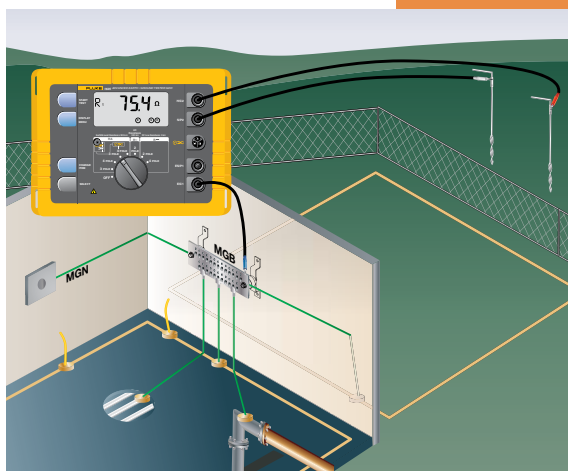


Figura 2: Execute o teste de queda de potencial tripolar de todo o sistema de aterramento.

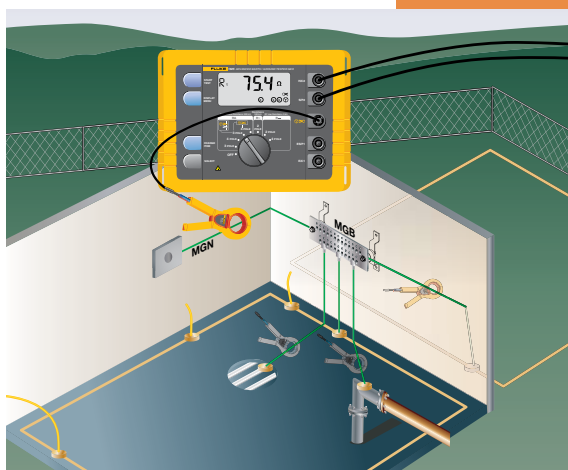
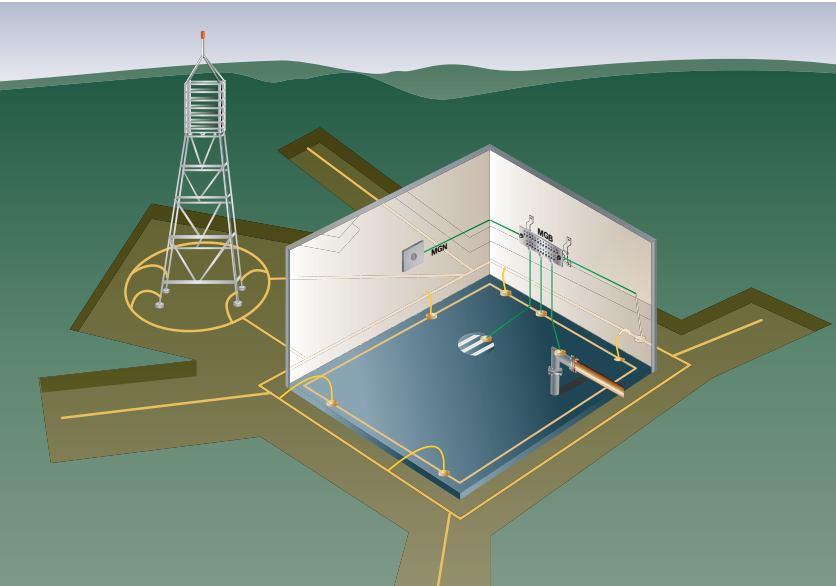


Figura 3: Meça as resistências individuais do sistema de aterramento usando o teste seletivo.

Outras aplicações de resistência de aterramento



Configuração normal de instalação de torre celular.

Locais de aplicação

Há mais quatro aplicações específicas em que se pode usar o Fluke 1625 para medir a capacidade do sistema de aterramento.

Instalações de telefonia celular/torres de rádio e microondas

Na maioria dos locais há uma torre de 4 colunas, sendo que cada uma delas é aterrada separadamente. Essas ligações-terra são então conectadas com cabo de cobre. Ao lado da torre encontra-se o edifício das instalações celulares, onde ficam todos os equipamentos de transmissão. Dentro do edifício há um terra de halo e uma barra de aterramento principal, sendo que o terra de halo é ligado à barra. O edifício das instalações celulares é aterrado nos 4 cantos e conectado à barra de aterramento principal através de um cabo de cobre; os 4 cantos também são interligados com fio de cobre. Também existe uma conexão entre o anel de aterramento do edifício e o da torre.

Subestações elétricas

Uma subestação é uma estação subsidiária que faz parte de um sistema de distribuição e transmissão em que a tensão normalmente é transformada de um valor alto em um valor baixo. Uma subestação típica contém as estruturas de terminais de linhas, o mecanismo de distribuição de alta tensão, um ou mais transformadores de potência, o mecanismo de distribuição de baixa tensão, a proteção contra surtos, os controles e os medidores.

Instalações de comutação remota

As instalações de comutação remota são onde se encontram em operação os concentradores de linhas digitais e outros equipamentos de telecomunicação. A estação remota normalmente é aterrada em um dos lados do gabinete, e também tem uma série de estacas de aterramento ao redor do gabinete, que são interligadas por fio de cobre.

Proteção contra raios em instalações comerciais e industriais

A maior parte dos sistemas de proteção contra corrente de fuga, no caso de raio, segue esse desenho de aterramento nos quatro cantos do edifício, em geral com interligação por cabos de cobre. Dependendo do tamanho do edifício e do valor da resistência para a qual ele foi projetado, o número das hastes de aterramento varia.

Testes recomendados

Os usuários finais precisam executar os mesmos três testes para cada aplicação: teste sem estacas, teste de queda de potencial tripolar e teste seletivo.

Medição sem estacas

Primeiro, realize a medição sem estacas em:

- cada coluna da torre e nos quatro cantos do edifício
(torres/instalações celulares)
- todas as conexões de aterramento
(subestações elétricas)
- as linhas que vão até a estação remota
(comutação remota)
- as estacas de aterramento do edifício
(proteção contra raios)

Em todas as aplicações, essa medição não é da resistência real, devido ao aterramento da rede. Este é sobretudo um teste de continuidade para verificar se o local está aterrado, se existe conexão elétrica e se o sistema tem condições de transportar corrente.

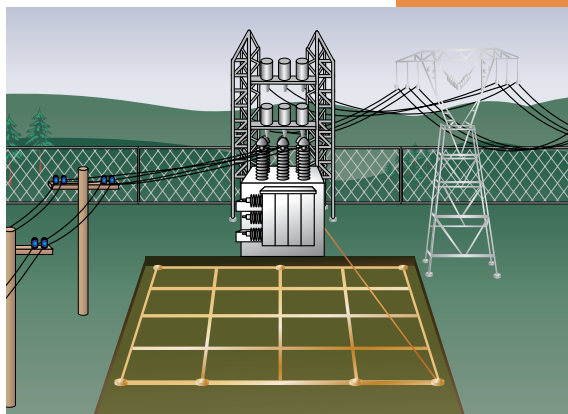
Medição de queda de potencial tripolar

Em segundo lugar, medimos a resistência de todo o sistema pelo método de queda de potencial tripolar. Lembre-se das regras de como dispor as estacas. Esta medição deve ser registrada e as medições devem ser realizadas pelo menos duas vezes por ano. Essa medição representa o valor de resistência do local todo.

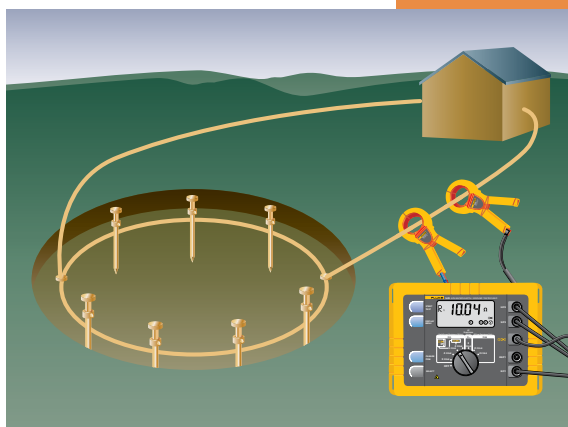
Medição seletiva

Finalmente, medimos as ligações individuais à terra por meio do teste seletivo. Esse teste verifica a integridade dos aterramentos individuais, das conexões, e se o potencial de aterramento está razoavelmente uniforme. Se uma das medições mostrar um grau maior de variabilidade do que os outros, deve-se descobrir o motivo. Deve-se medir a resistência em:

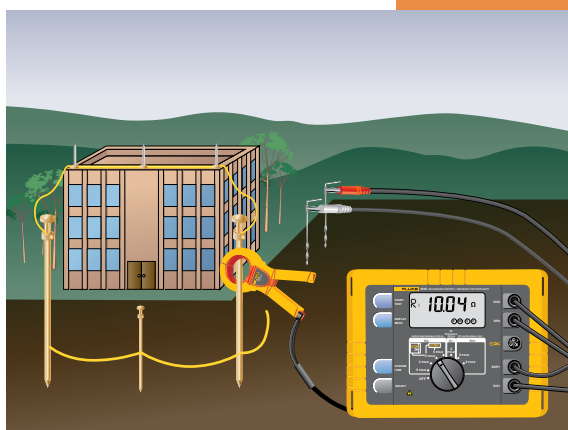
- cada coluna da torre e nos quatro cantos do edifício (torres/instalações celulares)
- as hastes de aterramento individuais e as respectivas conexões (subestações elétricas)
- os dois extremos da estação remota (comutação remota)
- os quatro cantos do edifício (proteção contra raios)



Configuração comum de subestação elétrica.



Com testes sem estacas em estação de comutação remota.



Com teste seletivo em sistema de proteção contra raios.

Produtos para aterramento



Fluke 1625 Advanced GEO
Testador de aterramento



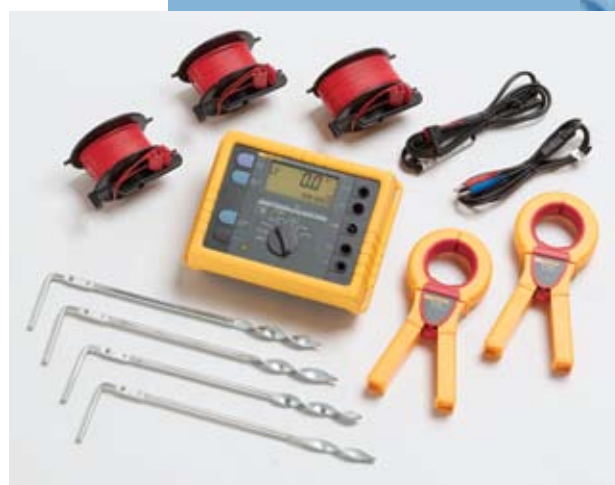
Fluke 1623 Basic GEO
Testador de aterramento

Os testadores mais completos

O diferencial dos testadores Fluke 1623 e 1625 é que podem executar os 4 tipos de medições de aterramento:

- Tripolar, quadripolar e queda de potencial (com estacas)
- Testes quadripolares de resistividade de solo (com estacas)
- Testes seletivos (com 1 alicate e estacas)
- Testes sem estacas (apenas com 2 alicates)

O kit do modelo completo vem com o testador 1623 ou 1625, um jogo de 2 condutores, 4 estacas de atiramento, 3 bobinas de cabo com fio, 2 alicates, baterias e manual—tudo acondicionado em uma maleta Fluke durável.



O kit completo

Funções avançadas do Fluke 1625

As funções avançadas do Fluke 1625 incluem:

- **Controle automático de frequência (AFC - Automatic Frequency Control)**—identifica interferência existente e escolhe a frequência de medição que minimize o efeito, a fim de fornecer um valor de aterramento mais exato.
- **Medição R***—calcula impedância de atiramento a 55 Hz para representar de modo mais exato a resistência de atiramento que uma ligação de falha à terra detectaria
- **Limites ajustáveis**—para mais rapidez nos testes

Acessórios opcionais

Transformador de núcleo dividido, 320 mm (12,7 pol.)—para testes seletivos em colunas individuais de torres.

Para obter mais informações, visite o site www.fluke.com

Fluke. Mantendo o seu mundo funcionando.™

Fluke Corporation
P.O. Box 9090, Everett, WA 98206 EUA

Fluke Europe B.V.
P.O. Box 1186, 5602 BD
Eindhoven, Holanda

**Para obter mais informações,
ligue para os seguintes números:**

EUA: (800) 443-5853 ou
Fax (425) 446-5116
Europa/Oriente Médio/África
+31 (0) 40 2675 200 ou
Fax: +31 (0) 40 2675 222
Canadá: (800)-36-FLUKE ou
Fax (905) 890-6866

Em outros países:
+1 (425) 446-5500 ou
Fax: +1 (425) 446-5116
Site na Internet: <http://www.fluke.com>

©2006 Fluke Corporation.
Todos os direitos reservados. Impresso nos EUA.
6/2006 11129-por 2713352 B-PT-N Rev A