ATERRAMENTOS ELÉTRICOS: uma análise da medição da resistência de aterramento pelo método da queda do potencial como medida de proteção contra choques elétricos nos sistemas elétricos de baixa tensão

MAKCYDRA AMISTERDANIA COSTA FERREIRA SOUSA (VALE)

Resumo
O presente trabalho analisa aspectos relacionados à segurança do trabalho na aplicação da medição da resistência de aterramento elétrico pelo método da queda do potencial como medida de proteção contra choques elétricos nos sistemas elétricos de baixa tensão. O objetivo deste artigo é verificar a importância do uso desse método como medida de proteção coletiva nesses sistemas. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica que explicita como esse processo vem sendo realizado considerando as recomendações das normas técnicas e regulamentadoras vigentes. São apresentados vários aspectos que envolvem as configurações de aterramentos elétricos como também é explanado um dos métodos mais utilizados para medição da resistência de aterramento e limitações dos instrumentos de medição com esse método.

Palavras-chave
Aterramento elétrico, Método da queda do potencial, Terrômetro, Alicate terrômetro.

*A revisão ortográfica, gramatical, ABNT ou APA são de responsabilidade dos autores.

1 INTRODUÇÃO

Nas instalações elétricas de máquinas e equipamentos, sejam elas móveis ou estacionárias, estejam elas em canteiros de obras das construções ou mesmo definitivas em edificações de pequeno porte até grandes áreas industriais atendidas com sistema elétrico em baixa tensão, o aterramento elétrico deve ser aplicado e instalado conforme as regulamentações técnicas e legais vigentes e, através destas, ser garantida a proteção contra choque elétrico das pessoas em quaisquer ambientes.

Nessa perspectiva, construíram-se questões que nortearam este trabalho:

- Quais as principais normas técnicas e quais são suas principais recomendações quanto ao aterramento elétrico em sistemas elétricos de baixa tensão?
- O método da queda do potencial é o mais conhecido para a medição da resistência de aterramento das instalações elétricas em geral; qual norma técnica descreve sua aplicação, valor de medição máximo e instrumentos apropriados?

Uma das medidas de controle contra choque elétrico é o aterramento elétrico que é a ligação intencional de parte eletricamente condutiva à terra por um condutor elétrico (ABNT NBR 15749, 3.1) e sua aplicação deve estar “conforme regulamentação estabelecida pelos órgãos competentes e, na ausência desta, deve atender às Normas Internacionais vigentes” (NR 10, 10.2.8.3). Implica-se, assim, que todo aterramento elétrico seja eficaz e por isso sua manutenção e medição devem ser periódicas.

As medições de resistência de aterramento são necessárias em quaisquer instalações elétricas e até durante as mesmas, devem ser tomadas medidas de segurança a fim de minimizar os riscos de acidentes relativos a potenciais perigosos que possam ocorrer nas proximidades de sistemas de aterramento ou em estruturas condutoras aterradas. São alguns exemplos: o uso de calçados e luvas de isolamento compatíveis com os valores máximos de tensão que possam surgir no sistema sob medição, evitar a realização de medições sob condições atmosféricas adversas, tendo em vista a ocorrência de descargas atmosféricas e isolação da área sob medição.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 CONCEITOS

Um sistema de aterramento é composto pela interligação das massas dos equipamentos, das partes metálicas da estrutura à malha composta por hastes e condutores elétricos enterrados com o intuito de propiciar um caminho seguro para as correntes indesejáveis.

Visto que é importante que tenhamos uma compreensão do funcionamento básico de um sistema de aterramento será ressaltado pontos fundamentais como, a resistividade, os componentes do sistema de aterramento, os tipos de aterramento e fatores que influenciam na boa condição de um sistema de aterramento.

2.1.1 Resistividade

A resistência elétrica, que é a oposição que um material faz à passagem de corrente elétrica por ela, será influenciada diretamente pelas características típicas da resistividade elétrica do solo.

A resistividade dos solos se expressa em Ohm-meter (Ω.m), que corresponde à resistência

que apresenta um cubo de 1 (um) metro cúbico de solo ou águas, entre as suas paredes laterais opostas e é representada pela letra grega ρ. A partir disso, segue a Segunda Lei de Ohm, onde diz que:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad então \quad \rho = \frac{R \cdot A}{l}$$

Onde no SI (Sintema Internacional de Unidade):
R = Resistência (Ohm - Ω);
l = comprimento (metro - m);
A = Área da Seção (metros quadrados - m^2);
ρ = Resistividade (Ohm-meter - Ω.m).

A resistividade do terreno depende da sua natureza, estratificação (camadas de diferente composição), conteúdo de umidade, salinidade e temperatura. A resistividade de um terreno também se vê afetada pelas variações sazonais.

2.1.2 Componentes dos sistemas de aterramento

Os principais e mais comuns componentes encontrados em um sistema de aterramento.

Condutores da malha de aterramento: São os condutores utilizados para conectar as partes metálicas não enterradas (estruturas metálicas, equipamentos ou os condutores de descida) às hastes de aterramento.

Hastes de aterramento, também conhecidas como eletrodos verticais. É um elemento condutor enterrado no solo cuja finalidade é drenar as correntes indesejáveis assegurando um efetivo contato com solo.

Os diversos tipos de sistemas de aterramento devem ser realizados de modo garantir a melhor ligação com a terra. Os tipos principais são, com apenas uma simples haste cravada no solo, hastes em triângulo, hastes em quadrado, hastes em círculos ou até mesmo por placas de material condutor enterradas no solo.

A haste de aterramento normalmente, é feita de uma alma de aço revestida de cobre, conhecida como tipo Copperweld. O comprimento pode variar de 1,5m a 4,0m. As de 2,5m são as mais utilizadas, pois diminuem o risco de atingirem dutos subterrâneos em sua instalação.

Caixa de inspeção, no formato cilíndrico podendo ser construídas em concreto, cerâmica ou PVC. Nesta caixa se faz a conexão entre os condutores da malha e as hastes de aterramento.

Conectores ou junções, elementos necessários para efetuar as conexões entre os condutores da malha, as hastes de aterramento, equipamentos e partes metálicas não enterradas. São construídos de modo geral em bronze ou latão estanhado.

Esses componentes do sistema de aterramento devem ser fabricados seguindo as normas vigentes, garantido a qualidade dos materiais, reduzindo a oxidação, evitando o aumento da resistência de contato nas conexões, devem possuir também condutividade alta.

O aterramento das instalações elétricas deve ser executado conforme regulamentação estabelecida pelos órgãos competentes, no caso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, e na ausência desta, às normas internacionais vigentes. Conforme a norma regulamentadora número dez, NR 10, que dista sobre segurança em instalações e serviços em eletricidade, todas as empresas devem manter esquemas unifilares atualizados das suas instalações elétricas com as especificações dos equipamentos, dispositivos de proteção além do tipo de sistema de aterramento, figura 1.

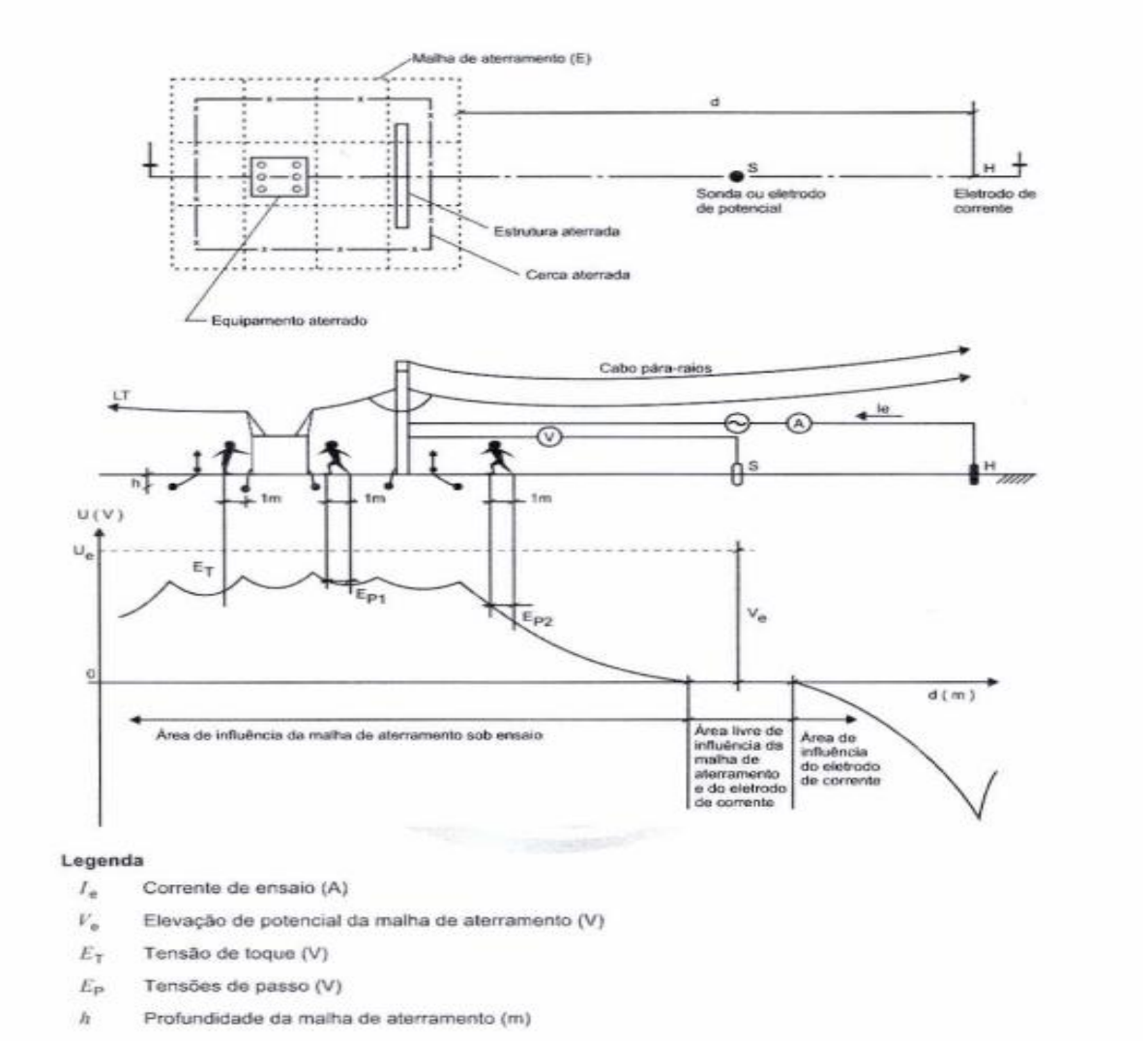


Figura 1: Componentes de um sistema de aterramento
Fonte: ABNT NBR 15749 (2009).

2.1.3 Tipos de aterramento

- **Sistema isolado**: não existe conexão condutiva proposital entre o sistema elétrico e o solo. O acoplamento entre ambos é fraco e se faz prioritariamente de forma capacitiva.
- **Sistema solidamente aterrado**: alguns pontos do sistema elétrico são conectados diretamente à terra, procurando-se um caminho de mínima resistência (impedância) à passagem de eventual corrente de falta para o solo. Os valores elevados da corrente, resultante nesta eventualidade, sensibilizam os dispositivos de proteção, que prontamente comandam o desligamento da parte faltosa do sistema.
- **Sistema aterrado por impedância**: neste caso é interposta propositalmente uma impedância (resistência ou reatância) entre o sistema elétrico e seu aterramento físico, que procura limitar o valor da corrente de eventual falta, sem eliminar a ligação condutiva do sistema ao solo.

A norma brasileira que fala sobre instalações elétricas em baixa tensão, NBR 5410/2004, definiu que os esquemas de aterramento podem ser do tipo IT, TT ou TN, onde I, primeiro dígito, implica dizer que todas as partes vivas estão isoladas em relação à terra através de uma impedância; T, primeiro dígito, significa que no ponto da alimentação existe um ponto da

alimentação diretamente ligado à terra; T, segundo dígito, massas diretamente aterradas, independente do aterramento eventual de um ponto da alimentação e N, segundo dígito, onde todas as massas estão ligadas ao ponto de alimentação aterrado, que pode ser ligado direto ao neutro.

O sistema TN, mais comum nas instalações elétricas de baixa tensão, pode ainda ser instalado por um esquema definido como tipo S ou C ou ainda, S e C ao mesmo tempo, onde S significa que o condutor neutro e o condutor de proteção são condutores separados e quando é C, significa que as funções de condutor neutro e condutor de proteção são conjugados em um único condutor, figura 2.

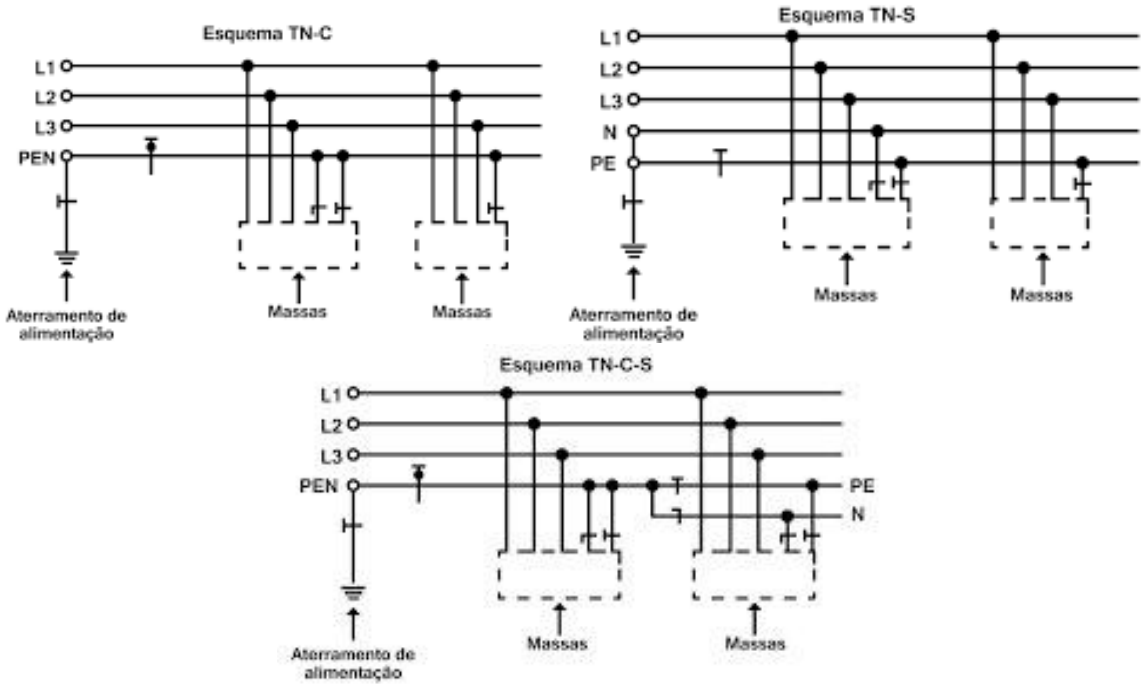


Figura 2: Esquemas de aterramento: esquema TN-C, TN-S, TN-C-S.
Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

A norma de instalações elétricas apresenta somente os tipos de esquemas possíveis a serem implementados nos sistemas elétricos em baixa tensão em corrente alternada, porém não adverte qual delas é a mais eficiente ou menos problemática quando na presença de curto-circuitos entre fases ou entre fase(s) e terra ou diante de anomalias na rede elétrica como uma descarga atmosférica nas proximidades ou não da instalação. Porém, independentemente do tipo do esquema de aterramento, a existência da mesma resulta como benéfica não somente às pessoas, mas também às instalações elétricas em geral.

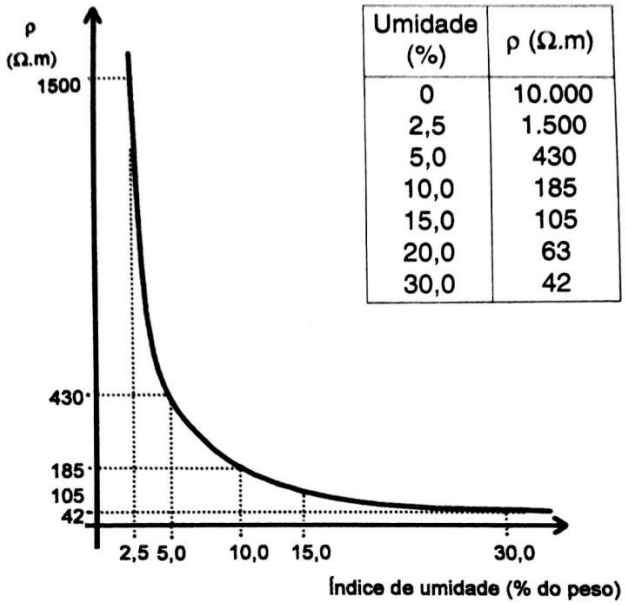
Assim, se justifica realizar medições da resistência de aterramento de forma periódica das instalações elétricas considerando as características do solo do local.

2.1.4 Fatores que influenciam na boa condição de sistema de aterramento

O solo normalmente, não apresenta condições ideais, já que ele em seu estado natural é um mau condutor de eletricidade. Se for considerado totalmente seco, ele vai se comportar como um material isolante, possuindo uma resistividade elétrica característica muito elevada em comparação com a resistividade elétrica de um condutor de cobre ou de alumínio.

Conforme KINDERMANN (1992) são encontrados valores diferentes de resistividade para uma mesma variedade de solo em localidades distintas. Por isso, jamais se terá um único valor de

resistividade padrão para um mesmo tipo de solo e uma das formas de se reduzir a resistividade do solo é aumentando-se a umidade do solo com água e sais minerais dissolvidos nesta o que vai aumentar a condutividade elétrica daquele, figura 3 e tabela 1.



Umidade (%)	ρ (Ω.m)
0	10.000
2,5	1.500
5,0	430
10,0	185
15,0	105
20,0	63
30,0	42

Figura 3: Efeito da umidade na resistência do solo
Fonte: KINDERMAN (1995).

Sal Adicionado (% em peso)	Resistividade (Ω.m) Solo Arenoso
0	107
0,1	18
1,0	1,6
5,0	1,9
10,0	1,3
20,0	1,0

Tabela 1: Influência da concentração de sais na resistividade do solo (17ºC, umidade 15%).
Fonte: VISACRO F. SILVÉRIO (2002).

Além disso, outro fator que mantém a resistividade do solo bastante alta é a temperatura elevada, provocando a evaporação e diminuindo assim, a umidade do solo. Em localidades de clima mais frio, a resistividade do solo tende a ser menor em comparação com outros lugares de clima quente, justamente porque o coeficiente de temperatura da água é negativo sendo que quanto mais fria for a temperatura ambiente, menor tenderá ser a resistividade do solo, tabela 2.

Temperatura (ºC)	Resistividade (Ω.m) Solo
+ 20	72
+10	33
0 (água)	138
0 (gelo)	300
-5	790
-15	3.300

Tabela 2: Influência da temperatura sob a resistividade do solo.
Fonte: KINDERMAN (1995).

Um solo mais compacto apresentará maior continuidade física, o que proporciona um menor valor de resistividade elétrica. Diante de tantas características que influenciam a resistividade do solo e, por melhor que tenha sido o projeto de aterramento, convém realizar medições da resistência de aterramento e documentá-las de forma constante.

2.2 IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE ATERRAMENTOS

Segundo COTRIM (1992), as principais funções de um sistema de aterramento, são: limitar os níveis de potenciais ou distribuição destes, a patamares seguros, com redução dos riscos para pessoas e animais; permitir que os dispositivos de proteção sejam sensibilizados, isolando rapidamente as falhas à terra; facilitar o escoamento de cargas estáticas em corpos e equipamentos elétrico-eletrônicos; direcionar rapidamente para a terra as altas correntes provenientes de descargas atmosféricas; obter uma resistência de aterramento a mais baixa possível para corrente de falta à terra; proporcionar o escoamento das cargas estáticas geradas nas carcaças dos equipamentos para terra. Porém, a inexistência de um aterramento eficiente tem causado diversos problemas nas instalações.

Segundo CAPELLI (2000), os problemas que um aterramento deficiente pode causar não se limitam apenas aos aspectos de segurança. Sabe-se que os principais efeitos de uma máquina mal aterrada são choques elétricos ao operador e resposta lenta (ou ausente) dos sistemas de proteção (fusíveis, disjuntores, etc.), porém outros problemas operacionais podem ter origem no aterramento deficiente como exemplo pode ocorrer a quebra de comunicação entre máquina e PC (CPL, CNC, PLC, etc...) em modo online; principalmente se o protocolo de comunicação for RS 232; excesso de EMI gerado (interferências eletromagnéticas); aquecimento anormal das etapas de potência (inversores, conversores, etc...) e motorização; em caso de computador pessoal, funcionamento irregular com constantes “travamentos”; falhas intermitentes, que não seguem o padrão; queima de CI’s ou placas eletrônicas sem razão aparente, mesmo sendo elas novas e confiáveis; para equipamentos com monitores de vídeo, interferências nas imagens e ondulações podem ocorrer.

Conforme a Norma Regulamentadora número 10, NR-10, segurança em instalações e serviços com eletricidade, todos os estabelecimentos com carga superior instalada de 75kW (setenta e cinco quilowatts) devem constituir e manter disponíveis para a consulta das autoridades

e dos seus empregados, o Prontuário de Instalações Elétricas e dentre suas prescrições consta como medida de controle contra os riscos de choque elétricos, a documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos, além de ser exigida a elaboração de todos esses documentos técnicos por profissional legalmente habilitado (item 10.2.7 da Norma). Verifiquemos na íntegra o exposto na Norma:

> [...]Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo além do exposto no item 10.2.3, no mínimo: (...) b) documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos. (BRASIL, Norma Regulamentadora número 10, NR-10)

Não obstante, de acordo com a Lei número 11.337, de 26 de Julho de 2006, é obrigatório, desde 1º de Janeiro de 2010, que as unidades consumidoras possuam o sistema de aterramento e suas instalações elétricas compatíveis com a utilização do condutor terra de proteção, bem como tomadas com o terceiro contato correspondente.

2.3 MEDIÇÕES DE ATERRAMENTO

As medições de resistência de aterramento podem ser efetuadas através de diversos métodos: método da regra dos 62%, método dos três pontos, método volt-amperímetro, medição da resistência de aterramento utilizando o aparelho megômetro ou MEGGER, método da queda do potencial dentre outros. Entretanto, o método mais aplicado para medição de resistência de aterramento é o método da queda de potencial.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, dista sobre a medição da resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento através da Norma Brasileira número 15749, publicada em Agosto de 2009, ABNT NBR 15749/2009, quando estabelece os critérios e os métodos de medição de resistência de aterramento.

A norma determina que os ensaios de campo sejam uma forma eficiente para a obtenção dos valores da resistência ôhmica do eletrodo de aterramento e dos valores de potenciais de passo e toque calculados em projeto. Portanto, a resistência do eletrodo de aterramento associada aos potenciais na superfície do solo de uma instalação elétrica são grandezas a serem medidas, pois visa verificar a eficiência do eletrodo em dispersar corrente elétrica no solo em que está inserido, detectar tensões superficiais, que oferecem risco aos seres vivos e equipamentos e determinar a elevação de potencial do sistema de aterramento em relação à terra de referência.

São tratados outros métodos de medição na norma, como o método da queda de potencial com injeção de alta corrente, como mostra a figura 4; o método síncrono à frequência industrial; o método do batimento; o método de injeção de corrente com amperímetro, voltímetro e wattímetro adicional; e métodos alternativos de medição com as instalações energizadas. Mas, independentemente do tipo de método a utilizar, o que dependerá da situação do ensaio encontrada, são prescritas recomendações técnicas quanto à segurança nas medições como utilizar calçados e luvas com nível de isolamento compatível com os valores máximos de tensão que possam ocorrer no sistema sob medição; evitar a realização de medições sob condições atmosféricas adversas, tendo em vista a possibilidade de ocorrência de descargas atmosféricas; impedir que pessoas estranhas ao serviço e animais se aproximem dos eletrodos utilizados na medição e utilizar aparelhos compatíveis aos especificados no Anexo C da ABNT NBR 15749 a fim de garantir a segurança dos operadores e fidelidade dos resultados.

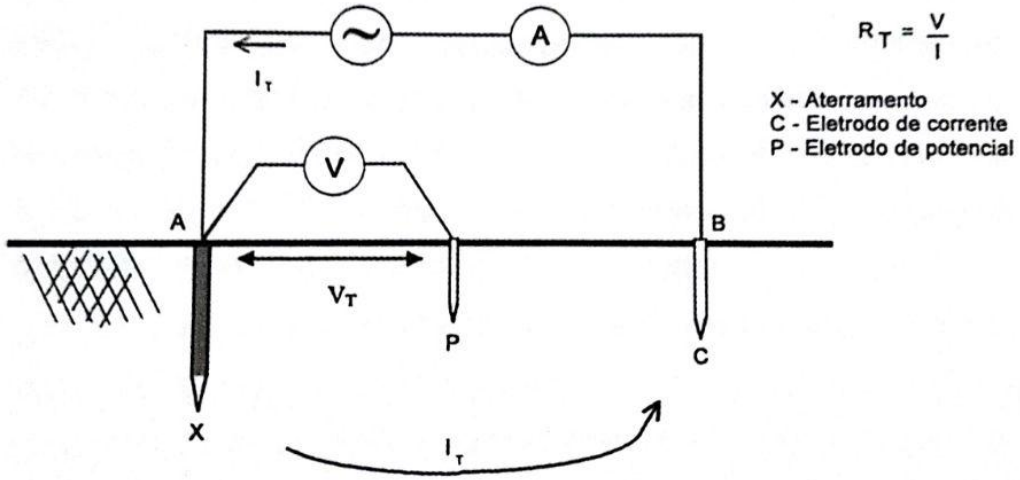


Figura 4: Método da queda de potencial
Fonte: ABNT NBR 15749 (2009)

O instrumento utilizado na medição da resistência de aterramento aplicando o método da queda do potencial deve utilizar o aparelho terrômetro, figura 5, entretanto a norma também traz informações sobre o uso do alicate terrômetro, figura 6. Segundo a MINIPA (2012), este utiliza um método totalmente distinto do tradicional cuja medição da resistência de aterramento é na verdade a medida da resistência de cada ramo de terra, incluindo a resistência de contato em cada ramo e o condutor terra comum, assim como também a resistência do condutor e a haste de terra do circuito ou laço em análise. Por outro lado, o valor medido usando o método tradicional de tensão ou corrente através do terrômetro após o fecho estar solto, é apenas a resistência da haste de terra. Este instrumento utiliza hastes de aterramento auxiliares e consiste em aplicar uma tensão entre o sistema a ser medido e um terra auxiliar e assim medir a resistência de terra até o ponto desejado.

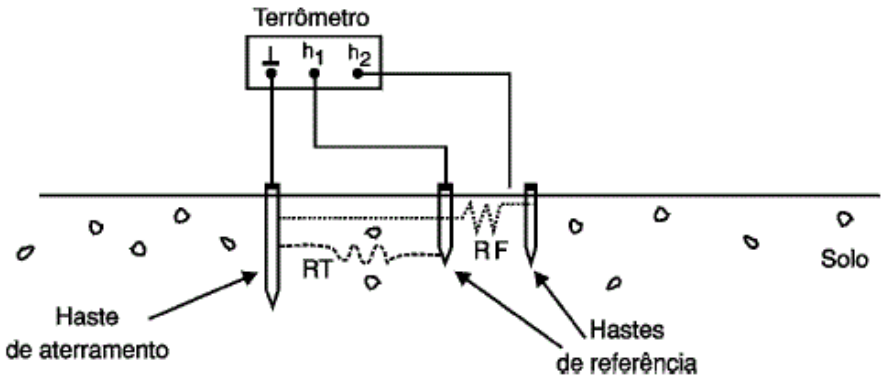


Figura 5: Terrômetro
Fonte: KINDERMAN (1995)

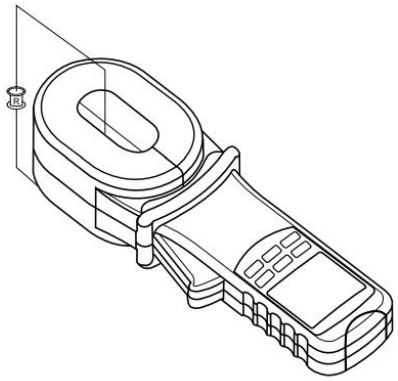


Figura 6: Alicate Terrômetro
Fonte: MINIPA (adaptada), 2012.

A aplicação do alicate terrômetro é facilitada já que não utiliza hastes fincadas no solo tornando o seu uso bastante viável quanto ao tempo e eficiência de medição. Entretanto isso não quer dizer que ele deve ser utilizado em todos os tipos de sistemas de aterramento. Os critérios de sua aplicação são descriminados na norma ABNT NBR 15749/2009 da mesma forma em relação ao terrômetro que utiliza o método tradicional de medição precisando fincar hastes no chão para haver uma medição. Entretanto, ambos têm limitações quanto à eficiência e confiabilidade em relação ao método a utilizar dependendo do tipo de sistema de aterramento o que influencia diretamente no valor da medição.

Em todos os sistemas de aterramento, esses aparelhos de medição devem estar calibrados e o período é entre um e dois anos. Os métodos de ensaio e calibração, os resultados dos ensaios e as informações dos padrões utilizados devem constar do documento que atesta essa calibração, inclusive possibilitando eventual rastreamento. Sempre que possível, a calibração deve ser realizada em laboratório pertencente à Rede Brasileira de Calibração (RBC), ou seja, laboratório acreditado pelo Inmetro.

Atualizada em 2015, a norma ABNT NBR 5419, que dista sobre proteção contra descargas atmosféricas, não mais define um valor específico da resistência de aterramento, mas que sua medição, além de ser realizada por um profissional habilitado e capacitado a exercer essa atividade, com emissão de documentação pertinente, deve ser realizada anualmente para regiões com locais expostos à corrosão atmosférica severa como solos litorâneos. Entretanto, a norma ABNT NBR 15749/2009 define que a resistência de cada eletrodo auxiliar é usualmente especificado pelos fabricantes dos instrumentos de medição a fim de que haja garantia da exatidão das leituras dos ensaios de medição. Ainda complementa que a resistência de aterramento do eletrodo de corrente do terrômetro deve ser inferior a 500Ω e como regra prática, a relação entre a resistência de aterramento do eletrodo de corrente (Rh) e a resistência do sistema de aterramento (Rg) sob ensaio não deve exceder 1000:1, sendo preferíveis relações abaixo de 100:1, ou seja, caso Rh seja igual a 1000Ω, Rg deve ser igual a 1Ω caso a relação seja de 1000:1 ou ainda, se Rh for igual a 1000Ω, Rg não pode ultrapassar 10Ω, na relação 100:1.

2.4 LIMITAÇÕES NA APLICAÇÃO DO MÉTODO DA QUEDA DE POTENCIAL

Apesar de ser um dos artifícios mais utilizados quando se trata de medição da resistência de aterramentos nos sistemas elétricos de baixa tensão, por apresentar consistência nos resultados que são obtidos através dos testes. O método de queda de potencial contém certas limitações que

são necessárias o destaque.

Segundo Filho, é aconselhável que se posicione os circuitos de corrente e potencial auxiliares a uma distância média de 40 m, o que pode se tornar um problema quando a medição está sendo realizada em centros urbanos densamente povoadas. Com isso, a confiabilidade dos resultados alcançados na medição é reduzida.

Além disso, outro aspecto que pode comprometer a aplicação deste método são os grandes sistemas de aterramento, já que estes necessitam de longas distâncias para o posicionamento dos elétrodos auxiliares. Por causa do baixo nível de tensão e corrente gerados pelo instrumento de medição e a grandes distâncias a diferencia de potencial por unidade de comprimento é reduzida, assim aumentando a presença de sinais que possam interferir na precisão da medição da resistência (FILHO, 2002).

4 CONCLUSÃO

Os sistemas de aterramento devem estar em conformidade com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e com as Normas Regulamentadoras (NR's) de segurança do trabalho definidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) desde a etapa de projeto até à execução e conclusão desta.

O aterramento elétrico das instalações elétricas, que é uma medida de controle contra os riscos de choque elétrico nas edificações, deve ter especial atenção quanto à sua documentação, manutenção e valores de medições do sistema de aterramento. Tais medições deverão ser periódicas e obedecer às prescrições de um método específico definido em norma, ABNT NBR 15749/2009, dentre eles, destaca-se o método da queda do potencial que utiliza o aparelho terrômetro.

Esse método é eficiente, porém bastante limitado especificamente quando executado pelo terrômetro convencional e pela necessidade de amplas distâncias para se realizar a medição. A eficiência se dá pela praticidade na aplicação do aparelho alicate terrômetro que, devido à facilidade de transporte e de manuseio, a medição com esse equipamento vem se popularizando e se mostrando bastante eficiente na determinação da resistência (impedância) de aterramento nos sistemas que servem as instalações elétricas, principalmente em áreas densamente edificadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 15749: Medição da resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. *NBR 5419-3: Proteção contra descargas atmosféricas* - Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Normas regulamentadoras de segurança e saúde do trabalho – *NR 18 – Condições e meio ambiente do trabalho na indústria da construção*. Disponível em: < http://trabalho.gov.br/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras >. Acesso em: 06 de Fevereiro de 2017.

_____. Normas regulamentadoras de segurança e saúde do trabalho – *NR 10: Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade*. Disponível em: < http://trabalho.gov.br/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras >. Acesso em: 06 de Fevereiro de 2017.

COTRIM, Ademaro A. M. B. *Instalações elétricas*. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1992.

CAPELLI, Alexandre. *Aterramento Elétrico* – Parte I. Revista Saber Eletrônica, nº 329/Junho/2000.

KINDERMANN, G.; CAMPAGNOLO, J. M. *Aterramento Elétrico*, 2ª edição, Porto Alegre, Editora SAGRA-DC LUZZATTO, 1992.

Manual de instruções MINIPA - *ALICATE TERRÔMETRO ET-4310*. Revisão 02, 29 de Agosto de 2012.

SOTILLE, C. A.; PETTORUTI, L. A. *Medição da resistência de aterramento e dos potenciais de superfície***.** O Setor Elétrico, São Paulo, 138. ed., p. 22-24. 2017

FILHO, F. V. *Aterramentos elétricos: conceitos básicos, técnicos de medição e instrumentação, filosofias de aterramentos*. 1. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

Lei 11.337, de 26 de Julho de 2006 - Determina a obrigatoriedade de as edificações possuírem sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização de condutor-terra de proteção, bem como torna obrigatória a existência de condutor-terra de proteção nos aparelhos elétricos que especifica.

5 ELABORADORES

Jair Melo Sousa (1)
Makcydra Sousa (2)
Antonio Rebouças (3)
Euder Rebouças (4)