

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DE ATERRAMENTOS PELO MÉTODO DA QUEDA DE POTENCIAL PARA ELABORAÇÃO DE LAUDOS TÉCNICOS

Data de submissão: 08/11/2024

Data de aceite: 02/12/2024

Marco Antonio Freire de Queiroz

Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade Anhanguera de Goiânia

Paulo Takao Okigami

Me., Prof., Faculdade Anhanguera de Goiânia, Goiânia-GO

Jeann Cassio Baldoino Monteiro

Me., Prof., Faculdade Anhanguera de Goiânia, Goiânia-GO

Aterramento e de Potenciais na Superfície do Solo em Sistemas de Aterramento. Concluiu-se, portanto, que este é um método eficaz, mas que deve se embasar em análises visuais cuidadosas e possui limitações a serem observadas, como no caso de áreas densamente populosas e sistemas de aterramento extensos, sendo necessário, para estas análises, outros métodos capazes de contornar as adversidades encontradas nestes meios.

PALAVRAS-CHAVE: Medição de aterramentos, laudos de aterramento, métodos de medição.

EARTH ANALYSIS USING THE POTENTIAL DROP METHOD FOR PREPARING REPORTS

ABSTRACT: The analysis of electrical grounding and the preparation of technical reports are fundamental procedures in Electrical Engineering, aiming to guarantee the safety and efficiency of electrical installations. This article presents a literature review on this topic focusing on the Potential Drop method, covering theoretical and practical aspects, and the use of the Megabras MTD-20KWe grounding resistance tester. The research was carried out through consultations in a variety of

RESUMO: A análise de aterramentos elétricos e a elaboração de laudos técnicos são procedimentos fundamentais na Engenharia Elétrica, visando garantir a segurança e eficiência das instalações elétricas. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre este tema com foco no método da Queda de Potencial, abordando os aspectos teóricos e práticos, e utilização do terrômetro Megabras MTD-20KWe. A pesquisa foi realizada através de consultas em fontes variadas, incluindo artigos científicos, vídeos profissionais, livros, normas técnicas nacionais e internacionais, dando destaque para as normas ABNT NBR 15749/2009 – Medição de Resistência de

sources, including scientific articles, professional videos, books, national and international technical standards, highlighting the standards ABNT NBR 15749/2009 – Measurement of Grounding Resistance and Potentials on the Soil Surface in Grounding Systems. It was concluded, therefore, that this is an effective method, but that it must be based on careful visual analyzes and has limitations to be observed, as in the case of densely populated areas and extensive grounding systems, making it necessary, for these analyses, other methods capable of overcoming the adversities found in these environments.

KEYWORDS: Measurement of grounding, grounding reports, measurement methods.

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo compreender como se deve realizar uma avaliação de um aterramento existente, as normas, métodos e equipamentos envolvidos na análise e a descrição detalhada de como aplicar o método da queda de potencial.

O aterramento elétrico é um sistema de vital importância para que Sistemas de Energia Elétrica e Eletrônica funcionem adequadamente, sendo responsável por proporcionar um caminho para dissipação de correntes indesejadas, garantindo a proteção de equipamentos e pessoas. Visando a garantia da correta operação, desempenho ótimo do sistema de proteção e, talvez ainda mais importante, garantir os limites dos níveis de segurança pessoal, faz-se necessário uma atenção especial a este tópico.

Tal disciplina conta com diversas normas que respaldam sua importância, dentre elas a ABNT NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, a ABNT NBR 7117-1 – Parâmetros do Solo para Projetos de Aterramentos Elétricos Parte 1: Medição da Resistividade e Modelagem Geoelétrica e a ABNT NBR 15749 – Medição de Resistência de Aterramento e de Potenciais na Superfície do Solo em Sistemas de Aterramento.

Sendo assim, pode-se elencar como objetivos do aterramento: obter a resistência de aterramento mais baixa possível, para correntes de falta a terra; manter os potenciais produzidos pelas correntes de falta dentro dos limites de segurança, de modo a não causar danos permanentes à saúde de quem esteja na área protegida; fazer com que equipamentos de proteção sejam mais facilmente sensibilizados e isolem rapidamente as falhas à terra; proporcionar um caminho de escoamento das descargas atmosféricas; usar a terra como retorno de corrente no sistema Monofilar com Retorno por Terra (MRT); escoar cargas estáticas geradas nas carcaças dos equipamentos.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa realizada neste artigo consistiu em uma revisão bibliográfica, a qual permitiu uma abordagem qualitativa e descritiva sobre o tema Análise de Aterramentos pelo Método da Queda de Potencial e a elaboração de laudos.

Para a realização dessa revisão, foram consultadas diversas fontes de informação,

incluindo livros, artigos científicos, dissertações e teses, selecionados por meio de buscas realizadas em bases de dados eletrônicas relevantes. As bases de dados utilizadas foram a IEEE Xplore, Scopus, Web of Science, manuais de fabricantes de terrômetros e normas da ABNT. O período de delimitação da pesquisa abrangeu os últimos 8 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Medição de aterramentos, laudos de aterramento, métodos de medição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização de laudos de aterramentos, faz-se necessário utilizar equipamentos adequados como terrômetros e resistivímetros de acordo com a NBR 15749 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009).

De forma prática, os resistivímetros ainda são instrumentos considerados caros e negligenciados pelo mercado profissional de forma ampla, sendo usado mais por empresas especializadas em laudos e consultorias, que lidam cotidianamente com situações que envolvem análises mais complexas.

A medição da malha de aterramento como terrômetros consiste, basicamente, na injeção de uma corrente e um potencial no solo e a aferição da dispersão realizada na malha instalada, verificando assim sua resistência, possibilitando analisar o quanto eficaz está sendo o escoamento à terra, conforme orienta a NBR 15749 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009).

Para a medição com terrômetro, adota-se como referência o Terrômetro da Megabras MDT – 20KWe, que é amplamente utilizado, tanto para medição de resistências de aterramentos, como para realização de sondagens elétricas verticais, antes conhecidas como estratificação do solo, de acordo com a NBR 7117-1 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020) e está conformidade com os requisitos da IEC 61557-5:2019 - *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V AC and 1500 V DC - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 5: Resistance to Earth*.

Para início da medição da resistência da malha de aterramento, utiliza-se os bornes H (EC) – vermelho, eletrodo de injeção de corrente, S (ET) – azul, eletrodo de tensão, ou sonda, e E (EXC) – verde, eletrodo de retorno de corrente, conforme a Figura 1.

As nomenclaturas E – ES – S – H são as recomendadas pela IEC 61557-5:2019 e as Exc – Ext – Et – Ec são as padronizadas pelo fabricante.

Para iniciar o procedimento, será adotada a realização de medições de resistência de tomada de terra (MODENA, 2024). Logo serão utilizadas 3 hastes para sua realização e o equipamento na configuração R (3 pole). Nesta função os bornes E e ES estão curto-circuitados internamente, sendo que o borne ES não é utilizado para este tipo de medição.

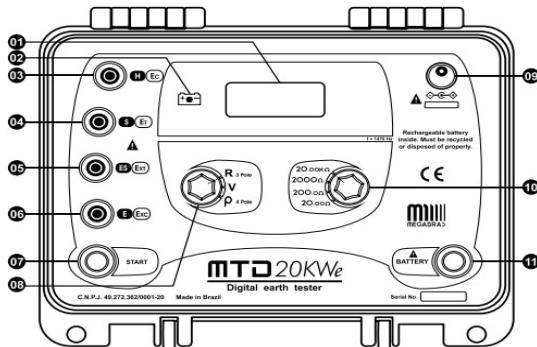


Figura 1. Terrômetro Megabras MTD 20KWe.

Fonte: Megabras (2008).

Primeiramente, o borne E – (ESC) do terrômetro deve ser conectado ao que se quer medir ou tomada de terra a medir (E1), na maioria dos casos a haste de terra existente, conectando por cabo disponível de 5m. Nesta etapa, deve-se atentar para desconexão de toda massa conectada na malha de aterramento. A Figura 2 mostra a conexão no ponto E1.

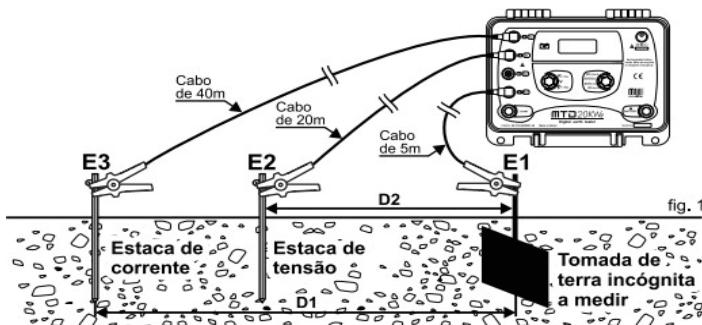


Figura 2. Medição de Resistência de Aterramento.

Fonte: Megabras (2008).

Posteriormente, deverão ser cravadas no terreno duas estacas auxiliares, E3 e E2, sendo uma o eletrodo auxiliar de corrente, E3, e a outra o eletrodo auxiliar de tensão, E2. A estaca correspondente ao eletrodo auxiliar de corrente deve ser conectada no borne H – (EC) do terrômetro e a uma distância D1 de, pelo menos, três vezes o valor do comprimento da haste. A estaca correspondente ao eletrodo auxiliar de tensão, E2, deve ser conectada no borne S – (ET) do terrômetro e a uma distância D2 de 62% da distância D1, conforme NBR 15749 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009).

Após esta configuração, pressiona-se a tecla Start, número 07 da Figura 1, e identifique o valor aferido no display, número 01 da Figura 1. Ressalta-se a atenção de que o limite de medição do equipamento é de 20 kΩ, o que reforça a necessidade de uma pré-análise cuidadosa antes de ir em campo realizar a medição do sistema, a fim de evitar

retrabalho ou gastos desnecessários.

Nesta aplicação, a corrente gerada pelo terrômetro circula pela tomada de terra E1 e o eletrodo de corrente E3. Com isso, o equipamento mede a tensão entre o ponto de tomada de terra e o eletrodo de tensão, E2. O valor da resistência de aterramento, denominada R, então, é obtido de forma indireta, através do quociente da tensão e da corrente.

Existem duas zonas de influência que afetam os resultados (Duque, 2015). Caso a estaca de tensão esteja muito próxima do ponto de tomada de terra, tem-se a influência deste ponto de forma destrutiva no sinal obtido, conforme mostrado na Figura 3. Caso a estaca de tensão esteja muito próxima da estaca de corrente tem-se uma influência construtiva no sinal. Ambos os cenários resultam em dados mascarados da resistência de aterramento. Esta é a razão pela qual recomenda-se o afastamento em 62% de E2 em relação a E1 (Mendes, 2024).

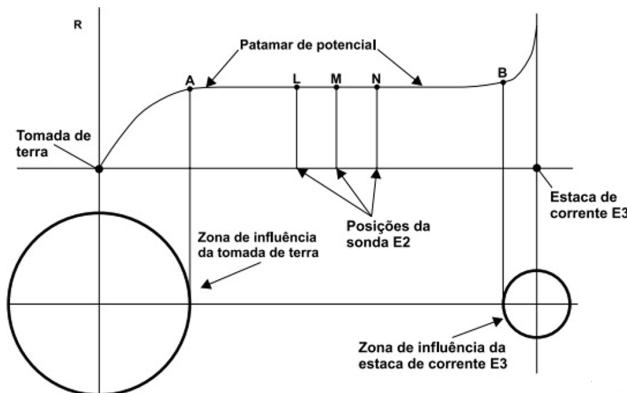


Figura 3. Sinal em relação a zonas de influências.

Fonte: Megabras (2008).

De modo a garantir uma referência exata da resistência de aterramento, faz-se necessário pelo menos outras duas medidas para o eletrodo ou estaca de tensão. Para tanto, traça-se uma direção linear entre a tomada de terra e a estaca de corrente, na qual a estaca de tensão foi previamente cravada a 62% de E1. Para as próximas duas medições, deve-se variar a estaca E2 em 5% da distância D1, E1 a E3, para a direita e posteriormente para a esquerda deste ponto inicial, que será chamado de $S_{(inicial)}$, conforme orienta ABNT NBR 15749 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009, p.12).

Isso faz-se necessário para garantir que a medição está ocorrendo na Zona Patamar de Potencial, que é a que garantirá o da resistência de aterramento, ou seja, que não está sofrendo influências dos eletrodos de corrente e do ponto de conexão.

Sendo a primeira medida o $S_{INICIAL}$, a segunda o S_1 e a terceira o S_3 , a medição estará coerente se, e somente se, os valores encontrados respeitarem a eq. (1), de acordo com a NBR 15749 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009).

$$\frac{R_{S1}-R_{S2}}{R_{S(inicial)}} \leq 10\% \quad (1)$$

Caso esta equação não seja respeitada, ou seja, os valores encontrados divergem do resultado esperado na eq. (1), deve-se reposicionar as estacas de medição, pois os valores não coincidem com a realidade. Caso os valores encontrados atendam ao requisito da eq. (1), o valor da resistência de aterramento será dado pela média aritmética dos três valores, conforme eq. (2), de acordo com a NBR 15749 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009).

$$R_{aterramento} = \frac{R_{S(inicial)} + R_{S1} + R_{S2}}{3} \quad (2)$$

O método de medição de resistividade do solo, apresenta-se bastante satisfatório para realização das análises necessárias do dia a dia, visando garantir a segurança e a eficiência das instalações elétricas.

Tal método, para ser ainda mais eficiente na elaboração completa de um laudo, deve-se apoiar na inspeção visual do sistema, visando verificar os pontos de conexão à malha de aterramento, se não possuem pontos de oxidação/corrosão e a integridade física do mesmo, incluindo testes de continuidade, para garantir que os pontos em análise estão devidamente conectados ao aterramento e cumprindo seu papel de proteção e equipotencialização, conforme orienta NBR 15749 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009).

Embora seja um método simples e eficaz, possui algumas dificuldades em sua realização, que devem ser observadas atentamente pelos profissionais e, quando impossível sua aplicação, deve-se estudar outro método para aferição do aterramento.

Por conta da distância recomendada pela NBR 15749 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009) para a cravação da estaca ou eletrodo de corrente, 3 a 5 vezes a maior distância da malha, esta medição pode ser complicada, ou até mesmo impossível de se obter.

Em regiões densamente populosas, principalmente, encontra-se diversos sistemas no subterrâneo que podem interferir na medição realizada.

Em instalações onde as malhas de aterramento são extensas, da ordem de algumas centenas de metros ou até quilômetros, seria necessário estender os circuitos de corrente e potencial a grandes distâncias. Outro fator característico deste tipo de instalação é a significância da impedância em relação a resistência, sendo necessário analisar acoplamentos de circuitos e reatância dos mesmos (Mendes, 2024).

CONCLUSÃO

A análise de aterramentos pelo Método da Queda de Potencial e a subsequente elaboração de laudos técnicos são processos fundamentais para garantir a segurança, eficiência e conformidade dos sistemas elétricos.

Ficou evidente que a aplicação adequada do Método da Queda de Potencial, observando-se a região de atuação da medição, permite identificar e diagnosticar potenciais problemas nos sistemas de aterramento, fornecendo dados precisos e confiáveis para orientar intervenções corretivas e preventivas.

Por fim, este artigo visa não apenas fornecer uma visão abrangente sobre a análise de aterramentos pelo Método da Queda de Potencial e a elaboração de laudos, mas também promover a conscientização sobre a importância desses processos na engenharia elétrica moderna. Através do conhecimento e da aplicação das melhores práticas, podemos garantir um ambiente elétrico mais seguro e confiável para todos.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15749: Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7117-1: Parâmetros do solo para projetos de aterramentos elétricos Parte 1: Medição da resistividade e modelagem geoelétrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

International Electrotechnical Commission. IEC 61557-5: Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000V AC and 1500V DC – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 5: Resistance to earth. IEEE, 2019.

Megabras MTD-20KWe Terrômetro digital - Manual de uso. São Paulo, 2008.

Modena, J.; Sueta, H. Aterramentos elétricos. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/documentos/fasciculos/Ed65_fasc_aterramentos_cap6.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2024.

Duque, L. A-59 Medição da Resistência de Aterramento: Queda de Potencial. YouTube, 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=NxDUd1o588sY>>. Acesso em: 31 mar. 2024.

Mendes, A. Métodos de medição de resistência de aterramento. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/fields/attachment_file/br_-_medicao_de_resistencia_de_aterramento_-_andre_mendes_0.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2024.