

# ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DA ALTERAÇÃO DOS PADRÕES CONSTRUTIVOS DOS ELETRODOS DE ATERRAMENTO VISANDO A UTILIZAÇÃO E FISCALIZAÇÃO EM PROJETOS

## STUDY ON THE FEASIBILITY OF CHANGING THE CONSTRUCTIVE STANDARDS OF GROUNDING ELECTRODES AIMING AT THE USE AND SUPERVISION IN PROJECTS

**REIS**, Leonardo França Camara <sup>1</sup>  
**SILVA**, Antônio José Dias da <sup>2</sup>  
**AZEVEDO JR.**, Geraldo Motta <sup>3</sup>  
**PINHEIRO**, André Luis da Silva <sup>4</sup>

**Resumo:** O presente artigo aborda um estudo sobre a viabilidade da alteração dos padrões construtivos dos eletrodos de aterramento visando sua utilização e fiscalização em projetos e principalmente no auxílio da fiscalização das montagens de padrões de entrada de energia elétrica. O estudo se iniciou devido a impossibilidade da fiscalização de hastes de aterramento instaladas em padrões de entrada por parte dos profissionais que fiscalizam e aprovam as montagens dos padrões de ligação solicitados pelos clientes. Infelizmente a montagem desses padrões nem sempre são realizadas por profissionais da área e por este motivo em alguns casos, a haste de aterramento é seccionada com o objetivo de facilitar a sua aplicação no solo, essa ação pode prejudicar de forma significativa o aterramento da instalação em questão, pois em casos que a resistência de aterramento fica menor nas camadas mais profundas do solo, o comprimento da haste exerce influência significativa nos valores de resistência de aterramento e seu comprimento inferior ao recomendado pode não oferecer uma resistência operativa satisfatória e segura a instalação elétrica a ser atendida. Outro fato relevante é o descumprimento das regulamentações para ligação de padrões de entrada definido pelas concessionárias de energia elétrica do país.

**Palavras-chave:** Sistemas de aterramento, Eletrodos de aterramento, Hastes de aterramento, Resistência de aterramento, Segurança das instalações elétricas, Características construtivas dos eletrodos.

**Abstract:** This article addresses a study on the feasibility of altering the construction patterns of the grounding electrodes with a view to their use and inspection in projects and mainly in assisting the inspection of the assembly of electrical energy input patterns. The study started due to the impossibility of the inspection of earthing rods installed in entrance standards by the professionals who inspect and approve the assembly of the connection standards requested by the customers. Unfortunately, the assembly of these standards is not always carried out by professionals in the field and for this reason in some cases, the grounding rod is sectioned in order to facilitate its application on the ground, this action can significantly affect the grounding of the installation in question, because in cases where the grounding resistance is lower in the deeper layers of the soil, the length of the rod exerts a significant influence on the values of grounding resistance and its length less than recommended may not offer a satisfactory and safe operational resistance to the electrical installation to be attended to. Another relevant fact is the failure to comply with regulations for the connection of entry standards defined by the country's electric utilities.

**Keywords:** Grounding systems, Grounding electrodes, Grounding rods, Grounding resistance, Safety of electrical installations, Constructive characteristics of the electrodes.

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Elétrica – Centro Universitário Augusto Motta – [leonardo\\_jf@hotmail.com](mailto:leonardo_jf@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mestre em Sistemas de Informação – Centro Universitário Augusto Motta – [antonioj@souunisuam.com.br](mailto:antonioj@souunisuam.com.br)

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Elétrica - Centro Universitário Augusto Motta – [geraldomajr@hotmail.com](mailto:geraldomajr@hotmail.com)

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia Nuclear - Centro Universitário Augusto Motta – [apinheiro99@gmail.com](mailto:apinheiro99@gmail.com)

## 1 INTRODUÇÃO

Devido a evolução tecnológica dos últimos anos, as pessoas passaram a ter mais condições de adquirir uma série de eletrodomésticos, eletroeletrônicos e outros. Com esse avanço, os aparelhos passaram a ser cada vez menores e com sistemas e sensores inteligentes dotados de placas micro processadas, entretanto, essa evolução exige cada vez mais que o sistema elétrico do consumidor esteja em acordo com as normas técnicas e de segurança.

Até alguns anos atrás, o sistema de aterramento não era percebido da forma que deveria sendo comum ainda encontrar em algumas residências instalações com a inexistência ou a existência incorreta do sistema de aterramento. Como no momento da ligação de determinada carga o fio responsável pela interligação do aterramento não impede o funcionamento da mesma caso não seja conectado, pessoas leigas ou que executam ligação de instalações elétricas sem o pleno conhecimento da atividade acabam que por imprudência ou imperícia descartando a instalação do fio de aterramento em conjunto com seu sistema de aterramento. Por outro lado, existe também a vontade do cliente, que por achar que o custo com cabos e hastes para o aterramento é alto solicitam a retirada destes materiais do orçamento da obra com a falsa ideia de economia.

A falta ou instalação incorreta dos sistemas de aterramento pode causar uma série de transtornos, podendo provocar danos ou falhas em equipamentos elétricos, sem este sistema instalado os equipamentos possuem baixo grau de confiabilidade estando sujeito a prováveis danos na ocorrência de anormalidades nas instalações elétricas que vão desde descargas atmosféricas até correntes de fuga que não encontrando o caminho correto para escoamento, podem circular por locais indevidos no equipamento causando anormalidade no funcionamento ou danos que resultam em parada. Além de evitar danos contínuos nos equipamentos, o sistema de aterramento, se instalado corretamente, evita a ocorrência de choque elétrico acidental, pois se as correntes de fuga não tiverem um caminho para descarga na terra devidamente planejado e mantidos, elas encontrarão outros caminhos não planejados que podem incluir a passagem por uma pessoa através de um simples contato com a carcaça do equipamento ou partes condutivas.

Diante dos problemas relacionados anteriormente e de outros que possuem ligação indireta com o tema, foi desenvolvida uma proposta de estudo sobre a viabilidade da alteração dos padrões construtivos dos eletrodos de aterramento visando a otimização da sua utilização e da fiscalização em projetos, pois no estudo de sistemas de aterramento, a profundidade do eletrodo pode influenciar de forma significativa na resistência de aterramento, uma vez que a resistência do solo não é uniforme e tende a diminuir com o aumento da profundidade.

## 2 DESENVOLVIMENTO

O estudo está baseado em problemas reais que acontecem no processo de instalação de sistemas de aterramento e de uma pesquisa exploratória que visa atender para os perigos da falta ou falha deste sistema. A proposta foi desenvolver um protótipo de eletrodo de aterramento que permita a fiscalização de seu comprimento total após sua instalação de maneira simples e rápida.

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho é dividida em quatro etapas:

**Etapa 1:** análise da literatura focando nas seguintes áreas: Normas e regulamentações sobre o aterramento elétrico residencial e industrial, análise de solo e relação comprimento x resistência de aterramento, Confiabilidade de sistemas elétricos devidamente aterrados, importância da medição do sistema, riscos de acidentes com eletricidade associados a falha de aterramento.

**Etapa 2:** arquitetura do protótipo: análise de pontos positivos e negativos gerados pela alteração do padrão construtivo, análise da viabilidade técnica e construtiva utilizando o mesmo material da peça original ou material similar também aceitável para a instalação do sistema, estudo de possíveis melhorias no projeto durante a elaboração.

**Etapa 3:** Desenvolvimento do protótipo considerando condições normais de uso, e verificação de possíveis falhas ou anormalidades ocorridas durante o processo de fabricação, corrigindo falhas e imprevistos caso existam.

**Etapa 4:** testes e medições considerando um cenário adequado de instalação e outros inadequados com variação proposital do comprimento das hastes aplicadas e avaliação dos resultados obtidos através de comparativos.

### 2.1 Funcionamento

A criação do protótipo teve o objetivo de concretizar a ideia de possibilitar a verificação das hastes de aterramento após instaladas utilizando um fio ou uma guia de comprimento adequado ao orifício criado para possibilitar a medição do comprimento. Para a elaboração do protótipo da haste a ser aplicada foi levado em consideração a melhor geometria para a aplicação da alteração. A princípio foi pensado em realizar a alteração na característica construtiva das hastes de aterramento de aço cobreado que são os modelos predominantes nos padrões de entrada de energia elétrica das principais concessionárias do Brasil, porém quando as possibilidades foram analisadas de forma criteriosa, foi verificado que esta alteração causaria perda de volume e possível comprometimento da resistência mecânica do material, pois a ideia era inserir um furo de maneira longitudinal em todo o corpo do protótipo.

A ideia inicial de utilizar este modelo de haste para desenvolver a alteração construtiva se tornou pouco atraente, pois a viabilidade e custo benefício foram severamente afetados em virtude da necessidade de se redesenhar boa parte do processo de fabricação existente causando aumento considerável no tempo de fabricação e custo final do produto.

Tendo em vista que a haste tipo cantoneira de aço zincado também é admitida como material apropriado para a confecção de sistemas de aterramento, foi definido como o tipo ideal para o projeto devido ao seu modelo em cantoneira oferecer uma melhor adaptação para alterações construtivas.

A ideia de se realizar a alteração de padrão construtivo em eletrodos do tipo cantoneira se deve a maior facilidade em alterar a sua característica inicial sem prejudicar de forma significativa seu processo de fabricação e sua resistência mecânica. Neste modelo, ao invés de retirar material da parte interna do eletrodo para formar um orifício, é instalada uma chapa de metal na junção das arestas da cantoneira formando assim um caminho para possibilitar a medição do seu comprimento, esta ação além de não comprometer a resistência mecânica inicial do material, pode favorecer sua instalação, pois como a junção forma um triângulo na sua parte central, a estrutura se torna mais equilibrada e resistente a deformações durante sua instalação. Por se tratar de um protótipo, algumas de suas dimensões e características foram reduzidas para facilitar a didática e o manuseio durante a apresentação do trabalho.

O processo de confecção do protótipo passou por diversas etapas, onde a cantoneira de ferro foi escolhida juntamente com a chapa a ser soldada e cuidadosamente trabalhada e usinada de modo a promover um acabamento aceitável. Por se tratar de um protótipo, suas dimensões foram reduzidas de modo a facilitar o trabalho da peça e transporte. O material utilizado foi o ferro em razão do menor custo e maior disponibilidade no mercado já a peça existente é feita de aço revestida com zinco galvanizada.

Figura 1 – Protótipo finalizado com apontamento de orifício de medição



Fonte: Autores

Figura 2 – Vista completa do protótipo finalizado



Fonte: Autores

## 2.2 Aplicações

Visa aplicação em todas as áreas da eletricidade onde seja necessário a instalação de hastes de aterramento e não seja possível o acompanhamento prévio da sua instalação. Para as hastes dos padrões de entrada de energia, visa inibir ações de manipulação do eletrodo de aterramento uma vez que o técnico fiscal da instalação terá condições de estabelecer a medição no local e comprovar se o comprimento total da haste está em acordo com o recomendado na regulamentação mesmo após instalada no solo.

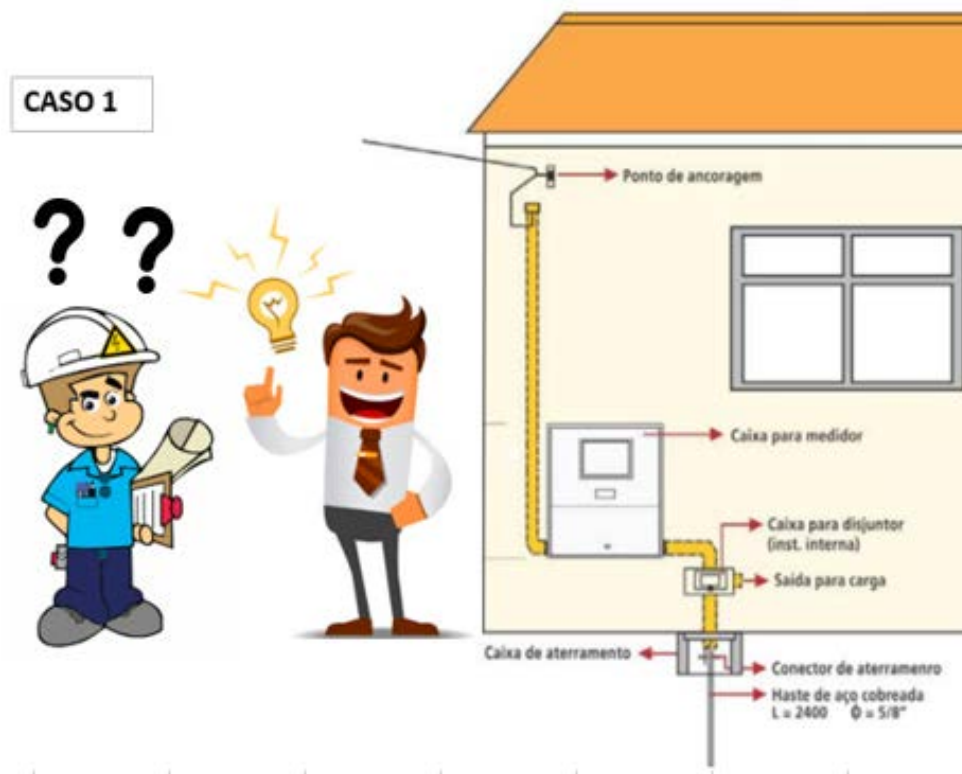
Em casos de fiscalização de padrão de entrada residencial o profissional na figura 4 encontra grande dúvida em comprovar se a haste foi instalada conforme a regulamentação e por este motivo realiza somente a inspeção visual na caixa de inspeção do sistema de aterramento. As especificações do desenho abaixo foram extraídas do RECON LIGHT tomado como exemplo na situação da figura 4, porém esta situação também pode ocorrer no processo de outras concessionárias. Conforme ilustração da figura 3, alguns profissionais realizam tentativas de puxar a haste de aterramento ou cabos que realizam a interligação para verificar se estão de fato firmes no solo, mas em alguns casos o solo não permite nenhum tipo de movimentação do material mesmo que este não esteja com seu comprimento total de fabricação.

Figura 3 – verificação de haste de aterramento



Fonte: <http://www.bgfconsultoria.com.br/inspecao-do-sistema-aterramento>

Figura 4 – Fiscalização para aprovação de ligação de padrão de entrada residencial



Fonte: Autores

## 2.3 Simulação

Para a verificação da influência do comprimento na medição de resistência de aterramento, foi escolhido um local fixo para a realização dos testes em 3 hastes de aterramento com comprimentos variados de 600 mm, 1200 mm e 2400 mm respectivamente.

O solo em questão não passou por processo de estratificação ou preparação prévia para a instalação das hastes de aterramento.

Importante ressaltar que um sistema de aterramento eficiente depende de diversos fatores relacionados as dimensões e tipos dos eletrodos de aterramento e ao solo em que será aplicado.

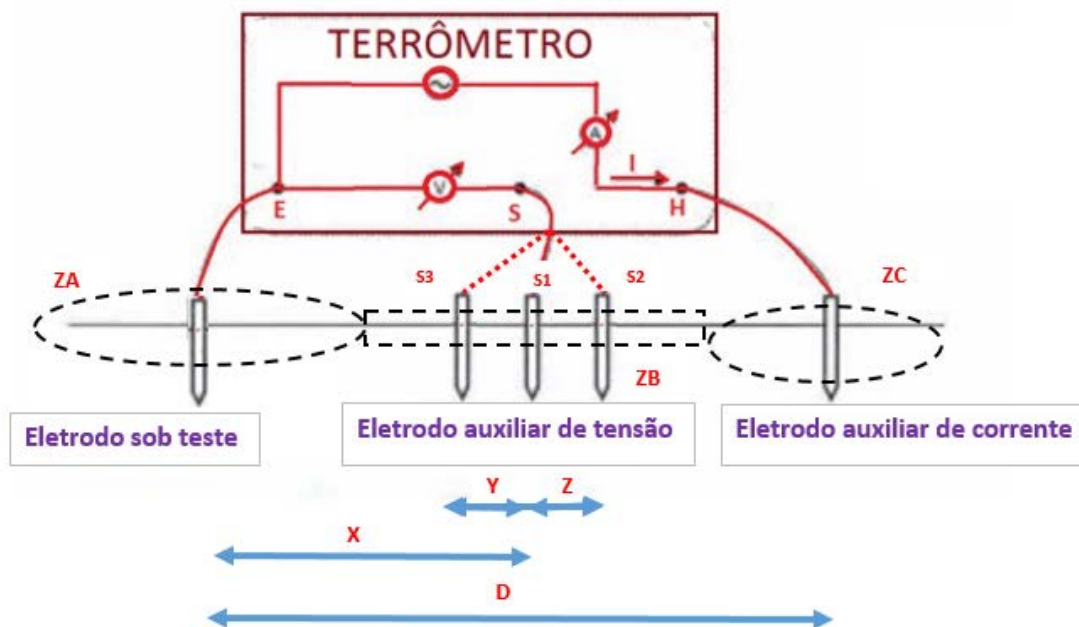
O solo tem papel importante no valor final obtido, pois fatores como temperatura, compacidade, humidade, quantidade de grãos entre outros fatores influenciam na obtenção dos valores de resistência projetados.

Para a realização dos testes de resistência de aterramento nos eletrodos utilizados, foi aplicado o método de queda de potencial que consiste em fazer circular uma corrente entre os eletrodos de teste e de corrente e medir uma tensão através de um terceiro eletrodo instalado em local intermediário aos eletrodos de teste e corrente.

Para possibilitar uma medição correta o eletrodo de potencial não deverá ficar na zona de influência do eletrodo sob teste assim como também da zona de influência do eletrodo de corrente.

Para que isso não ocorra é preciso respeitar as distâncias e espaçamentos contidos na norma NBR 15749 que se refere a medição da resistência de aterramento na superfície do solo em sistemas de aterramento. Na figura 5 será detalhada a forma como os testes foram realizados no campo.

Figura 5 – Arranjo do método de queda de potencial



Fonte: Autores

Na figura 5 é possível verificar qual o arranjo foi utilizado para a realização dos testes, a seguir será descrito os componentes deste arranjo.

ZA – Representa a zona de influência do eletrodo ou malha sob teste, caso a medição seja realizada dentro desta área os valores obtidos normalmente tendem a ser espúrios.

ZB – Esta zona é conhecida como zona de patamar de potencial e é a área ideal para a fixação das 3 posições dos eletrodos auxiliares de tensão, pois é a área em que teoricamente mantém um valor de resistividade aproximado ao linear com a menor variação da grandeza medida.

ZC – Representa a zona de influência do eletrodo auxiliar de corrente e assim como na ZA, caso esta zona seja atingida comprometerá a medição.

E – Borne de ligação entre o eletrodo ou malha sob teste ao terrômetro

S – Borne de ligação entre o eletrodo auxiliar de potencial e o terrômetro

H - Borne de ligação entre o eletrodo auxiliar de corrente e o terrômetro

S1 – S2 – S3 – São variações de posicionamento do eletrodo auxiliar de potencial necessárias para aplicação do método.

D – Distância entre o eletrodo sob teste e o eletrodo auxiliar de corrente

X – Distância entre o eletrodo sob teste e o eletrodo auxiliar de potencial

Y e Z – Distância que representa as variações de medição do eletrodo de potencial



- Passo a passo do método aplicados aos eletrodos:

Primeiro foi instalado o eletrodo a ser medido, neste trabalho se utilizou 3 medidas de eletrodos para teste, são elas 600mm, 1200mm e 2400mm. Após a instalação do eletrodo a ser medido, com uma trena foi determinada a distância (D) entre o eletrodo sob teste e o eletrodo de corrente. Por norma essa distância deve ser de no mínimo 3 vezes o comprimento do eletrodo sob teste.

Após instalado o eletrodo auxiliar de corrente na distância adequada é necessário a instalação do eletrodo de potencial. A distância do mesmo é representada na figura 66 por (X). Essa distância deverá ser aproximadamente 62% da distância (D) com a maior dimensão sendo inferior a 10 metros.

Após instalados os eletrodos a primeira medição foi coletada e logo após o eletrodo de potencial que estava situado em (S1) foi remanejado para o ponto da segunda medição (S2) a uma distância (Z) que é aproximadamente 5% da distância (D). Coletada a segunda medição o eletrodo situado no ponto (S2) foi novamente remanejado, porém desta vez para o ponto (S3) a uma distância (Y) que também é aproximadamente 5% da distância (D) e tomando como referência o centro em (S1).

Após coletadas as 3 medições na mesma direção é recomendado que a medição seja realizada em outras direções afim de melhorar o grau de confiabilidade da medição. Para este trabalho foram realizadas medições somente em duas direções.

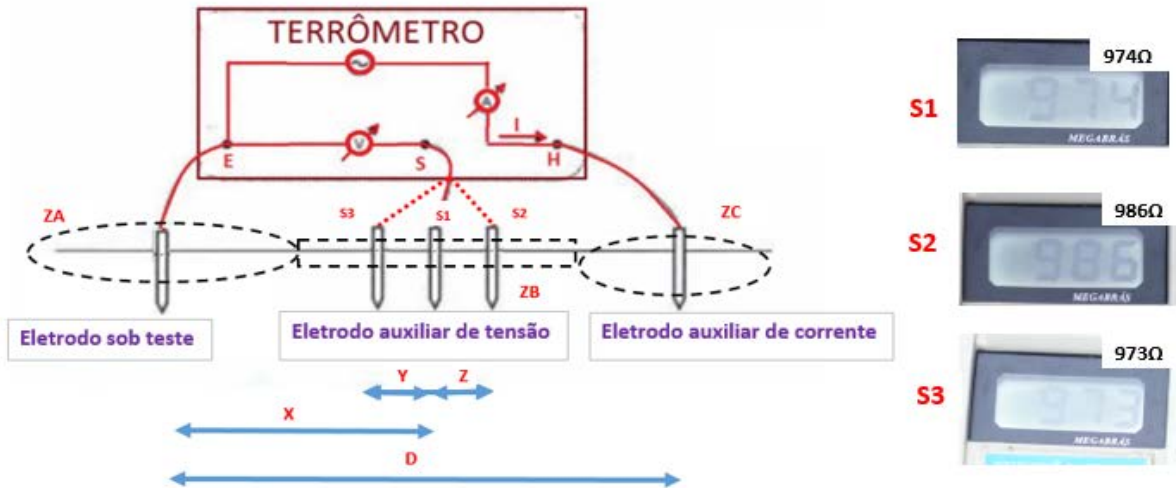
Com os dados em mãos, se faz necessário realizar alguns cálculos para obter um valor mais preciso da medição. O primeiro cálculo a ser realizado é a diferença dos valores medidos entre a segunda e terceira leituras e após o resultado deverá ser dividido pelo valor encontrado na primeira leitura. O resultado final deverá ser transformado em percentual sendo multiplicado por 100. Para o valor da medição ser considerado válido, é necessário que o percentual obtido não seja superior a 10%. Caso o valor obtido supere os 10% os eletrodos devem ser reposicionados e todas as medições repetidas.

Identificando o valor como válido, ou seja, abaixo dos 10% a medição deverá ser obtida através da média aritmética dos valores das 3 medições.

Nas figuras 6, 7 e 8 temos apresentado os dados, cálculos e resultados de cada eletrodo utilizado de forma crescente.



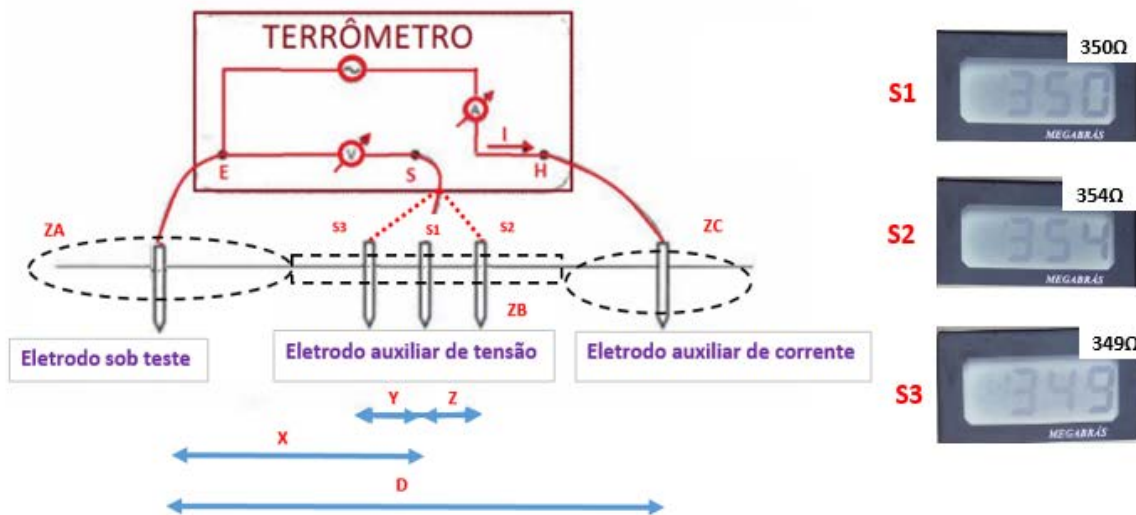
Figura 6 – Dados da medição com eletrodo de 600 mm



DISTÂNCIAS ESTABELECIDAS PARA O ELETRODO DE:			600 mm
L	600	mm	COMPRIMENTO DO ELETRODO
D	1800	mm	3 X L
X	1116	mm	62% de D
S1	1116	mm	62% de D
S2	1206	mm	5% de D (DIREITA DE S1)
S3	1026	mm	5% de D (ESQUERDA DE S1)

Fonte: Autores

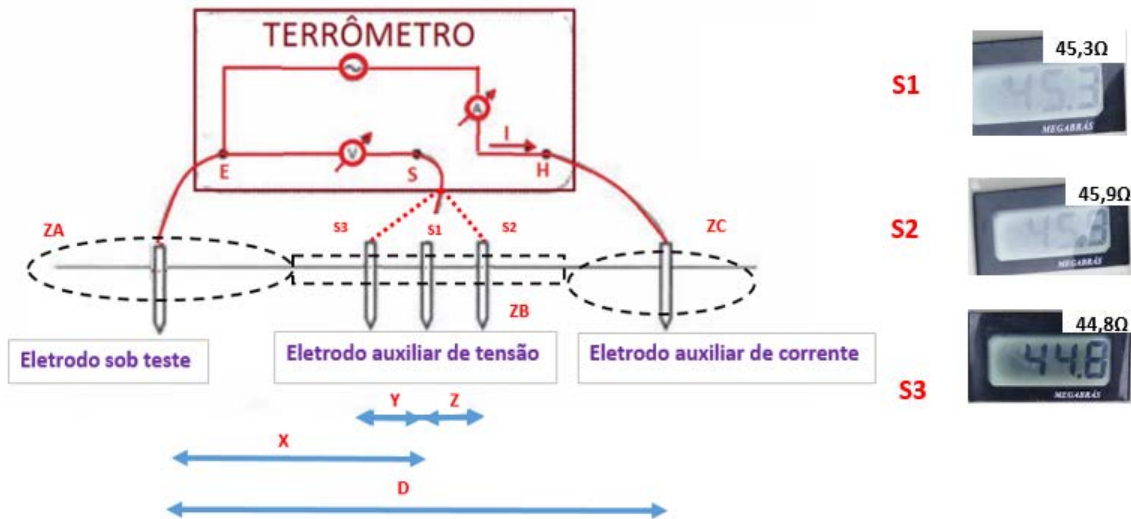
Figura 7 – Dados da medição com eletrodo de 1200 mm



DISTÂNCIAS ESTABELECIDAS PARA O ELETRODO DE:			1200 mm
L	1200	mm	COMPRIMENTO DO ELETRODO
D	3600	mm	3 X L
X	2232	mm	62% de D
S1	2232	mm	62% de D
S2	2412	mm	5% de D (DIREITA DE S1)
S3	2052	mm	5% de D (ESQUERDA DE S1)

Fonte: Autores

Figura 8 – Dados da medição com eletrodo de 2400 mm



DISTÂNCIAS ESTABELECIDAS PARA O ELETRODO DE:			2400 mm
L	2400	mm	COMPRIMENTO DO ELETRODO
D	7200	mm	3 X L
X	4464	mm	62% de D
S1	4464	mm	62% de D
S2	4824	mm	5% de D (DIREITA DE S1)
S3	4104	mm	5% de D (ESQUERDA DE S1)

Fonte: Autores

Assim como determina o método aplicado, as medições devem passar pelo cálculo de validação que relaciona as três medições realizadas. Foram realizadas as validações dos 3 tipos de haste utilizadas. Para a aceitação das medições é necessário que o seu resultado percentual permaneça abaixo do limite de tolerância de 10%. O segundo cálculo está relacionado à verificação da verdadeira resistência de aterramento dos eletrodos sob testes. Este valor é encontrado através da realização da média aritmética da medição realizada nos três pontos definidos pelo método e teoricamente é o que se mantém mais aproximado do valor constante situado na zona de patamar de potencial. As tabelas 1, 2 e 3 descrevem em detalhes os resultados obtidos para cada medida de comprimento do eletrodo em ordem crescente.

Tabela 1 – Resistência verdadeira do eletrodo de 600 mm

CÁLCULO DA RESISTÊNCIA VERDADEIRA (RV)							
(S1	+	S2	+	S3)	/	3	= VALOR Ω
(974	+	986	+	973)	/	3	= 977,7 Ω

Fonte: Autores

Tabela 2 – Resistência verdadeira do eletrodo de 1200 mm

CÁLCULO DA RESISTÊNCIA VERDADEIRA (RV)								
(S1	+	S2	+	S3)	/	3	=	VALOR Ω
350	+	354	+	349	/	3	=	351 Ω

Fonte: Autores

Tabela 3 – Resistência verdadeira do eletrodo de 2400 mm

CÁLCULO DA RESISTÊNCIA VERDADEIRA (RV)								
(S1	+	S2	+	S3)	/	3	=	VALOR Ω
45,3	+	45,9	+	44,8	/	3	=	45,33 Ω

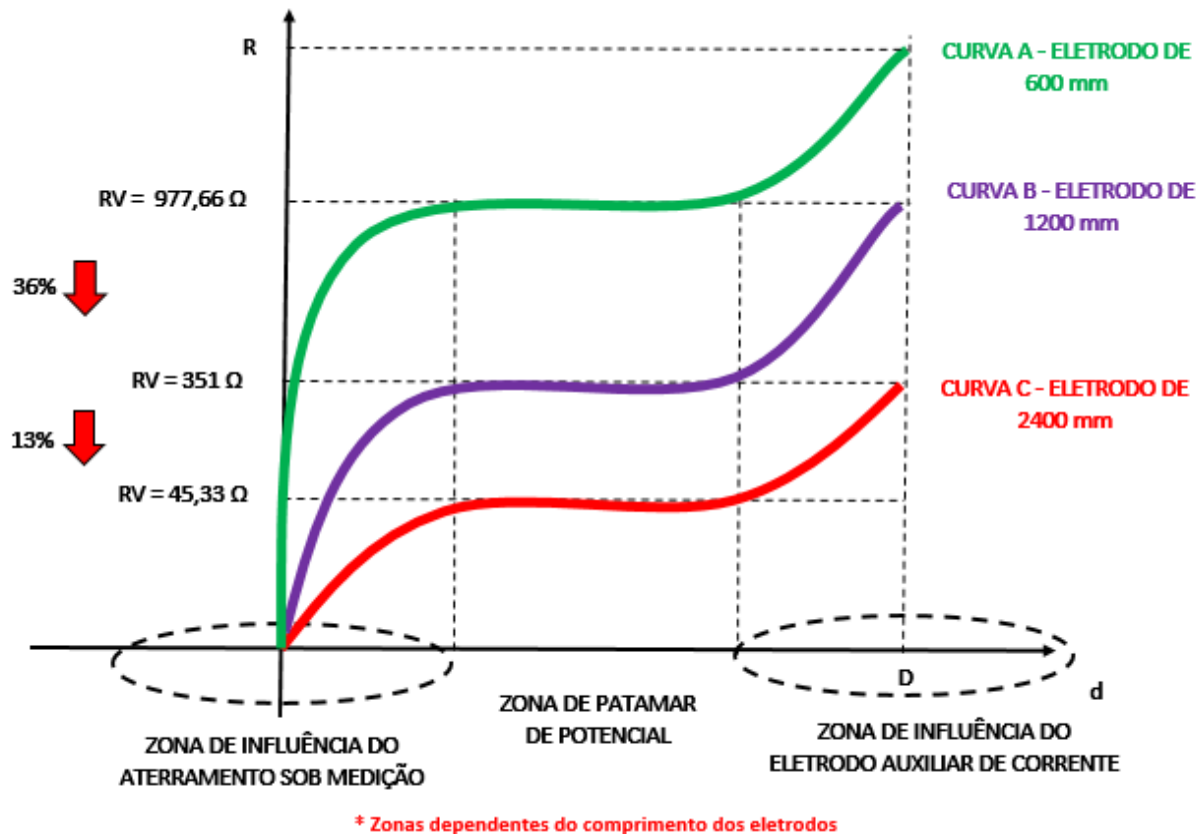
Fonte: Autores

Analisando as informações contidas no gráfico da figura 70 e os resultados obtidos nos testes anteriores, é possível perceber a grande variação da resistência de aterramento de um eletrodo em função do seu comprimento aplicado ao solo. A medida que o eletrodo sob teste ganhou comprimento a sua resistência decresceu a valores bastante significativos, sendo reduzida em quase 50% entre o primeiro eletrodo testado de 600 mm e o último de 2400 mm.

É importante salientar que mesmo com a queda acentuada a resistência de aterramento ainda se manteve em patamares considerados altos para um sistema confiável, pois as características do solo onde ocorreram os testes não eram favoráveis sendo o mesmo bastante irregular, com pouca umidade e aparentemente com características pouco favoráveis ao escoamento de correntes de falta.

Uma vez que não foi possível a manutenção da resistência de aterramento dentro dos valores recomendados mesmo com a instalação do eletrodo de maior comprimento, uma solução viável para o problema seria a montagem de arranjos de malhas de aterramento com diversos eletrodos alinhados conforme recomendação da norma.

Figura 9 – Curva característica teórica da resistência de aterramento dos eletrodos sob teste



Fonte: Autor

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar este trabalho, é possível destacar alguns pontos importantes e algumas conclusões relacionadas aos resultados obtidos. No que se refere à resistividade do solo, conclui-se a importância da realização de várias medições com variação de direções e espaçamentos com o objetivo de obter um valor mais próximo possível do real. Os fatores determinantes para a resistividade do solo dependem de variáveis como tipo de solo, humidade, concentração de sais dissolvidos na água, compactação do solo, granulometria e outros. Conclui-se ainda que a resistência de aterramento deve ser medida e acompanhada de forma periódica, uma vez que o eletrodo e o solo podem sofrer alterações significativas de característica comprometendo a segurança e a confiabilidade do sistema de aterramento. Essas mudanças ocorrem relacionadas principalmente à corrosão dos eletrodos e mudança de característica do solo.

A escolha do melhor eletrodo de aterramento a sofrer a alteração construtiva se deu através da comparação realizada entre o modelo mais utilizado no mercado que é a haste de aço revestida de cobre e a haste de aço zincado tipo cantoneira. Mesmo tendo uma utilização menor no mercado o eletrodo do tipo cantoneira foi o mais indicado para a confecção do protótipo uma vez que apresentou

uma maior facilidade de adequação e custo na fabricação menor do que o outro modelo de eletrodo que precisaria sofrer grande alteração para permitir a aplicação da ideia defendida no trabalho.

O desenvolvimento da ideia seria útil para as inspeções do aterramento de padrões de entrada de energia elétrica ou outros tipos de sistemas de aterramento que necessitem da fiscalização do seu comprimento. Durante a fiscalização, o técnico responsável pela verificação da instalação tem impossibilidade de comprovar a adequada instalação do eletrodo no comprimento recomendado, pois o mesmo já está fincado no solo. Tomando como exemplo a concessionária de energia elétrica LIGHT, que determina na sua regulamentação que o comprimento mínimo da haste de aterramento a ser instalada deve ser de 2,40 metros.

O teste realizado permitiu comprovar em um caso pontual, que os estudos realizados relacionados a alteração de características dos eletrodos, tanto no tamanho do raio quanto no tamanho do seu comprimento. A característica que apresenta maior influência na resistência de aterramento é o aumento do comprimento, possivelmente, porque além de aumentar o caminho por onde a corrente pode escoar uma vez que a resistência do solo não é uniforme e tende a diminuir em altas profundidades. Para a comprovação da variação de resistência em função do comprimento foi aplicado em campo o método de queda do potencial nas hastes com 3 comprimentos distintos sendo avaliadas e registradas as variações de resistência aferida pelo terrômetro.

Importante destacar que dependendo do tipo de solo, a resistência de aterramento pode não sofrer alteração significativa, pois há casos em que as camadas mais profundas não oferecem valores mais baixos de resistividade e dependendo da situação podem até aumentar seu valor.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13571/96:** Haste de Aterramento Aço-Cobreada e Acessórios. Rio de Janeiro,1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15751/2009:** Sistemas de Aterramento de Subestações - Requisitos. Rio de Janeiro,2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410/97:** Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro,1997.

COELHO, Nuno Filipe B. **“Eléctrodos de Terra”**, Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia, FEUP, Porto, 2011.

KINDERMANN, Geraldo; CAMPAGNOLO, Jorge Mário. **Aterramento Elétrico**. 3. ed. Porto Alegre: SAGRA-DC LUZZATTO, 1995.

LIGHT, 2016. **Regulamentação para fornecimento de energia elétrica a consumidores em baixa tensão RECON BT**. Disponível em:

[http://www.light.com.br/Repositorio/Recon/RECON\\_BT\\_NOVEMBRO\\_2016-vigente.pdf](http://www.light.com.br/Repositorio/Recon/RECON_BT_NOVEMBRO_2016-vigente.pdf) Acesso em: 22 de Nov. 2017.

VISACRO FILHO, Silvério. **Aterramento Elétrico**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Art Liber, 2002.