



DAVI VIEIRA CARVALHO

**ATERRAMENTOS ELÉTRICOS É OS METODOS DE
PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES E DESCARGAS
ATMOSFERICAS**

Ipatinga
2022

DAVI VIEIRA CARVALHO

**ATERRAMENTOS ELÉTRICOS É OS METODOS DE
PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES E DESCARGAS
ATMOSFERICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade Pitágoras, como requisito parcial
para a obtenção do título de graduado em
Engenharia Elétrica.

Orientador: Bruno Souza

Ipatinga
2022

DAVI VIEIRA CARVALHO

**ATERRAMENTOS ELÉTRICOS E OS METODOS DE
PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES E DESCARGAS
ATMOSFERICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Pitágoras Ipatinga, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Ipatinga, 05 de junho de 2022

A perfeição é alcançada, não quando não há mais nada para acrescentar, mas quando não há mais nada para tirar.

Antoine de Saint-Exupér

CARVALHO, Davi Vieira. **Aterramentos Elétricos E Os Métodos De Proteção Contra Choques E Descargas Atmosféricas**. 2022. 36. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia elétrica) – Faculdade Pitágoras, Ipatinga, 2022.

RESUMO

Cada instalação elétrica deve ter um sistema de aterramento adequado que atenda aos requisitos. Todo projeto deve ser executado, portanto, todos os equipamentos elétricos e peças metálicas, deve ser conectado à rede de aterramento. O objetivo do aterramento é permitir que qualquer surto ocorra aponte diretamente para o solo, longe de equipamentos elétricos, então foi absorvido sem maiores danos. O foco principal é o aterramento elétrico. Este trabalho levanta alguns tópicos importantes relacionados. O conteúdo em análise mostra como propor se o aterramento elétrico de maneira apropriada, abordando normas, especificações e padrões definidos. E também possíveis omissões e falhas que podem existir ao longo do tempo. Existe dois tipos principais de aterramento: aterramento de sistema ou funcional e aterramento de proteção para pessoas e equipamentos. Este artigo focará no aterramento do sistema e resumirá os métodos e conceitos mais comumente usados na NBR 5410 do Brasil, e será exibida a forma de proteção e o layout da tela, contemplando a NBR 5410, 5418 e as normas e requisitos.

Palavras-chave: Aterramentos elétricos, conceitos básicos de aterramentos, fundamentos dos aterramentos, Segurança em aterramentos elétricos.

CARVALHO, Davi Vieira. **Electrical Grounds and Methods of Protection Against Shock and Lightning**. 2022. 36. *Course Conclusion Paper (Graduation In Electrical Engineering – Faculdade Pitágoras, Ipatinga, 2022.*

ABSTRACT

Each electrical installation must have an adequate grounding system that meets the requirements. Every project must be executed, therefore, all electrical equipment and metal parts must be connected to the grounding network. The purpose of grounding is to allow any outbreak to occur directly on the ground, away from electrical equipment, so it was absorbed without further damage. The main focus is electrical grounding. This paper raises some important related topics. The content under analysis shows how to propose if the electrical ground in an appropriate manner, addressing norms, specifications and defined standards. And also possible omissions and failures that may exist over time. There are two main types of ground: system or functional ground and protective ground for people and equipment. This article will focus on grounding the system and summarize the methods and concepts most commonly used in NBR 5410 in Brazil, and the form of protection and screen layout will be displayed, covering NBR 5410, 5418 and the standards and requirements.

Key words: Electrical grounds, basic grounding concepts, grounding fundamentals, Safety in electrical grounds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama TN-S.....	19
Figura 2 – Diagrama TN-C-S.....	19
Figura 3 – Diagrama TN-C	20
Figura 4 – Diagrama TT.....	20
Figura 5 – Diagrama IT.....	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

CA Corrente alternada

d Distancia

h Haste

Hz Henz

GPR *Grounding Potential Rise*

m Metro

mA Metros por Ampere

NBR Norma Brasileira

r raio

V Volts

zi Impedância internas dos corpos

zp Impedâncias das peles

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	144
2. CONCEITOS DA RESISTIVIDADE DOS SOLOS UTILIZANDO ATERRAMENTOS ELETRICO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.1 FUNCIONAMENTO.....	17
2.1.1 Funcionamento permanente.....	18
2.1.2 Funcionamento ocasional.....	18
3. METODOS DE REALIZAR A MEDIÇÃO DA RESISTENCIA DO SOLO	23
3.1 DISTRIBUIÇÃO DE CORRENTES E POTENCIAIS NO SOLO.....	24
3.2 METODOS DE CORRENTES E POTENCIAIS NO SOLO.....	25
4. MANEIRAS DE GARANTIR A PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES E DESCARGAS UTILIZANDO ATERRAMENTO.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.7
4.1 CARACTERIZAÇÃO DE CONDIÇÕES DE RISCO.....	28
4.2 RISCO DA ELETRICIDADE NO CORPO HUMANO.....	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS.....	33

1. INTRODUÇÃO

O sistema de aterramento é definido de acordo com seu tamanho, onde o tamanho do aterramento pode atender a requisitos lentos, como corrente dos curtos circuitos. Este tipo de frequência representativa é muito baixa, próxima da frequência básica dos sistemas de potência, normalmente 60 ou 50 Hz; porque o solo que o constitui também pode apresentar eventos relacionados aos acontecimentos imediatos, a prática usual é fazer algumas correções, está localizado no solo, projetado especificamente para condição de baixas frequências, sua configuração pode ser ajustada e complementada para responder a requisitos rápidos.

Diante disso torna-se importante uma abordagem bem ampla nos sistemas de aterramentos nas indústrias, visando a proteção do equipamento e a proteção das pessoas. Com isso percebe-se que qualquer indústria necessita de uma maneira de aterramento eficaz, evitando assim a possibilidade de choques elétricos e garantia de uma melhor dissipação da energia.

No entanto esse trabalho visa aprimorar os conhecimentos sobre o assunto e o melhor uso dos sistemas de aterramentos, por meio da visão crítica dos métodos presentes com um foco principal na segurança das pessoas. Assim sendo este trabalho se justifica, pois o aterramento elétrico é de suma importância para segurança das pessoas e dos equipamentos.

Os aterramentos elétricos é um tema muito importante, pois gera inúmeras dúvidas quanto às normas e procedimentos referente ao ambiente elétrico residencial/predial e industrial. O problema em análise do trabalho é de que forma a análise dos aterramentos elétricos auxilia na redução de queima de equipamentos e choques elétricos?

O objetivo geral do trabalho é abordar uma pesquisa documental visando elaborar uma análise sobre o uso do aterramento nas instalações demonstrando conceitos básicos das resistividades dos solos e resistências de aterramentos elétricos. Vale salientar que os materiais da pesquisa documental serão coletados de materiais existentes. Os objetivos secundários são apresentar o conceito básico dos aterramentos elétricos; apresentar os principais fundamentos e aplicação do aterramento; compreender as principais maneiras de medir de resistência do solo; Descrever o conceito básico de segurança em aterramento.

Este trabalho será uma revisão de literatura, descritiva e explicativa cujo objetivo é retratar, informar e ampliar conhecimentos referente aos aterramentos elétricos, no qual será realizada uma consulta a livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nos seguintes base de dados, “google acadêmico”, “scielo” e etc. Também em artigos, publicações online e revistas científicas. O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos publicados nos últimos 30 anos. As palavras chaves utilizadas na busca serão: “Aterramentos elétricos”, “conceitos básicos de aterramentos”, “fundamentos dos aterramentos”, “Segurança em aterramentos elétricos”.

2. CONCEITOS BÁSICOS DA RESISTIVIDADES DOS SOLOS UTILIZANDO ATERRAMENTOS ELÉTRICOS

Os aterramentos elétricos são um tema muito importante, pois gera inúmeras dúvidas quanto às normas e procedimentos referentes ao ambiente elétrico residencial/predial e industrial (KINDERMANN, 1998).

Primeiramente será fornecida uma base dos princípios básicos e conceitos gerais dos aterramentos elétricos, suas principais características e fatores influentes à sua resistividade elétrica. Em seguida, ir conhecer as principais funções dos aterramentos nas indústrias, apresentar os principais métodos de medições de aterramentos e por fim ir abordar o conceito básico de segurança em aterramento nas indústrias (ELIAS; VIEIRA; BICZKOWSKI, 2011).

Alguns aterramentos elétricos consiste em uma ligação elétrica proposital de alguns sistemas físicos (elétrico, eletrônico ou corpos metálicos) ao solo. O sistema é constituído por três partes importantes e básicas, a primeira são as conexões elétricas que ligam um ponto do sistema aos eletrodos, o segundo são os eletrodos de aterramentos podendo ser qualquer corpo que se encontra no solo, e em terceiro a terra que envolve os eletrodos (KINDERMANN, 1998).

Para elaboração de um projeto, foi levado em consideração alguns dados como característica dos solos e resistividades dos solos, que farão toda a diferença na qualidade e segurança do aterramento (VISACRO, 2002).

O aterramento têm três funções importantes, a proteção é uma delas onde a proteção ocorre para o usuário do equipamento contra descargas atmosféricas, gerando um caminho de descarte da corrente. Escoar as descargas nas carcaças também é importante na terra. Colocar um facilitador como disjuntores, fusíveis para melhorar o funcionamento, sendo utilizado como componentes de proteção (KINDERMANN, 1998).

Alguns fatores importante para determinar as resistividades dos solos são os modelos de solos, as umidades dos solos, os modelos de sais dissolvidos na água e a sua concentração, a compactidade do solo, a granulometria do solo, a temperatura do solo, a estrutura geológica. Os modelos de solo é um fator importante para determinar a resistividade, e esse tipo pode ser definido conforme a condição usadas geralmente de umidade, sua resistividade segundo com sua localização (VISACRO, 2002).

As umidades dos solos afeta as resistividades dos solos em baixa frequência e a condução do solo se desenvolve através do mecanismos eletrolíticos. Os elementos encontrado na água que o solo possui está ligado a sua resistividade, o sal, a água. Esses elementos encontrados afeta a condutividade, diminuindo a resistividade. As águas é o elemento principal que conduz as correntes nos solos (ELIAS; VIEIRA; BICZKOWSKI, 2011).

Os tipos dos sais e a concentração dissolvidos na água influencia a resistividade, então a sua resistividade depende da quantidade e tipo de sais retida nele. A competência do solo é importante porque reduz os valores das resistividades quando os solos são compacto possuindo assim maior continuidade física. As granulometrias dos solos influencia as capacidades das retenções de água nas camadas, e as continuidades física do solo, conforme a dimensão e existência de grãos de tamanhos distintos afeta as resistividades dos solos (GENTIL, 2003).

Segundo Visacro (2002), as temperaturas dos solos interfere na resistividade do solo também, podendo ser elevada a temperatura onde a evaporação vai ocorrer com frequência, diminuindo assim sua umidade. Quando a temperatura diminui a resistividade tem a tendência de aumentar. A estrutura geológica se ocorre devido as camadas que o solo forma, desenvolvida as camadas por processos normais e natural de formações das crostas terrestre cheia de elementos naturais. Rochas antigas possui elevado valor de resistividade, diferente das rochas mais novas.

Cada região possui suas próprias características na formação rochosas afetando diretamente na resistividade dos solos para realizar o aterramento, cada região deve possuir uma análise individual e específica, conforme Gentil (2003).

2.1 FUNCIONAMENTO

Segundo Flandoli (2018), o importante é manter o aterramento ou inspecioná-lo para evitar danos aos equipamentos conectados à rede, garantindo assim a funcionalidade das instalações elétricas. Quando instalados o aterramento, existem 2 etapas de operação: permanente e acidental. Quando for necessário realizar manutenção ou reforma nos sistemas de aterramentos, é necessário verificar todos estes.

2.1.1 Funcionamentos permanentes

O aparelho tem no decorrer do seu funcionamento falhas para os isolamentos, desequilíbrio de carga, vazamento causado por viagem A indução instável evitará a energização momentânea e perigosa, enquanto a energização indireta Causa ferimentos pessoais e falha de equipamento eletrônico (FLANDOLI, 2018).

2.1.2 Funcionamentos Ocasionais

A alta corrente de aterramento vem de falhas de isolamento elétrico. O circuito tem falhas diretas ou amortizadas e efeitos direto ou indireto. Os efeitos indiretos dos raios. Em todos esses casos, existe perigos para a pessoa (ELIAS; VIEIRA; BICZKOWSKI, 2011).

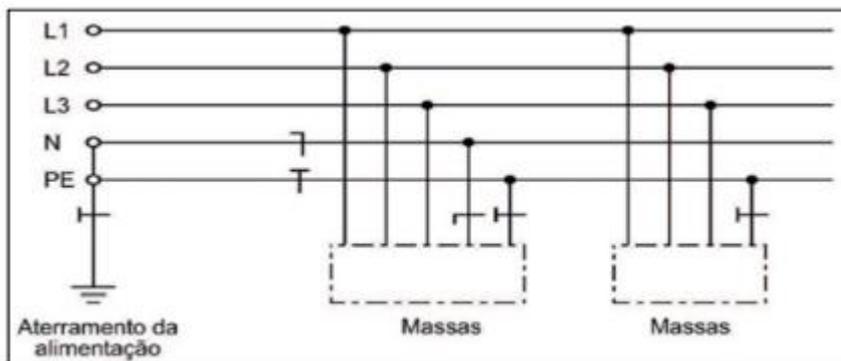
Os projetos que determinará como deverá ser feitos o aterramento de alguns empreendidos sejam qualquer um deles. De acordo com os ocorridos recomenda se da melhor maneira de se realizar os aterramentos, quando usados nos sistemas TN, TT, IT (FLANDOLI, 2018).

Os significado das letras quando apresentar a 1° letras, situações das alimentações em relações para o solo, T: pontos diretos enterrados; I: isolação de todas as partes vivas em ligação à terra ou aterramento por meio de uma impedância. Quando apresentar a 2° Letra: Situações da massa das instalações relacionadas ao solo; T: massa direta aterrada, que não depende dos aterramentos eventuais de um ponto de alimentação; N: massa ligada direta nos pontos das alimentações aterrados (em correntes alternadas, os pontos aterrados são normais nos pontos neutros). S: função dos neutros são de proteções assegurada pelo condutor distinto; C: função dos neutros sendo proteções combinada em um principal dos condutores (ELIAS; VIEIRA; BICZKOWSKI, 2011).

Os pontos de alimentação do esquema TN é diretamente aterrado e a massa é conectada a este ponto por meio de alguns condutores de proteções. Segundo com as disposições dos condutores neutros e dos condutores das proteções, três variantes do diagrama TN são consideradas (FLANDOLI, 2018).

Os sistemas TN-S são aqueles em que os condutores neutros e os condutores das proteções é distinto. Esquema TN-S, onde os condutores neutros e os condutores de proteções é distinto, mostra na Figura 1.

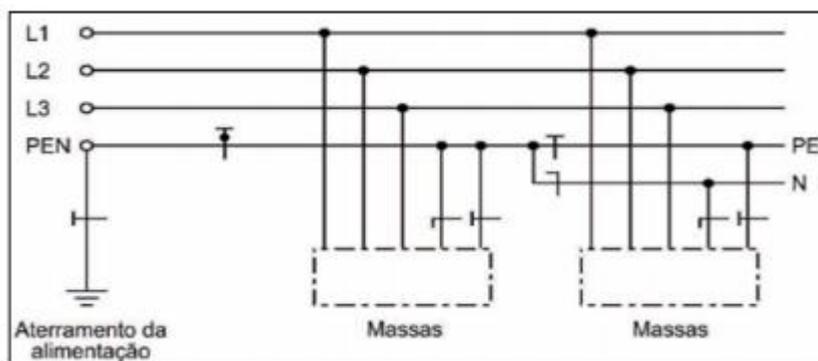
Figura 1 — Esquemas TN-S



Fonte: ABNT NBR 5410(2004).

As conexões dos objetos e estrutura metálica ao solo fornece segurança, considere a função correta do dispositivo de segurança para inibir falha nas instalações, como queimas de aparelho ou choque elétrico. Esta abordagem é chamado de equipotencialização. Esquemas TN-C-S, relaciona se a função dos neutros e das proteções estão combinados em um condutor conforme mostra a Figura 2 (FLANDOLI, 2018).

Figura 2- Esquema TN-C-S

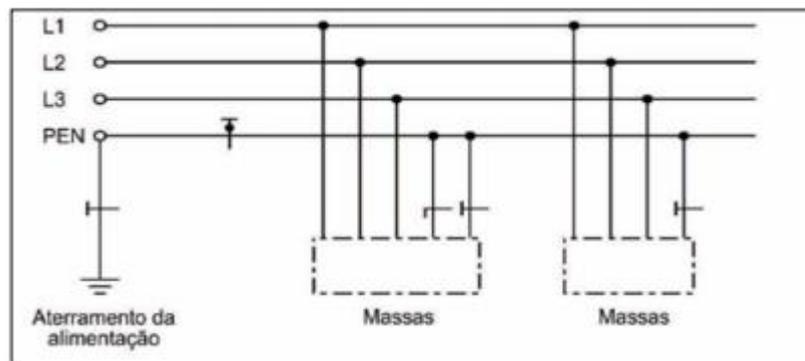


Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

Os sistemas TN-C é denominado sistema de 4 condutores e é um dos sistemas mais avançados. Como o custo é reduzido e o quinto fio é reduzido, ele pode ser

usado em dispositivos pequenos. O uso direto de DR na linha neutra é restrito. Se a linha neutra quebrar nos sistemas TN-C, a qualidade do equipamento pode estar iguais nos potenciais das fases, e utilizado de TN-C, a linha neutra não pode ser menor que 10 milímetros quadrados. Diagrama TN-C, em que a função dos neutros e proteções são programadas a um condutor, em todo o diagrama na Figura 3. (GENTIL, 2003).

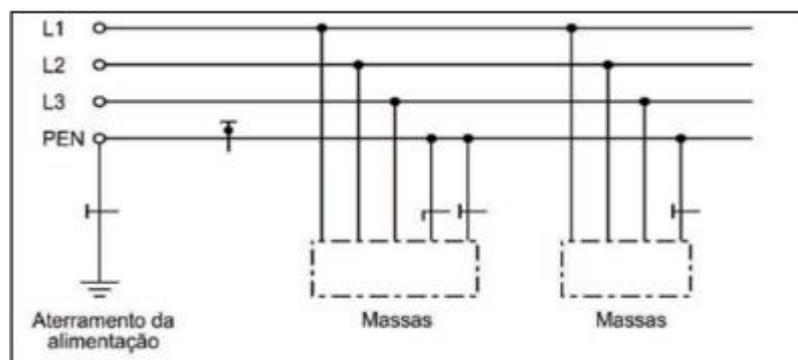
Figura 3 - Esquema TN-C



Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

A função dos condutores neutros e protetor é combinado no condutor em uma parte desta figura. Na Figura 4, o diagrama TT mostra o ponto de potência diretamente aterrado, e a massa de montagem é conectada nos eletrodos dos aterramentos, que é eletricamente diferente do eletrodo de aterramento da fonte de alimentação (GENTIL, 2003).

Figura 4- Esquema TT

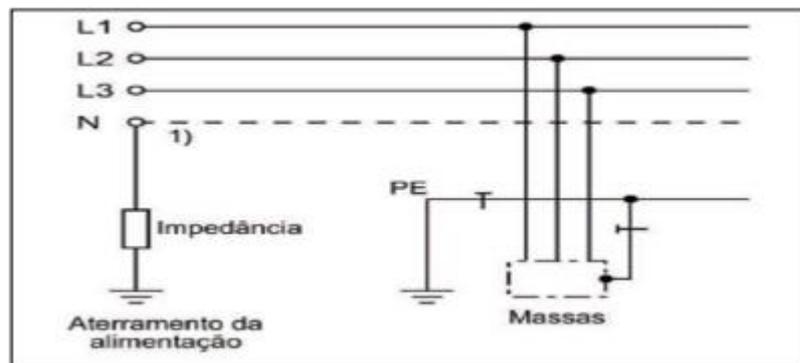


Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Na solução de IT, todos os fragmentos energizados são isoladas do solo, ou determinado ponto da fonte de alimentações são aterrados por impedância conforme

demonstra a Figura 5. A qualidade do dispositivo é aterrada, verifique as seguintes possibilidades: a qualidade é aterrada nos mesmos eletrodos de aterramentos de energia (se houver); e aterrada nos eletrodos de aterramentos. Ou pois não possui eletrodos de aterramentos para as fontes de alimentação ou porque os eletrodos de aterramentos público não tem nada a ver com os eletrodos de aterramentos da fonte de alimentação (GENTIL, 2003).

Figura 5- Esquema IT



Fonte: ABNT NBR 5410 (2004)

Os pontos neutros podem ser alocado ou não. Aterre a fonte de alimentação por meio de impedância. Conforme as "Seções: 6.3.3.1.1, 6.3.3.1.2 e 6.3.3.1.3" referência possível (NBR 5410, 2004).

As manutenções recomendadas para quaisquer instalações são dependentes dos tipos e dos tamanhos e suas funções e tensão. Normalmente é necessário verificar, avaliarem e analisarem todas as redes de aterramento, corrigir o local da falha ou substituir o fio desencapado se necessidade. Recomenda-se realizar inspeções com umas frequências não inferiores a cinco anos. O objetivo do tratamento da terra é melhorar o solo das antigas instalações. Quando o terreno rochoso ou de maior resistência, o aterramento com boa resistividade deve ser executado ao redor do eletrodo para refinar as qualidades dos contatos entre os eletrodos e os aterramentos de enchimento (ELIAS; VIEIRA; BICZKOWSKI, 2011).

Para os projetos de sistema dos aterramentos, os conhecimentos prévios das propriedades do solo é essencial, especialmente em termos de uniformidade das composições dos solos. As aplicações corretas das regras de revisão pode garantir maior confiabilidade dos serviços executados (GENTIL, 2003).

Conforme a NR-20 (2004), categorizar as exigências de gestão de segurança e saúde no trabalho para reduzir o risco de acidentes causados por atividades envolvendo combustíveis e combustíveis. As fiscalizações são sempre realizadas de forma inesperada, sendo considerável que os concessionários cumpram todos os requisitos para garantir que não causem problemas.

A veracidade de conhecer a maneira de aplicar os padrões atuais de aterramentos elétricos fornece uma ampla base para que os projetistas e implementadores de serviços tornem o serviço confiáveis, seguros e eficazes. As qualificações das pessoas engajadas no trabalho são muito diferentes, pois envolve herança, principalmente as pessoas da vida diária (GENTIL, 2003).

3. METODOS DE REALIZAR A MEDIÇÃO DA RESISTENCIA DO SOLO

A conexão da terra possui resistência, capacitância e a indutância, cada um afeta a capacidade de conduzir a corrente para o solo. Portanto, em princípio deve-se pensar apenas na resistência ao aterramento, mas impedância. Para condições de baixa frequência, baixos valores de corrente e resistividade do solo não são muito em altos níveis, os efeitos de capacitância e ionização do solo são desprezíveis e, na verdade, aparecem como Resistência linear (FLEURY, 2015).

Em aplicações de alta frequência (como telecomunicações), é necessário considerar seu impacto capacitivo, principalmente em solos de alta resistividade Da mesma forma, o efeito da reatância indutiva ao longo de condutores e eletrodos. Este efeito também existe em ondas de corrente e tensão de pulso, como pulsos relacionados a descargas atmosféricas, porque a frequência representativa desse tipo de onda é muito alta (COTRIM, 2003).

Para medir a quantidade corretamente, é necessário entender suas características, a fim de evitar o significado dos resultados da medição. Tal conhecimento é especialmente importante para a complexidade reconhecida (como resistividade do solo) e resistência de aterramento. O suficiente para caracterizá-los, o que leva em consideração o correspondente neste capítulo Tecnologia de medição (FLEURY, 2015).

Segundo Cotrim (2003), existe um caminho o chão geometria complexa, portanto, ao analisar a Terra como condutor, o manuseio de condutores não é tão simples quanto os condutores metal linear. Quando injetada no solo, a corrente tende a espalhados em todas as direções, caminho a pé determinado pelas características ambientais. A fonte de tensão CA entra em jogo Potencial elétrico entre dois eletrodos Há uma certa corrente entre eles no chão.

O aterramento tem três funções importantes, a proteção é uma delas onde a proteção ocorre para o usuário do equipamento contra descargas atmosféricas, gerando um caminho de descarte da corrente. escoar as descargas nas carcaças também é importante na terra. Colocar um facilitador como disjuntores, fusíveis para melhorar o funcionamento, sendo utilizado como componentes de proteção, segundo Kindermann (1998).

Alguns fatores importantes para determinar a resistividade do solo são o tipo de solo, a umidade do solo, os tipos de sais dissolvidos na água e a sua concentração, a compactação do solo, a granulometria do solo, a temperatura do solo, a estrutura geológica. O tipo de solo é um fator importante para determinar a resistividade, e esse tipo pode ser definido conforme suas condições usuais de umidade, sua resistividade de acordo com sua localização (VISACRO, 2002).

A umidade do solo afeta a resistividade do solo em baixa frequência e a condução do solo se desenvolve através do mecanismo eletrolítico. Os elementos encontrados na água que o solo possui está ligado a sua resistividade, o sal, a água. Esses elementos encontrados afeta a condutividade, diminuindo a resistividade. A água é o elemento principal de condução de corrente no solo, segundo Visacro filho (2002).

Os tipos de sais e a concentração dissolvidos na água influencia a resistividade, então a sua resistividade depende da quantidade e tipo de sais retida nele. A compactação do solo é importante porque reduz o valor da resistividade quando o solo é compacto possuindo assim maior continuidade física. A granulometria do solo influencia a capacidade de retenção de água nas camadas, e a continuidade física do solo, de acordo com sua dimensão e presença de grãos de tamanhos distintos afeta a resistividade do solo (GENTIL, 2003).

Conforme Fleury (2015), a medição da resistência do solo consiste na aplicação de uma determinada corrente elétrica no sistema em teste-eletrodo de teste, fazendo a circular pelo eletrodo de corrente. O condutor que fará a interligação do eletrodo de teste ao eletrodo de corrente é o próprio solo.

Esta corrente provocará o surgimento de potenciais no solo. Um principais componentes para um bom aterramento é a Terra que se encontra na natureza geralmente em um meio heterogêneo, de modo que sua resistividade varia de local para local em função formação geológica, profundidade das camadas, nível de umidade, temperatura de salinidade e outros fatores naturais (FLANDOLI, 2018).

De uma forma sucinta abordar um dos principais métodos de medição de resistência nas indústrias, onde o aparelho utilizado é o termômetro. Este método consiste basicamente em circular uma corrente através de um circuito compreendido entre a malha de aterramento e o valor da resistência ôhmica, entre um trecho da terra e um eletrodo auxiliar de corrente. Simultaneamente deve-se medir a tensão entre a

malha e o terra de referência (terra remoto) por meio de uma sonda ou eletrodo auxiliar de potencial (FLEURY, 2015).

Para o projeto de um sistema de aterramento, é de primordial importância o conhecimento prévio das características do solo, principalmente no que diz respeito à homogeneidade de sua constituição. Lembrando que a aplicação das normas de forma correta garante maior confiabilidade do serviço executado (GENTIL, 2003).

O fato de saber como aplica as normas vigentes em um aterramento elétrico demonstra um vasto embasamento tanto, do projetista quanto do executor do serviço, tornando confiável, seguro e eficaz. A qualificação dos envolvidos no trabalho faz um diferencial enorme, pois envolve patrimônio e o mais importante são as pessoas presentes no dia-a-dia (COTRIM, 2003).

Todo material possui uma conduta que dispersão da corrente elétrica, em um solo coerente a corrente se dissiparia radialmente de forma igualmente. O solo é formado por diversos materiais que irá expor os números dos resultados de resistividade diferentes, e são esses valores que nos fornecem as propriedades do material (MAMEDE, 2006).

Contém vários modelos para realizar a mensuração de resistividade, o principal usado é a sondagem elétrica vertical, utilizando o arranjo, que utiliza um equipamento que se medir a resistência que contém 4 terminais, 2 de corrente e 2 de potencial, cada qual é ligado a um eletrodo (FLANDOLI, 2018).

A resistência do solo é uma estimativa do embaraço mecânico onde o solo oferece às raízes, que apresenta um dos mais comumente citados fatores físicos que afetam o aumento das raízes. Nessas condições não são levados em conta a resistência do solo ao cisalhamento, sua compressibilidade nem o atrito do solo com o metal do penetrado no solo (ELIAS; VIEIRA; BICZKOWSKI, 2011).

Tem-se uma limitada relação entre resistência densidade do solo, conteúdo de água, teor de argila e teor de matéria orgânica. A relação direta da resistência profunda com a densidade do solo é resultado da compactação e degradação da sua estrutura; o assunto de água do solo influi inversamente na resistência justo ao efeito lubrificante da água ao redor das partículas do solo, ou seja, com sua menor quantidade há acréscimo em RP; o teor de argila afeta a coesão entre as partículas e o de matéria orgânica estão ligados à junção e à estruturação do solo (MAMEDE, 2006).

3.1 DISTRIBUIÇÃO DE CORRENTES E POTENCIAIS NO SOLO

Os caminhos de corrente no solo apresentam uma geometria complexa e, por conseguinte, ao analisar a terra como um condutor de corrente, não se tem a mesma simplicidade de tratamento existente no caso de condutores metálicos lineares. Ao ser injetada no solo, a corrente tende a se dispersar em todas as direções, percorrendo caminhos determinados pelas características do meio (FLEURY, 2015).

Considera-se, inicialmente, o estabelecimento de uma diferença de potencial entre dois eletrodos hemisféricos enterrados num solo homogêneo, colocados a uma distância “d” muito superior aos seus raios “r” ($d > 10r$). A fonte de tensão deve ser alternada para minimização dos efeitos galvânicos junto à superfície dos eletrodos, os quais podem mascarar os resultados de medição (COTRIM, 2003)

O valor da resistência elétrica sentida pela corrente que flui do eletrodo é fornecido pela razão entre o potencial deste (referido a infinito) e a corrente. A interligação dos pontos de mesmo potencial no solo gera superfícies equipotenciais, de formato hemisférico com centro nos eletrodos (GENTIL, 2003).

Uma fonte de tensão alternada estabelece a diferença de potencial entre os dois eletrodos, que faz circular uma determinada corrente entre os mesmos no solo. O deslocamento da haste de prova “h” ao longo do segmento de reta AB que liga os dois eletrodos permite tomar-se o potencial do ponto x (onde estiver enterrada esta haste) em relação ao potencial do eletrodo A. Traçando-se a curva dos potenciais medidos para as diversas distâncias “x” (COTRIM, 2003).

A maior parte da resistência de um aterramento localiza-se na terra mais próxima ao mesmo. À medida que se afasta do eletrodo, a área de condução de corrente vai se ampliando, a resistência da “fatia” do solo correspondente a esta superfície vai diminuindo cada vez mais. Para pontos muito distantes tal resistência torna-se desprezível (FLEURY, 2015).

Os pontos da curva correspondem justamente à somatória da queda de tensão que ocorre na resistência de cada elemento de volume desde o ponto A até o ponto x1 em consideração. Ponderando-se que a corrente que atravessa cada superfície é a mesma e que a resistência das fatias elementares de solo vai diminuindo à medida que se afasta do aterramento, conclui-se que a queda de tensão é cada vez menor

para os volumes elementares, embora a somatória destas seja ainda crescente (COTRIM, 2003).

3.2 METODOS DE CORRENTES E POTENCIAIS NO SOLO

Os caminhos de corrente nas proximidades do eletrodo são modificados. A corrente é sempre ortogonal às equipotenciais. Estas têm formato semelhante ao do eletrodo e são ampliadas à medida que se afasta do mesmo, tendendo a se abaularem até tornarem-se hemisféricas. (FLEURY, 2015).

Assim, a grandes distâncias do aterramento, a distribuição de correntes e potenciais no solo devem aproximar-se daquelas que ocorrem para eletrodos hemisféricos, não importando a forma do eletrodo. Até mesmo para uma malha constituída de vários eletrodos pode se considerar essa distribuição se as dimensões da malha são reduzidas em relação às distâncias em questão (aproximadamente quatro vezes menor) (COTRIM, 2003).

As heterogeneidades do solo podem alterar sensivelmente os caminhos de corrente e conseqüentemente a distribuição de potenciais na sua superfície. Por exemplo, um corpo condutor de longas dimensões enterrado pode concentrar a corrente que passa no solo, alterando as linhas de potencial. A estratificação do solo em camadas de resistividades diferentes pode fazer que os caminhos de corrente Resistência de aterramento e resistividade do solo. A equipotenciais no solo para eletrodo tipo haste sejam mais superficiais ou mais profundos, de acordo com a resistividade das camadas (GENTIL, 2003).

O solo é homogêneo quanto à resistividade e é aplicada uma diferença de potencial de 110 V entre os eletrodos. Nota-se que a maior parte da queda de tensão no solo localiza-se próxima ao eletrodo de menor diâmetro. Na segunda parte da figura considera-se a aplicação de uma diferença de potencial de 113 V entre os eletrodos, colocados num solo estratificado em duas camadas, sendo a camada superficial de resistividade bem menor (FLEURY, 2015).

4. MANEIRAS DE GARANTIR A PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES E DESCARGAS USANDO O ATERRAMENTOS

Os aterramentos elétricos de uma instalação é um sistema que assegura, em caso de falha no isolamento, que as partes metálicas dos aparelhos descarreguem a corrente elétrica no solo, sem afetar o usuário. Contudo o aterramento nos protege quando em contato com um equipamento energizado, garantindo nos uma proteção contra choque e descargas elétricas (VISACRO, 2002).

Vale salientar da importância de não eliminar o terceiro condutor ou fio terra dos equipamentos, observando as características técnicas de cada equipamento, como equipamentos que geram calor, onde deve utilizar matérias isolantes e resistentes a temperaturas, não utilizar extensões que possua o plug com três entradas e caso sua residência não tenha, contrate um especialista, de acordo com Cotrim (2003).

Basicamente os sistemas de aterramentos elétricos estão ligados a dois fatores, o desempenho do sistema no qual o aterramento está ligado. Questões de segurança dos equipamentos e principalmente da segurança dos seres vivos (FLEURY, 2015).

O desempenho do sistema ocorre devido as questões da forma pela qual o comportamento do aterro afeta, o motivo para instalação do aterramento é a segurança em primeiro lugar, por causa do sistema de proteção contra descargas atmosférica e um outro fator de motivo, por esta razão os motores possui uma carcaças são projetados para segurança do motor. Outro ponto importante que deve abranger é caracterização de condições de risco que os sistemas de aterramentos estão submetidos, conforme Cotrim (2003).

Conforme Visacro (2002) uma característica de condição de risco que os aterramentos são submetidos é quando as partes do corpo humano são submetidas a uma diferença de potencial, o mesmo é percorrido por uma corrente elétrica, que pode resultar em diversos efeitos para o indivíduo. Onde gera a ocorrência de diversas condições de risco.

Para classificação, referências e restrição de projeto, deve levar em consideração alguns pontos importantes como tensão de passo, tensão de toque e tensão transferida, de acordo com Visacro (2002).

A tensão de passo, como seu próprio nome diz está relacionada a distância entre os pés de uma pessoa ou um animal onde ocorre uma diferença de potencial ocorrendo apenas em altas tensões onde apenas a alta tensão é capaz de romper o dielétrico ou seja a isolação do solo, segundo Cotrim (2003).

A tensão de toque é a diferença de potencial que a pessoa está ao tocar em uma superfície metálica no momento que a corrente elétrica alta como uma descarga atmosférica. A tensão transferida é a elevação de potencial total da malha referida a infinito, usualmente designada GPR (*Grounding Potential Rise*) (VISACRO, 2002).

O efeito da corrente elétrica no corpo humano acontece devido a passagem da corrente elétrica pelo corpo humano vai depender da intensidade da corrente que atravessa o seu corpo onde pode causar de pequenos formigamentos até a morte. Vale salientar que pode ter uma tensão alta da ordem de 10Kv e uma corrente baixa (FLEURY, 2015).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DE CONDIÇÕES DE RISCO

Quando as partes do corpo humano são submetidas a uma diferença de potencial, o mesmo é percorrido por uma corrente elétrica, que pode resultar em diversos efeitos para o indivíduo, configurando, em diversas situações, condições de risco (COTRIM, 2003).

No que concerne ao aterramento elétrico, é possível caracterizar algumas dessas situações típicas quando flui corrente pelo mesmo, sendo usual classificá-las e referenciá-las como parâmetros de restrição nos projetos de aterramentos. Sendo uma delas a tensão de passo: Máxima diferença de potencial entre os pés (arbitra-se uma distância de 1 metro entre os mesmos) a que ficaria submetida uma pessoa, eventualmente presente na região do aterramento, durante o fluxo de corrente pelo mesmo (GENTIL, 2003).

Outra é a tensão de toque: Máxima diferença de potencial entre mão e pés a que ficaria submetida uma pessoa, eventualmente presente na região do aterramento, que tivesse contato com uma parte metálica ligada aos seus eletrodos, durante o fluxo de corrente pelo aterramento (considera-se ambos os pés afastados de 1m da estrutura tocada). Outra é a tensão transferida: É a elevação de potencial total da malha referida a infinito, usualmente designada GPR (*Grounding Potential Rise*).

Constitui-se no potencial a que ficaria submetida uma pessoa posicionada no terra remoto (grande distância da malha) que tivesse contato com uma parte metálica eventualmente conectada com os eletrodos do aterramento, durante o fluxo de corrente pelo mesmo (FLEURY, 2015).

Interessa assegurar que as correntes geradas no corpo humano por tais tensões não atinjam valores capazes de gerar efeitos patológicos. Normalmente é possível alcançar tais objetivos através de práticas e técnicas de projeto (COTRIM, 2003).

As pessoas que trabalhavam lá, e outras que acabaram atravessando o local. No mapa de perigo, círculos de diferentes cores e tamanhos indicam locais e fatores que podem criar uma situação perigosa devido à presença de fatores físicos, Química, Biologia, Ergonomia e Acidentes (COTRIM, 2003).

Com relação à tensão transferida, tais práticas impõem o seccionamento e isolamento de qualquer parte metálica não energizada conectada aos eletrodos e que ultrapasse a região do aterramento (constituindo-se, portanto, num possível agente de transferência de potencial quando flui corrente no aterramento) (VISACRO, 2002).

No que concerne às tensões de toque e passo, no projeto define-se a configuração do aterramento com determinado posicionamento dos eletrodos no solo, de forma a se assegurar que, durante o fluxo da corrente máxima pelo aterramento (determinada pela solicitação crítica da instalação, por exemplo, máxima corrente de curto), os valores máximos de tais tensões sejam inferiores àqueles que poderiam causar no corpo correntes capazes de gerar efeitos patológicos (COTRIM, 2003).

4.2 RISCO DA CORRENTE ELETRICA NO CORPO HUMANO

Um primeiro aspecto fundamental a ser considerado é que tais efeitos são efetivamente determinados pela corrente e seu percurso pelo corpo humano, não sendo uma função direta do nível do potencial que a originou. Nesse sentido, vale citar que é possível tocar, sem maiores riscos, um condutor energizado com alta tensão (COTRIM, 2003).

Nesse caso, o corpo não pode estar fechando um circuito entre pontos aos quais esteja aplicada uma diferença de potencial significativa, o que poderia ocasionar um fluxo de corrente pelo corpo. Satisfeito este cuidado, o corpo simplesmente iria

adquirir o potencial do condutor energizado, sendo eventualmente sujeito apenas a algum Efeito Corona, se o nível de tensão for muito elevado (FLEURY, 2015).

A avaliação de tais efeitos apresenta certa complexidade, pois os mesmos dependem de muitos fatores (percurso no corpo, intensidade e tempo de duração do choque, tipo de onda e frequência da corrente, valor da diferença de potencial que gera a corrente, condições orgânicas do indivíduo etc.) (GENTIL, 2003).

São várias as formas de manifestação desses efeitos. Numa escala progressiva associada à intensidade de corrente, pode-se dizer que os mesmos evoluem numa certa sequência: simples formigamento (ou aquecimento); enrijecimento muscular; inibição dos centros nervosos (com possibilidade de parada respiratória); alteração do ritmo cardíaco (em alguns casos causando a fibrilação ventricular); ocorrência de queimaduras profundas com necrose dos tecidos; alterações no sangue (provocadas por efeitos térmicos e eletrolíticos da corrente) (COTRIM, 2003).

A intensidade de corrente resultante no corpo depende basicamente da diferença de potencial aplicada e da impedância apresentada pela parte do corpo percorrida pela corrente. Tal impedância contém duas componentes: a impedância interna do corpo (Z_i) e a impedância da pele (Z_p) (VAN VLACK, 2000).

A impedância total do corpo é uma função da tensão aplicada, apresentando um valor de ordem não superior a 1 k Ω (choque entre mãos ou entre uma mão e pé, do mesmo lado) para 95% da população e diferença de potencial superior a 200 V. O valor da impedância é bem maior para tensões inferiores (COTRIM, 2003).

Para baixas tensões (inferiores a 50 V), a impedância da pele exerce um papel importante na limitação da corrente. Entretanto, à medida que a tensão cresce, sua importância é diminuída, até que a ruptura da pele nos pontos de contato elimine tal impedância no circuito equivalente (nesse caso, algumas vezes observa-se, inclusive, a marcação dos pontos de injeção de corrente no corpo). Nos instantes iniciais, a corrente é praticamente limitada apenas pela componente interna da impedância, que tem a ordem de 500 Ω . Tal impedância é que limita ondas impulsivas e de curta duração (VAN VLACK, 2000).

O valor da impedância interna é máximo para um percurso entre mãos ou entre uma mão e um pé. É comum expressar-se como parcela desse valor máximo, a impedância entre outros percursos menos longos. Para percursos de corrente diferentes do referenciado (mão e pé esquerdos), é possível projetar-se o valor de

corrente “I_h” que origina o mesmo risco de fibrilação ventricular através do fator de corrente no coração “F” ($I_h = I_{ref} / F$), através da tabela apresentada a seguir. Assim, uma corrente de 200 mA entre as mãos tem o mesmo efeito de 80 mA entre mão e pé esquerdos (VISACRO, 2002).

A eletricidade é um fenômeno que pode matar humanos. Quando uma diferença de potencial se desenvolve entre dois pontos no corpo, a corrente flui entre eles. A força desta corrente depende da diferença de potencial e resistência entre os pontos onde a tensão é aplicada, por exemplo, a resistência entre as orelhas é aproximadamente igual a 100 ohms (FLANDOLI, 2018).

A sensação de choque ocorre em correntes maiores que 1 mA. Quando a corrente é superior a 10 mA, os músculos se contraem, o que dificulta, por exemplo, o salto. Correntes próximas a 20 mA tornam a respiração mais difícil e a respiração para quando a corrente atinge 80 mA. A intensidade da corrente de abate está entre 100 mA e 200 mA. Em forças próximas a 100 mA, as paredes do coração sofrem movimentos descontrolados conhecidos como fibrilação. Correntes acima de 200 mA não são tão perigosas quanto 100 mA porque os músculos do coração se contraem tão violentamente que o órgão fica paralisado, fato que acaba aumentando a probabilidade de sobrevivência das pessoas que sofrem desse tipo de choque elétrico (MAMEDE, 2006).

Ao contrário do que muitas pessoas pensam, as correntes mais perigosas são as correntes de intensidade relativamente baixa que podem ser extraídas de eletrodomésticos comuns operando em 110 V e 220 V. Correntes mais fortes podem causar desmaios e queimaduras graves, mas não mortes instantâneas (ELIAS; VIEIRA; BICZKOWSKI, 2011).

O socorro às vítimas de choque elétrico deve ser feito rapidamente, começando pelo corte da tensão. Se não puder ser parado, a pessoa deve ser removida da área usando material isolante, como material plástico. Feito isso, é necessário acionar os bombeiros, que estão bem preparados para esse tipo de atendimento emergencial (MAMEDE, 2006).

Para fins de se estabelecer referências quantitativas que expressem a magnitude dos efeitos da corrente no corpo humano, são considerados a seguir especificamente os efeitos observados ou projetados para correntes de 50 e 60 Hz.

Tais resultados podem ser ajustados para condições diferentes, através de uma posterior análise de sensibilidade (COTRIM, 2003).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalho de pesquisa e desenvolvimento tem sido observado na relevância do aterramento elétrico. A segurança e a confiabilidade dos equipamentos elétricos podem ser melhoradas por meio de bons trabalhos de prevenção e manutenção, podendo evitar o acúmulo de gases explosivos ou o funcionamento do equipamento em más condições.

A função do sistema de aterramento é liberar a carga estática acumulada, pois esta será a forma de descarregá-la e evitar que se torne perigosa em caso de arco ou mesmo choque elétrico. Para trabalhos futuros é importante dá seguimento ao tema abordado neste trabalho e se atualizar as maneiras de implementar o aterramento nas instalações elétricas, pode se usar os recursos avançados tecnológicos para evitar a utilização errada do aterramento elétrico, trazendo segurança para as pessoas e os equipamentos.

Portanto, o sistema de aterramento é muito importante nas instalações elétricas e o conhecimento deve ser sempre aplicado. Os profissionais que atuam nesta área devem entender as regras e requisitos de um bom aterramento e implementá-los para obter o melhor desempenho do sistema.

6. REFERÊNCIAS

COTRIM, Ademaro A. M. B., **Instalações Elétricas**, Prentice Hall, São Paulo 2003.
Procobre - Manual do Aterramento - Instituto Brasileiro do Cobre.

ELIAS, C.E.S.; VIEIRA, L.S.; BICZKOWSKI, M. **Instalações elétricas em áreas classificadas**. Revista TechnoEng, Campos Gerais – PR, 3ª Ed., Vol. 1, jan./jul. 2011.

FLANDOLI, Fabio. **Manutenção do Aterramento**. 2018.

FLEURY, Nélio; GUEDES Leonardo. **Aplicações de Aterramentos e Proteção de Sistemas Elétricos**: Goiânia: London 7 Editora, 2015.

GENTIL, Vicente, **Corrosão**, LTC Editora, Rio de Janeiro 2003.

KINDERMANN, Geraldo, Campagnolo, Jorge Mario, **Aterramento Elétrico**, Porto Alegre, 1998.

MAMEDE, Filho, João. **Instalações elétricas industriais**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 932p.

NBR 5410/04, **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**.

NBR 5419/05, Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, 2004.

VAN VLACK, Lawrence Hall, 1920. **Princípios de Ciência dos Materiais**, São Paulo , Edgard Blücher, 2000.

VISACRO Filho, Silvério, **Aterramentos Elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento**, São Paulo: Artliber Editora 2002. Sistemas de Aterramento (Apostila de treinamento Copel).