



PROJETO FINAL DE GRADUAÇÃO

**SISTEMA DE ATERRAMENTO ELÉTRICO E
EQUIPOTENCIALIZAÇÃO EM LABORATÓRIO DE
REDES DE COMUNICAÇÃO**
(Estudo de caso)

**Letícia Pereira de Quinta Santos
Tiago de Almeida Brunacci**

Brasília, Dezembro 2023

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA–UnB
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

Letícia Pereira de Quinta Santos

Tiago de Almeida Brunacci

**SISTEMA DE ATERRAMENTO ELÉTRICO E
EQUIPOTENCIALIZAÇÃO EM LABORATÓRIO DE
REDES DE COMUNICAÇÃO**
(Estudo de caso)

Trabalho de Final de Graduação submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Redes de Comunicação.

Orientador: Dr. Leonardo Rax

Brasília, Dezembro de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

LETÍCIA PEREIRA DE QUINTA SANTOS

TIAGO DE ALMEIDA BRUNACCI

Sistema de aterramento elétrico e equipotencialização em laboratório de redes de comunicação (Estudo de caso).

(ENE/FT/UnB, Graduação, Engenharia de Redes de Comunicação, 2021)

Trabalho de Conclusão de Graduação - Universidade de Brasília

Faculdade de Tecnologia - Departamento de Engenharia Elétrica

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DE QUINTA, Letícia Pereira (2021)

Sistema de aterramento elétrico e equipotencialização em laboratório de redes de comunicação (Estudo de caso).

Trabalho de Conclusão de Graduação em Engenharia de Redes de Comunicação, Publicação 001/2021, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORES: LETÍCIA PEREIRA DE QUINTA SANTOS

TIAGO DE ALMEIDA BRUNACCI

TÍTULO: **Sistema de aterramento elétrico e equipotencialização em laboratório de redes de comunicação (Estudo de caso).**

GRAU: Graduação ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste trabalho de conclusão de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor se reserva a outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de conclusão de Graduação pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

LETÍCIA PEREIRA DE QUINTA SANTOS

Residencial Maestri, Ponte Alta, Gama, DF.

TIAGO DE ALMEIDA BRUNACCI

QI 15, Lago Norte, Brasília, DF.

Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica

**SISTEMA DE ATERRAMENTO ELÉTRICO E
EQUIPOTENCIALIZAÇÃO EM LABORATÓRIO DE
REDES DE COMUNICAÇÃO**
(Estudo de caso)

Letícia Pereira de Quinta Santos
Tiago de Almeida Brunacci

Banca examinadora

Prof. Leonardo Rax. , UnB/ENE
Orientador

Prof. Dr. Fábio Lúcio Lopes de Mendonça, UnB/ENE
Examinador interno

Dr . Leonardo Crisostomo Freitas de Melo , UnB/ENE
Examinador externo

Brasília, Dezembro de 2023

Dedicatória

Esse trabalho é dedicado às nossas famílias e amigos que tiveram contribuição fundamental em nossa perseverança e motivação para a conclusão desse trabalho.

Agradecimentos

Agradeço a Deus primeiramente, que me mostra todos os dias que tem um plano especial para mim, me trazendo força e esperança para continuar sempre em frente.

RESUMO

SISTEMA DE ATERRAMENTO ELÉTRICO E EQUIPOTENCIALIZAÇÃO EM LABORATÓRIO DE REDES DE COMUNICAÇÃO (Estudo de caso)

O objetivo deste estudo é uma análise atual da situação da rede elétrica do laboratório de redes de telecomunicações (LabRedes) da Universidade de Brasília (UnB), com a vistoria da sua infraestrutura elétrica e medição de voltagens e correntes em toda sua malha elétrica, determinando seus problemas, com sugestões de correções e adequações com a norma de segurança elétrica vigente, a NBR 5410.

Palavras-chave: instalação elétrica, segurança elétrica, aterramento, equipotencialização, LabRedes, fornecimento elétrico.

ABSTRACT

ELETRIC GROUND SYSTEM AND EQUIPOTENTIALIZATION AT COMMUNICATION NETWORKS LABORATORY (Case Study)

The objective of this study is a current analysis of the situation of the electrical network of the telecommunications networks laboratory (LabRedes) at the University of Brasília (UnB), with the inspection of its electrical infrastructure and measurement of voltages and currents throughout its electrical network, determining your problems, with suggestions for corrections and adjustments to the current electrical safety standard, NBR 5410.

Keywords: electrical installation, electrical safety, grounding, equipotentialization, LabRedes, electrical supply.

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Esquema Básico e Geral de um Aterramento | 23 |
| Figura 2 - Fórmula haste | 24 |

| | |
|--|----|
| Figura 3- Resistência de terra de uma haste | 24 |
| Figura 4 – Eqüipotencialização Principal numa Situação Hipotética..... | 27 |
| Figura 5 – Esquema TN-S..... | 31 |
| Figura 6- Esquema TN-C-S..... | 32 |
| Figura 7– Esquema TN-C | 33 |
| Figura 8– Esquema TT..... | 34 |
| Figura 9– Esquema IT..... | 35 |
| Figura 10 - Esquema de Representação de Aterramento com Eqüipotencialização..... | 37 |
| Figura 11– Quadro em 2006..... | 45 |
| Figura 12– Quadro em 2021 | 45 |
| Figura 13- Quadro em 2023..... | 45 |
| Figura 14 – Transformador 75 kVa..... | 47 |
| Figura 15– Transformador 150 kVa..... | 47 |
| Figura 16– Dcco Gerador C20 D6 | 48 |
| Figura 17 - Caixa de Inspeção da Malha de Aterramento | 49 |
| Figura 18 - Quadro do LabRedes | 50 |
| Figura 19- Medição terra neutro nos ar condicionados..... | 52 |
| Figura 20- Medição terra neutro no quadro..... | 52 |

| | |
|--|----|
| Figura 21- Medição correntes nos terras..... | 52 |
| Figura 22- Medição das correntes nas fases | 52 |
| Figura 23- Grade de proteção interna LabRedes..... | 55 |
| Figura 24- Estrutura da entrada de energia | 60 |

LISTA FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1. Motivação | 12 |
| 1.2. Objetivo..... | 13 |
| 1.3. Estruturação do trabalho..... | 14 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 2.1 Proteção elétrica..... | 16 |
| 2.2. Aterramento | 22 |
| 2.3 Classificação dos esquemas de aterramento | 30 |
| 2.4 Aterramento e Equipotencialização | 36 |
| 3 CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE DE PESQUISA - LABREDES | 43 |
| 3.1 Sistema de Aterramento Elétrico: | 43 |
| 3. 2 Dados do Laboratório de Redes-LabRedes..... | 46 |
| 5.1 Aterramentos e necessidades de Equipotencialização | 57 |
| 5.2 Faculdade de Tecnologia..... | 58 |
| 5.3 Características técnicas do laboratório | 59 |
| 5.4 Layout Técnico | 60 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 63 |
| 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA | 65 |

1 INTRODUÇÃO

1.1. Motivação

Imprescindível para um Curso de Engenharia de Redes de Comunicação um Laboratório que propicie uma relação próxima entre alunos de graduação e as tecnologias estudadas e aplicadas nos equipamentos. Dentro desse escopo, o Laboratório de Redes de Comunicação cumpre o papel de levar aos estudantes o conhecimento teórico aliado com a prática nos equipamentos da Tecnologia da Informação, notadamente os computadores.

Função de seus equipamentos, o Laboratório de Redes necessita de sistema de alimentação elétrica segura, no aspecto de fornecimento de energia de potência, com adequados dispositivos de proteção e no aspecto de segurança contra choques elétricos. Nesse cenário, o sistema de aterramento e a equipotencialização elétrica configuram-se itens fundamentais para a compreensão do nível de confiabilidade da alimentação elétrica de um laboratório, partindo-se do QGBT-Quadro Geral de Baixa Tensão até a alimentação de cada equipamento, permeado pelo quadro de distribuição de força (QDF) do laboratório.

Esta pesquisa busca analisar o sistema de aterramento elétrico com base nos esquemas de aterramentos prescritos em norma específica e a equipotencialização elétrica de um laboratório de Redes de Comunicação de Universidade, como ambiente para estudo de caso. A definição do ambiente foi motivada por concorrências de anomalias elétricas registradas pela equipe de manutenção e usuários do laboratório.

É necessária a adequação das instalações de proteção elétrica, para modernizar e corrigir os sistemas, uma vez que a norma NBR 5410/2004 em sua última versão propõe de forma mais clara a utilização de determinadas estruturas e conceitos para garantir um nível mínimo de qualidade e segurança de pessoas e equipamentos.

Adicione-se a isso o fato de que a construção deste edifício remonta a 1978, ano em que o nível de engenharia não cumpria os padrões de qualidade atualmente vigentes e decorreu ainda um lapso de tempo em que não foram realizadas intervenções de manutenção preventiva/corretiva, com condições suficientes, o que não garante a integridade dos eletrodos inseridos em um sistema de aterramento e equipotencialização existentes no edifício.

Levantamentos de dados e análise técnica proporcionarão um diagnóstico do estado funcional do laboratório atual e anterior a um princípio de incêndio ocorrido em 2020, o que direcionarão propostas de adequação da rede elétrica.

1.2. Objetivo

A implementação de um sistema de aterramento elétrico e a equipotencialização em laboratório são fundamentais para garantir a segurança elétrica em instalações onde há eletricidade envolvida.

O objetivo deste trabalho é verificar o sistema de aterramento e equipotencialização elétrica do LabRedes, identificando as conformidades prescritas em Normas regulamentadoras que tem o papel de estabelecer o que fazer para alcançar as condições mínimas de segurança. Este trabalho trata de avaliar, por meio de um estudo científico de campo, o real impacto da aplicação em conjunto das NBR 5410 e NR 10. Com análise de dados obtidos em visita ao Laboratório, propor soluções de adequações, farão parte do escopo do objetivo. Dentro do problema que foi identificado, percebemos muitas situações a serem exploradas e modificadas. Por esse motivo, o objetivo principal do trabalho foi de dotar a FT de condições elétricos com segurança, contra choques elétricos e danos a equipamentos.

Exploraremos a importância do sistema de aterramento elétrico e equipotencialização em laboratórios, entendendo seus princípios, normas, projeto e benefícios. E os diferentes tipos de aterramento e as normas relacionadas a essa prática.

O trabalho foi desenvolvido buscando-se a legislação e sua aplicabilidade nos sistemas de aterramento e equipotencialização, a situação da Faculdade de Tecnologia nos aspectos da instalação elétrica, identificando os condutores neutro e de proteção (condutor PE) e propostas para a adequação das instalações.

1.3. Estruturação do trabalho

Com a abordagem do tema neste capítulo introdutório, a pesquisa abordará, no segundo capítulo, a Fundamentação Teórica, onde serão tratados os conceitos de aterramento, proteção elétrica e fundamentos teóricos relacionados com equipotencialização, dando base teórica aos conceitos que serão tratados subsequente no trabalho, caracterizando-se seus princípios e aplicações à luz da NBR 5410/2004.

No terceiro capítulo descreve-se detalhadamente a situação das instalações do LabRedes, serão tratadas as características do ambiente, com foco no leiaute, fonte de alimentação e nobreaks.

O quarto capítulo, trata da análise dos dados de campo, ressaltando hastes de aterramento, disposição dos componentes do QDF e alambrado do gerador, expondo-se os dados de campo obtidos através de visitas, vistorias e interação com técnicos responsáveis.

Finalmente, no quinto e no sexto capítulos, a pesquisa aponta as considerações finais com sugestões para futuros trabalhos, com sugestões de pesquisas futuras e serão apresentadas recomendações sobre alterações e melhorias mais imediatas a serem implementadas nas instalações, e suas respectivas Referências Bibliográficas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção tem como objetivo explicar alguns fundamentos necessários para o melhor entendimento do sistema de aterramento e equipotencialização apresentados neste trabalho. A ideia é que com esses conceitos, as análises dos resultados das pesquisas de campo sejam mais intuitivas.

O laboratório é um espaço físico equipado especialmente por diversos instrumentos, elementos ou equipamentos de medição, a fim de atender as demandas e diversas experiências ou pesquisas, conforme a área que pertence o laboratório. Também, é muito comum que as escolas, universidades ou quaisquer outros ambientes acadêmicos possuam laboratórios para utilização em aulas práticas ou outros trabalhos relacionados exclusivamente com fins educativos [1].

A palavra laboratório sintetiza conceitos como experimentação, prototipação, que são características que estão fortemente presentes nesses ambientes. A definição da estratégia de atuação do laboratório é feita de acordo com as características de cada organização, se adequando à melhor forma de se encaminhar a soluções inovadoras [2].

Há grande diversidade de laboratórios com finalidades diferentes, tais como: laboratório de pesquisas e desenvolvimento, laboratório de análises clínicas, laboratório acadêmicos de ensino e de pesquisa e extensão. Na categorização de laboratório de ensino e pesquisa, ressalta-se o laboratório específico para o curso de engenharia de redes de comunicação, o LabRedes, que será o ambiente da nossa pesquisa.

Destaca-se a importância da segurança elétrica dos equipamentos e dos usuários dos laboratórios, em função das atividades desenvolvidas com docentes, alunos e técnicos administrativos.

2.1 Proteção elétrica

Em sua última edição, a NBR 5410/2004 apresenta, entre outras coisas, uma atualização sobre a filosofia de proteção contra choques elétricos, que destaca o caráter inovador de sua aplicação e os resultados esperados. Esclarece medidas de aplicação geral, apresentadas sob a forma de regras, distinguindo-as de medidas de aplicação mais específica. Neste contexto, a norma enfatiza os princípios da equipotencialização. A NBR 5410/2004 torna mais evidente as medidas de proteção contra choques como um todo, voltando-se o texto para a análise dos resultados que se quer alcançar.

A equipotencialização também é mencionada em outras regulamentações nacionais, que garantem essencialmente a segurança de pessoas e objetos. Por exemplo, a norma NR-10 relativa à segurança de projeto estipula que “ o projeto de instalação do trecho deverá contemplar recursos fixos para nivelamento e aterramento do circuito do trecho, se for tecnicamente possível e necessário ”.

A NBR 5410 recomenda que os circuitos terminais sejam individualizados, com base na função dos equipamentos (ou pontos) de utilização alimentados. Assim, devem ser previstos circuitos terminais distintos para iluminação, para tomadas de corrente, para equipamentos a motor, etc. Os circuitos terminais individuais em locais de habitação que a NBR 5410 chamam-se “independentes”, isto é, os que alimentam um único ponto de utilização, são geralmente destinados a tomadas de corrente nominal elevada ou a equipamentos fixos de potência nominal elevada. A norma recomenda que sejam previstos circuitos independentes para equipamentos de corrente nominal superior a 10 A (por exemplo, chuveiros e torneiras elétricas), em unidades residenciais e em acomodações de hotéis e similares. [2]

Na versão de 2004 da NBR 5410, estabelecem-se nomes diferentes para classificar os níveis de proteção existentes nos componentes de uma instalação elétrica:

A denominada proteção básica é aquela destinada a impedir contato direto com partes vivas perigosas em condições normais. Os choques ocorridos nestes casos são causados pela falha das medidas básicas de segurança ou por negligência ou imprudência dos usuários, ou ainda pela inadequada utilização de EPI.

A proteção supletiva é aquela destinada a oferecer proteção contra choques elétricos quando massas ou partes condutivas acessíveis tornam-se vivas de forma acidental. Portanto,

se destina a preservar a segurança quando das falhas da proteção básica. Os choques ocorridos nestes casos são, dessa maneira, imprevisíveis e, conseqüentemente mais freqüentes.

A aplicação de ambas as proteções básica e supletiva é item mínimo exigido pela nova norma como o “princípio básico da proteção” que deve ser assegurado. Pode-se definir, portanto, que a proteção básica e a proteção supletiva são coadjuvantes.

A proteção adicional é, por sua vez, destinada a assegurar uma proteção contra contatos diretos ou indiretos no caso de falhas das medidas aplicadas ou de imprudência dos usuários. É importante frisar que a aplicação da proteção adicional não dispensa em nenhuma hipótese o emprego das medidas de proteção básica e supletiva. [2]

A NBR 5410 — Instalações Elétricas de Baixa Tensão (última edição da norma, de 2004), baseada na norma internacional IEC 60364 — Electrical Installations of Buildings, é a norma aplicada a todas as instalações elétricas cuja tensão nominal é igual ou inferior a 1.000V em corrente alternada (CA) ou a 1.500 V em corrente contínua (CC). As instalações que possuem tensão nominal superior a 1.000 V em CA e inferior a 36.200 V em CA são genericamente chamadas de instalações elétricas de média tensão. E as instalações com tensão nominal superior a 36.200 V em CA são genericamente chamadas instalações elétricas de alta tensão. Por sua vez, as instalações com tensão nominal igual ou inferior a 50 V em CA ou a 120 V em CC são instalações elétricas de extra baixa tensão. [4]

Segundo a NBR 5410 na seção 5.3.5.3 admite-se omitir a proteção contra curtos-circuitos nos casos enumerados a seguir, desde que a linha seja realizada de modo a reduzir ao mínimo o risco de curto-circuito (por exemplo, com uma proteção reforçada contra influências externas) e não se situe nas proximidades de materiais combustíveis:

a) linhas ligando geradores, transformadores, retificadores e baterias de acumuladores aos quadros de comando ou distribuição correspondentes, estando os dispositivos de proteção localizados nesse quadro;

b) circuitos cujo desligamento possa significar perigos para a instalação correspondente, tais como os citados em 5.3.4.4 da referida NBR;

c) certos circuitos de medição

Sobrecarga é a parte da carga existente em um circuito ou equipamento que excede a plena carga. Por sua vez, sobrecorrente é uma corrente que excede o valor nominal, que, no caso de condutores elétricos, é a capacidade de condução de corrente. Da mesma maneira, sobretensão é uma tensão cujo valor excede o maior valor nominal do sistema ou equipamento elétrico.

Nas instalações elétricas, as sobrecorrentes podem ser de dois tipos:

Corrente de falta: corrente que flui de um condutor para outro ou de um condutor para a terra, no caso de uma falta e no local desta.

Corrente de sobrecarga: sobrecorrente em um circuito ou equipamento elétrico sem que haja falta elétrica. [4]

Os dispositivos de manobra (ou de comando) e de proteção podem ser classificados em:

- Dispositivos de baixa tensão, quando projetados para emprego em circuitos cuja tensão de linha é inferior ou igual a 1.000 V.
- Dispositivos de alta tensão, quando projetados para emprego em circuitos cuja tensão de linha é superior a 1.000 V.

Disjuntor é um dispositivo de manobra (mecânico) e de proteção, capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito, assim como estabelecer, conduzir por tempo especificado e interromper correntes em condições anormais especificadas do circuito, tais como as de curto-circuito. [4]

Um dispositivo a corrente diferencial-residual (dispositivo DR) é um dispositivo de proteção que detecta a existência de corrente diferencial em um circuito. Ele provoca a abertura do circuito quando o valor da corrente diferencial ultrapassa um valor preestabelecido. [4]

Conceitos preestabelecidos de que somente a instalação de pára-raios de linha ou de dispositivo de proteção contra surto (DPS) seria medida suficiente para a proteção contra surtos de tensão induzem a utilização indevida desses componentes e fazem com que a proteção resulte inócua. As condições mínimas para proteção da instalação elétrica, segundo a NBR 5410 e a NBR 5419, são a existência de um eletrodo de aterramento eficiente, a garantia das ligações equipotenciais locais de uma menor diferença de tensões entre os componentes envolvidos — aqui incluída a instalação de pára-raios de linha e de DPS do tipo comutador de tensão, bem como a diminuição das tensões induzidas que adentram a instalação, realizadas por meio de DPS do tipo atenuador de tensão. [4]

As perturbações mais comuns e também as mais severas que incidem em sistema elétrico de potência são os curtos-circuitos, que ocorrem em decorrência da ruptura da isolamento entre as fases ou entre a fase e terra. O curto-circuito é uma redução inesperada no caminho percorrido pela corrente, ou seja, uma redução da impedância, causando aumento da corrente, que pode provocar danos térmicos e mecânicos aos equipamentos envolvidos. [5]

Em uma instalação elétrica de baixa tensão, pode-se distinguir quatro funções básicas, que podem ser exercidas por um ou mais dispositivos de manobra e/ou proteção. São elas: a proteção contra choques elétricos (contatos indiretos), a proteção contra sobrecorrentes, o comando funcional e o seccionamento não automático, apresentadas sucintamente a seguir:

A proteção contra choques elétricos (contatos indiretos) destina-se a proteger as pessoas e os animais domésticos contra os perigos que possam resultar de um contato com massas energizadas. Consiste na detecção de tensões de contato perigosas e no seccionamento automático do circuito em que ocorreu o problema.

A proteção contra sobrecorrentes tem como objetivo limitar as conseqüências destrutivas das sobrecorrentes e separar o restante da instalação da parte em que ocorreu o problema. Comporta a detecção de correntes de sobrecarga e de falta (principalmente de curto-circuito) e o seccionamento automático do circuito protegido.

O comando funcional permite ao usuário intervir, voluntariamente, em qualquer setor da instalação, seccionando ou ligando circuitos, sob carga, bem como ligando ou desligando equipamentos de utilização.

O seccionamento não automático(manual) é destinado a garantir a separação de uma parte da instalação de sua fonte de tensão, a fim de permitir a execução de trabalhos, consertos, localização de defeitos, substituição de componentes ou medição do isolamento da parte da instalação correspondente. Consiste no seccionamento manual, em carga ou em vazio, do circuito que alimenta o setor considerado [4].

A corrente de curto-circuito, de acordo com a lei de Joule, provoca a dissipação de potencia na parte resistiva do circuito provocando aquecimento. No ponto da falta este aquecimento e o formato do arco podem provocar uma destruição que pode ser de grande monta. Portanto, para uma dada corrente de curto-circuito, o tempo t deve ser menor possível para reduzir os danos.[5]

A queda de tensão no momento de um curto-circuito provoca graves transtornos aos consumidores. O torque dos motores é proporcional ao quadrado da tensão, portanto, no momento de um curto-circuito o funcionamento destes equipamentos pode ser seriamente comprometido. Cargas como sistemas de iluminação, sistemas computacionais e sistemas de controle em geral são particularmente sensíveis as quedas de tensão.

As conseqüências dos curtos-circuitos:

Outra grave conseqüência de uma queda abrupta da tensão é o distúrbio que ela provoca na estabilidade da operação paralela de geradores. Isto pode causar a desagregação do sistema e a interrupção de fornecimento para os consumidores. As mudanças rápidas na operação do sistema elétrico, provocadas pelo desequilíbrio entre a geração e a carga, após a retirada do circuito sob falta, podem causar sub ou sobretensões, sub ou sobrefrequências, ou ainda sobrecargas. Isto pode provocar algumas condições anormais.

A Proteção de sobrecorrente - são os eventos mais comuns e que submetem os equipamentos elétricos ao maior estresse. Classificadas em:

Sobrecargas

- Variações moderadas da corrente do sistema elétrico;

- Limitadas em módulo e tempo não trazem maiores danos;
- Quando ultrapassam os limites, devem ser retiradas do sistema;
- Principal tipo de proteção são os relés térmico.
- Também são usados relés eletromecânicos, eletrônicos e digitais com temporizações moderadas.

Curto-Circuitos:

- Variações extremas da corrente do sistema elétrico;
- Se não forem limitadas em módulo e tempo danificam os componentes elétricos pelos quais são conduzidos;
- Devem atuar entre 50 e 1000 ms dependendo do caso – velozes;
- Equipamentos de manobra devem ter capacidade de interrupção adequada e capacidade de fechamento em curto circuito.
- Fusíveis são os mais utilizados em BT e MT (distribuição), enquanto os relés são os mais empregados para o sistema de potencia (LT's, SE's e UG's) B)

Proteção de sobretensão:

Basicamente, as sobretensões do SEP nunca devem superar 110% da tensão nominal de operação. Podem ter diferentes origens:

- Descargas atmosféricas;
- Chaveamentos;
- Curto-circuitos monopolares.
- Descargas atmosféricas
- Podem envolver uma ou mais fases;
- Podem gerar sobretensões de forma direta ou indireta;
- Redes de distribuição são mais afetadas devido ao baixo grau de isolamento
- Para evitar-se descargas diretas são usados blindagens como: cabos guarda ou para-raios de haste instalados nas estruturas das SE's;
- Nas cidades, edificações e outras estruturas auxiliam na blindagem, porém não impedem a indução.

2.2. Aterramento

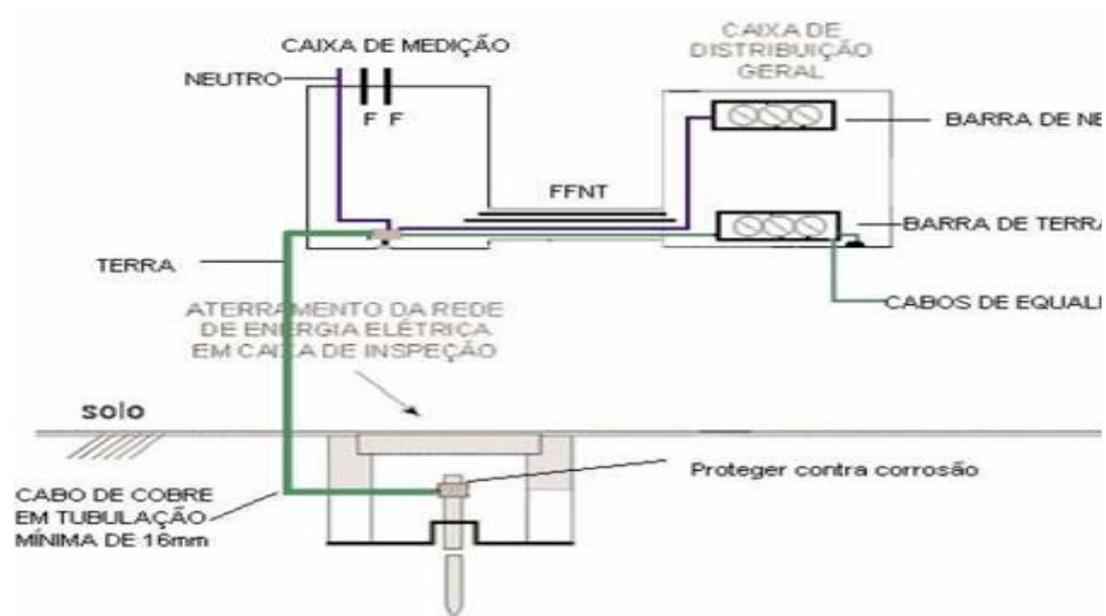
É uma ligação que nós fazemos diretamente na terra, que é a maior massa que nós temos, fazemos o aterramento por meio de eletrodos, é ligado dentro da instalação elétrica, serve como um caminho seguro para escoar todo tipo de tensão, correntes elétricas que não deveria estar dentro da instalação. No Brasil o uso indiscriminado do termo “aterramento” gerou noções até mesmo conflitantes; o sentido ficou reduzido ao de ligação à terra.[3]

Denomina-se aterramento a ligação intencional de um sistema elétrico com a terra, seja por meio de condutor elétrico, seja por meio de uma resistência ou impedância inserida no caminho da corrente. O conector que possui valor igual a “0 Volt” é responsável por eliminar as cargas residuais dos componentes conectados a ele, pois toda a carga eletrostática conectada ao sistema é descarregada na terra. Normalmente este acúmulo é oriundo do atrito entre dois corpos, muitas vezes não traz nenhum perigo ou risco para as pessoas, mas em ambientes que contenham uma “mistura ideal” entre a concentração de vapores inflamáveis e oxigênio, pode vir a tornar-se fatal. [3]

A conexão terra é a interface entre o sistema de aterramento e o solo terrestre, utiliza-se eletrodos para fazer o aterramento, a função vai variar conforme o tipo de ligação e de aterramento utilizado. O sistema de aterramento tem como objetivo fornecer um caminho de menor resistência para a corrente elétrica fluir em caso de falha ou curto-circuito, garantindo a segurança das pessoas e a integridade dos equipamentos.

No sentido mais literal, aterramento é a arte de se fazer uma conexão com toda a "terra", é uma ligação intencional de um sistema elétrico com a terra, seja por meio de condutor elétrico, ou por meio de uma resistência ou impedância inserida no caminho da corrente. [3]

Figura 1 – Esquema Básico e Geral de um Aterramento



FONTE: http://www.fisica-potierj.pro.br/Sobre_Raios_%20e_Outros/Aterramento.pdf

Percebe-se na figura que a caixa que aloja a medição está conectada ao aterramento. No ponto de conexão, onde se constitui um nó elétrico, o neutro e o condutor de aterramento (PE) estão interligados. Deste ponto em diante, o neutro e o PE seguem separados caracterizando um esquema TN-S.

Os sistemas de aterramento podem possuir diversas configurações:

- Hastes alinhadas;
- Hastes em triângulo;
- Hastes em círculo;
- Hastes em quadrado cheio;

- Hastes em quadrado vazio;
- Fios ou cabos enterrados no solo em diversas configurações: estendido em vala comum, em cruz, em estrela ou ainda, quadriculados, formando uma malha de terra.

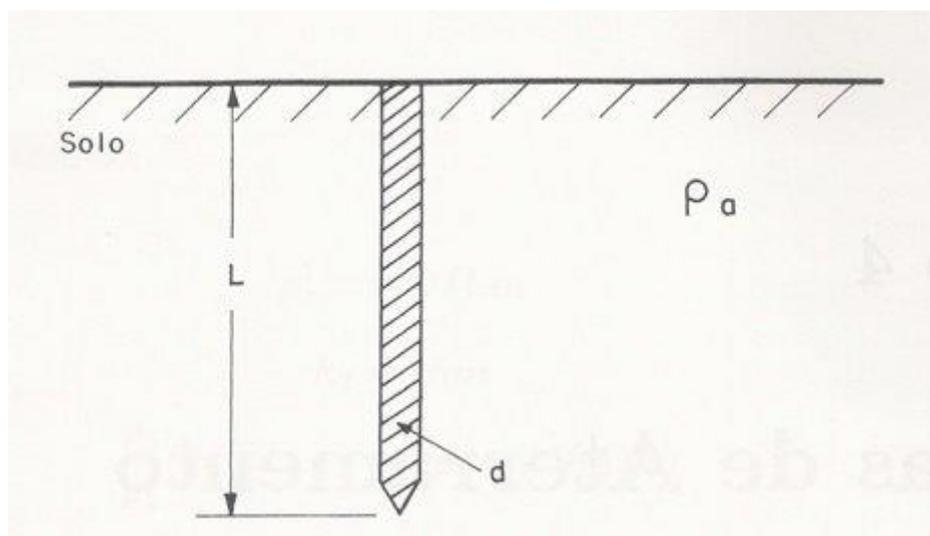
Uma haste cravada verticalmente em um solo homogêneo, conforme mostra a figura 2 possui uma resistência determinada pela seguinte fórmula:

Figura 2 - Fórmula haste

$$R_{\text{haste}} = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right) [\Omega]$$

FONTE: Kindermann (1995)

Figura 3- Resistência de terra de uma haste



FONTE: Kindermann (1995)

Por esta fórmula é possível concluir que, considerando-se as hastes-padrão existentes no mercado, dificilmente um aterramento contendo uma única haste fornecerá o valor de resistência desejado.

A conexão terra é a interface entre o sistema de aterramento e o solo terrestre, e é por esta interface que é feito o contato elétrico entre ambos. Através desta interface, os eventos elétricos serão transmitidos de e para o sistema em questão. O aterramento refere-se a dois fenômenos físicos: natural (inclui proteção contra raios) e provocado pelo homem (para proteger instalações elétricas). Esta é a principal medida de proteção contra contato indireto

(com partes não energizadas da instalação), que se utiliza do princípio de equipotencialização e do seccionamento automático da alimentação, proporcionando atuação de fusíveis, disjuntores e dispositivos à corrente diferencial-residual.

O objetivo do aterramento é fornecer um caminho condutor de eletricidade para correntes geradas por ligações incorretas, descargas atmosféricas, transientes ou para escoamento de cargas acumuladas na carcaça de equipamentos, sem que qualquer destes eventos ofereça perigo às pessoas ou animais, assim como sensibilizar rapidamente os equipamentos de proteção, isolando as faltas à terra, fornecendo um caminho de baixa impedância para tais correntes.

Uma condição importante para a limitação da corrente de falta é o fato desta corrente ter no seu percurso eletrodos de aterramento. Dessa forma, o esquema de aterramento é a classificação que define se a corrente de falta vai passar pelo eletrodo de aterramento.

O fenômeno da corrente de falta é de natureza eletrodinâmica: a corrente sempre segue um caminho fechado incluindo fonte e carga. Quando ocorre uma descarga atmosférica, o fenômeno é eletrostático: a corrente do raio circula pela terra para neutralizar as cargas induzidas no solo. A circulação dessas correntes cria gradientes de tensão e dá origem às tensões de passo e de contato.

O sistema de aterramento é uma estrutura essencial à equipotencialização. Em um sistema de equipotencialização, está implícita a existência de aterramentos interligados que, por sua vez, deverão estar ligados direta ou indiretamente à instalação.

A NBR 5410/2004 exalta a importância da relação entre a equipotencialização e o seccionamento automático da alimentação no item 5.1.2.2.2: “A equipotencialização e seccionamento automático da alimentação se completam de forma indissociável, ou seja, quando a equipotencialização não é o suficiente para impedir o aparecimento de tensões de contato perigosas, entra em ação o recurso do seccionamento automático, promovendo o desligamento do circuito em que se manifesta a tensão de contato perigosa”. Tais componentes em conjunto são responsáveis por manter a tensão de contato dentro de valores aceitáveis.

A proteção por seccionamento automático é aquele válido para o esquema TN se as massas ou grupos de massas cuja proteção estiver sendo equacionada forem todas vinculadas a uma mesma equipotencialização, e, portanto, a um mesmo eletrodo de aterramento.

O aterramento é uma prática importante em eletricidade e eletrônica para várias especificidades, e os tipos/finalidades de aterramento que você atualiza estão corretos. Aqui está uma explicação mais detalhada de cada um:

Aterramento Funcional: Consiste na ligação à terra de um dos condutores do sistema, geralmente o neutro, e está relacionado com o funcionamento correto e confiável da instalação, é utilizado para descarregar correntes elétricas causadas por falhas em equipamentos. E para

garantir que o potencial da terra seja mantido em um nível constante e adequado em sistemas elétricos. Isso ajuda a evitar sobretensões e a garantir o funcionamento seguro de dispositivos elétricos. O aterramento funcional também é essencial para criar uma referência de tensão comum em um sistema elétrico, permitindo que os componentes funcionem corretamente e evitando o acúmulo de cargas estáticas. Aterramento de Proteção: O aterramento de proteção é usado para proteger pessoas e equipamentos contra choques elétricos e sobretensões. Ele fornece um caminho seguro para que a corrente flua em caso de falhas em um sistema elétrico, como curtos-circuitos ou falhas à terra. Esse tipo de aterramento é crucial em instalações elétricas para garantir a segurança e deve ser dimensionado e projetado especificamente.

Aterramento de Proteção: É usado para proteger pessoas e equipamentos contra choques elétricos e sobretensões. Ele fornece um caminho seguro para que a corrente flua em caso de falhas em um sistema elétrico, como curtos-circuitos ou falhas à terra. Um exemplo é conector do pino central das tomadas residenciais.

Aterramento Temporário: O aterramento temporário é frequentemente usado em situações temporárias, como em canteiros de obras ou durante a manutenção de equipamentos elétricos. Ele foi projetado para criar um caminho de baixa resistência à terra temporário para evitar o acúmulo de cargas elétricas perigosas, pode ser usado em sistemas móveis ou portáteis que não possuem um sistema de aterramento permanente. Um exemplo é em manutenções elétricas, colocam um conjunto de aterramento para ser instalado com segurança.

Além desses tipos/finalidades de aterramento, existem outros, como aterramento de sinal, aterramento de radiofrequência (RF), aterramento de equipamentos eletrônicos sensíveis, entre outros, cada um com o propósito de garantir a segurança e o funcionamento adequado de sistemas elétricos e eletrônicos em contextos diferentes. [4]

O conector que possui valor igual a “0 Volt” é responsável por eliminar as cargas residuais dos componentes conectados a ele, pois toda a carga eletrostática conectada ao sistema é descarregada na terra. Normalmente este acúmulo é oriundo do atrito entre dois corpos, muitas vezes não traz nenhum perigo ou risco para as pessoas, mas em ambientes que contenham uma “mistura ideal” entre a concentração de vapores inflamáveis e oxigênio, pode vir a tornar-se fatal.

Eletrodo de aterramento é o elemento ou conjunto de elementos do sistema de aterramento que assegura o contato elétrico com o solo e dispersa a corrente de defeito, de retorno ou de descarga atmosférica na terra. Não se pode confundir eletrodo de aterramento com uma haste, haste é um tipo de eletrodo de aterramento. O que a norma especifica é o cabo e não a haste, o mais importante é o cabo.

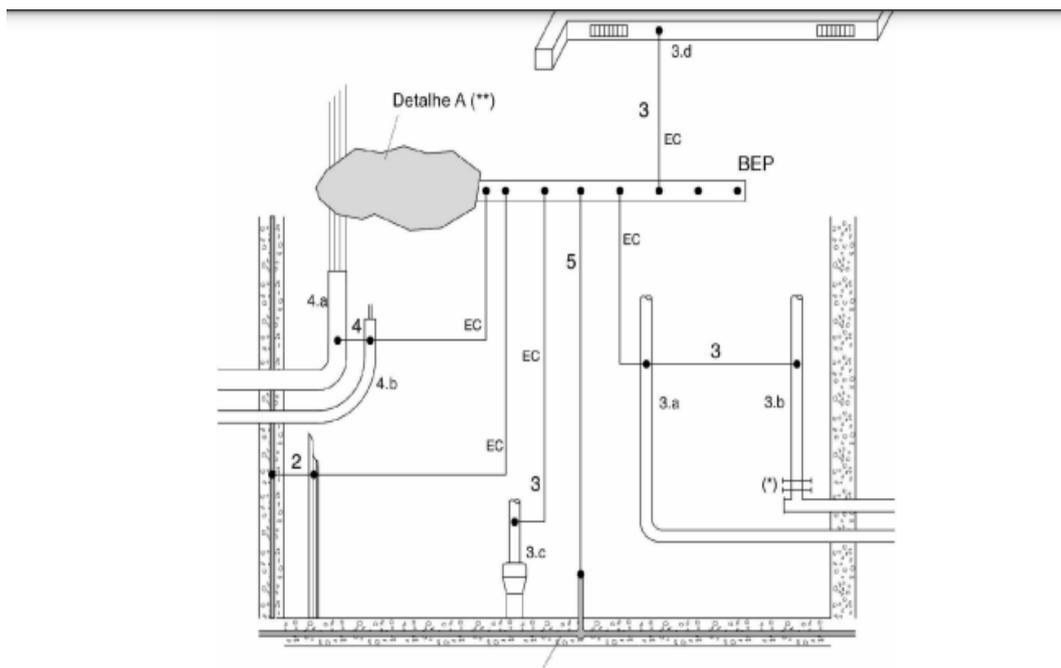
O objetivo da equipotencialização é evitar descargas laterais causadas por diferenças de potencial entre a corrente que flui através do condutor e objetos próximos.

Uma aplicação deste conceito também se destina a criar múltiplos caminhos para o fluxo de potenciais falhas ou correntes de fuga. O ponto onde os componentes do sistema de aterramento se encontram é denominado Barramento de Equalização Principal (BEP), o qual, por sua vez, estará conectado à terra por ponto único por meio de um condutor de aterramento.

Em cada edificação deve ser realizada uma equipotencialização principal e de várias equipotencializações locais quanto forem necessárias. Todos os elementos condutivos, os condutores de proteção da instalação, o eletrodo de aterramento da edificação devem integrar a equipotencialização.

O barramento equipotencial principal é constituído de uma barra de cobre, que deverá ser instalada, segundo prescreve a norma, junto ao ponto de entrada da alimentação e o mais próximo do nível do solo. Os elementos incluíveis, direta ou indiretamente, na equipotencialização principal são mostrados na figura 4:

Figura 4 – Equipotencialização Principal numa Situação Hipotética



FONTE: NBR 5410/2004 Anexo G

BEP = Barramento de equipotencialização principal

EC = Condutores de equipotencialização

1 = Eletrodo de aterramento (embutido nas fundações)

2 = Armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação

3 = Tubulações metálicas de utilidades, bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados.

Por exemplo:

3.a = água

3.b = gás

(*) = luva isolante (ver nota 2 de 6.4.2.1.1)

3.c = esgoto

3.d = ar-condicionado

4 = Condutores metálicos, blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos

4.a = Linha elétrica de energia

4.b = Linha elétrica de sinal

5 = Condutor de aterramento principal

O BEP deve estar localizado no ponto de entrada da edificação (por definição, ponto onde os condutores das linhas externas penetram na edificação).

Todos os elementos acessíveis potencialmente condutores de eletricidade dentro de uma instalação, sejam eles ou não destinadas à condução de corrente, devem ser conectados ao barramento de equipotencialização de forma a evitar circulação perigosa de correntes.

Com isso, a pessoa que acessar uma parte condutora submetida à tensão acidentalmente estará sobre uma superfície equipotencial, o que fará com que desapareça o risco inerente à tensão de contato, de falta ou passo.

A equipotencialização é uma medida de segurança, por exemplo numa descarga atmosférica, onde evita a diferença de potencial. Ela visa também minimizar os impactos de choques e danos aos equipamentos eletroeletrônicos internos, e previne e fortalece o sistema de STDA pois ele juntamente com o DTS minimiza os riscos dos impactos das descargas diretas ou indiretas.

Conforme dito anteriormente, o aterramento é relacionado também para a proteção contra geração de tensões quando do escoamento de correntes pela terra, seja ela gerada por uma descarga atmosférica, seja por um curto-circuito fase-terra. Também existem os sistemas externos de aterramento de edificações que protegem as instalações de descargas atmosféricas. A equipotencialização, por sua vez, é a interligação das partes metálicas da instalação, envolvendo ou não o aterramento.

Ilustrado na figura 4, um sistema de aterramento tem como atribuições:

- Segurança de atuação da proteção;
- Proteção das instalações contra descargas atmosféricas;

- Proteção do indivíduo contra contatos com partes metálicas da instalação energizadas acidentalmente;
- Uniformização do potencial em toda área do projeto, prevenindo contra lesões perigosas que possam surgir durante uma falta fase-terra;
- Proteção de linhas de sinais e de equipamentos eletrônicos.

O tipo de configuração do sistema de aterramento a ser adotado depende do local, do custo e da resistência da terra mais circunvizinha aos eletrodos.

O aterramento é uma parte fundamental e crítica de um sistema elétrico. Ele desempenha um papel essencial na proteção das pessoas, na preservação dos equipamentos elétricos e na manutenção da estabilidade do sistema. Aqui estão algumas razões pelas quais o aterramento é importante no sistema elétrico:

- Segurança das pessoas: O aterramento ajuda a proteger pessoas de choques elétricos. Quando um equipamento elétrico está aterrado, qualquer corrente de fuga é desviada para o solo em vez de fluir através do corpo humano. Isso reduz significativamente o risco de lesões graves ou fatais.
 - Proteção de equipamentos: O aterramento ajuda a proteger os equipamentos elétricos contra danos causados por sobretensões, curtos-circuitos e outros problemas elétricos. A ligação à terra permite que as correntes de falta se dissipem de forma segura, evitando danos aos equipamentos e reduzindo a probabilidade de incêndios.
 - Funcionamento adequado: Em sistemas de energia elétrica, o aterramento é importante para garantir que as tensão e as correntes sejam compatíveis com o acordo com o projeto. O aterramento adequado ajuda a manter uma referência comum de potencial elétrico, permitindo um funcionamento adequado de dispositivos e sistemas elétricos.
 - Prevenção de interferências eletromagnéticas: O aterramento adequado ajuda a reduzir a interferência eletromagnética em sistemas elétricos. Isso é particularmente importante em aplicações sensíveis, como eletrônica de

comunicação e sistemas de controle, onde a interferência pode prejudicar o desempenho.

- Proteção contra raios: O aterramento é fundamental na proteção de edifícios, estruturas e sistemas elétricos contra danos causados por raios. Um sistema de aterramento adequado permite que a corrente de um raio seja dissipada de forma segura no solo, evitando danos estruturais e incêndios.
- Estabilidade do sistema: Em sistemas de energia elétrica, o aterramento adequado ajuda a manter a estabilidade do sistema, garantindo a correta operação de dispositivos de proteção, como interruptores e fusíveis. Isso ajuda a evitar apagões e interrupções sem energia suficiente.
- Conformidade regulatória: Em muitos países, uma instalação de sistemas elétricos sem um sistema de aterramento adequado não está em conformidade com os regulamentos de segurança elétrica. Portanto, o aterramento é importante para cumprir os requisitos legais e regulamentares.

Em resumo, o aterramento desempenha um papel crucial na proteção de pessoas, equipamentos e na operação segura e confiável de sistemas elétricos. Ignorar a importância do aterramento pode resultar em riscos significativos para a segurança e o funcionamento adequado dos sistemas elétricos.

A NBR 5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, é a norma que trata dentre outros importantes assunto do SPDA (sistemas de proteção contra descargas atmosféricas).

Existem uma grande dúvida entre os profissionais da eletricidade que desconhecem a norma NBR 5419 com relação a responsabilidade sobre a proteção a interferências eletromagnéticas, fica claro pelo item acima que independente da utilização de um SPDA outros sistemas que protejam contra tais interferências devem ser adotados.

2.3 Classificação dos esquemas de aterramento

A ABNT NBR 5410 (2004) e atualizações é a norma que define os critérios e materiais para a instalação elétrica dos sistemas de aterramento e equipotencialidade específica em que é utilizada a seguinte simbologia: Letra inicial (situação da alimentação em relação à terra):

- T – ponto diretamente aterrado;

- I – isolamento de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de impedância.

Segunda letra (situação das massas da instalação elétrica em relação a terra):

- T – massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto da alimentação;

- N – massas ligadas ao ponto da alimentação aterrado (em corrente alternada, o ponto aterrado é normalmente o ponto neutro).

Outras letras (disposição do condutor neutro e do condutor de proteção):

- S – funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos;

- C – funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor.

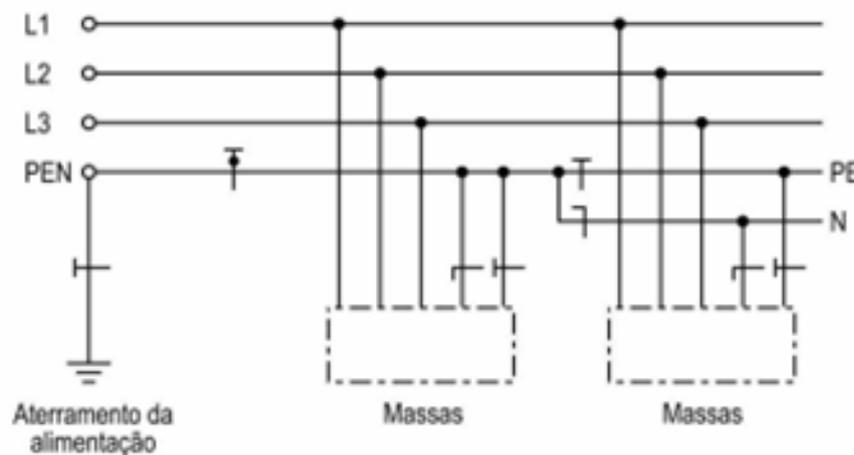
Uma condição importante para limitar a corrente de falta é a presença de um eletrodo aterrado no caminho desta corrente. Portanto, o esquema de aterramento é uma classificação que determina se a corrente de falta passa pelo eletrodo de aterramento. Trata-se de uma classificação de possíveis ligações do condutor neutro e do condutor de proteção nos eletrodos de aterramento, ou seja, combinações possíveis e/ou aplicáveis de interligações entre os aterramentos funcional e de proteção.

O esquema de aterramento é um importante fator na proteção contra choques por contatos indiretos e contra sobretensões

Esquema TN

O esquema TN tem um ponto de alimentação aterrado diretamente e os aterramentos da instalação são conectados a este ponto por meio de condutores de proteção metálicos. Como no esquema TT, o neutro da fonte também é aterrado diretamente, estando todas as partes metálicas expostas e todas as partes metálicas não pertencentes à instalação ligadas a esse ponto por condutores metálicos. Nesse caso, o percurso de uma corrente fase-massa possui uma impedância baixíssima e a corrente pode atingir valores elevados, suficientes para serem detectados e interrompidos por disjuntores ou fusíveis. No esquema TN, podemos ter as seguintes variações:

Figura 5 – Esquema TN-S



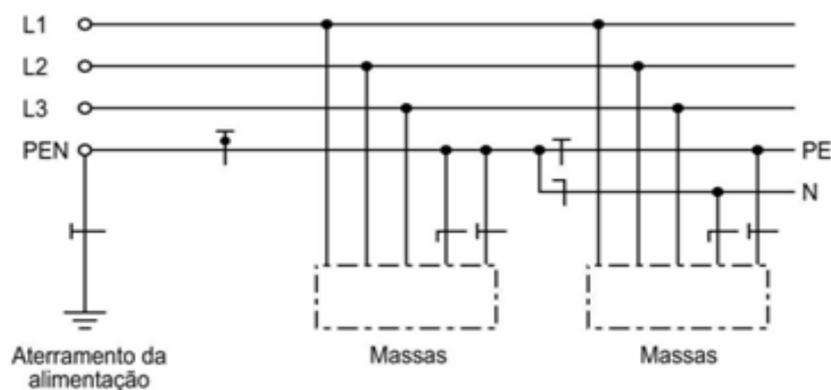
FONTE: ABNT NBR 5410 (2004)

O esquema TN-S, comumente conhecido como sistema a cinco condutores. Neste caso, o condutor de proteção conectado à malha de terra na origem do sistema interliga todas as massas da instalação que são compostas, principalmente, pela carcaça dos equipamentos. Temos o terra e neutro separados, em toda a instalação, então é o esquema TN-S (terra e neutro separados) É o esquema utilizado em instalações novas, com todas as tomadas recebendo fase, neutro e terra. É o esquema mais utilizado.

Nele o condutor de proteção é responsável pela condução das correntes de defeito entre fase e massa. As massas solidárias ao condutor de proteção (PE) podem sofrer sobretensões, devido à elevação de potencial no ponto de ligação com o neutro de sistema. Em sistemas com cabo enterrado onde exista uma capa de proteção de chumbo, o condutor de proteção é geralmente a capa de chumbo. É o esquema utilizado em instalações novas, consiste nos condutores terra e neutro separados, com todas as tomadas recebendo fase, neutro e terra. É o mais utilizado.

Essa configuração traz consigo um aspecto que é relevante para a segurança pessoal, uma vez que os aterramentos, quando conectados ao ponto de aterramento da fonte, que é diferente do condutor neutro, mantêm o mesmo potencial, que é zero, dando assim ao operador do equipamento uma tensão de toque é suspensa de zero. Outro aspecto positivo é que o cabo de proteção (PE) é imune à queda elétrica criada pelos desequilíbrios de carga e os harmônicos criados pelas cargas lineares que fluem pelo condutor neutro.[15]

Figura 6- Esquema TN-C-S



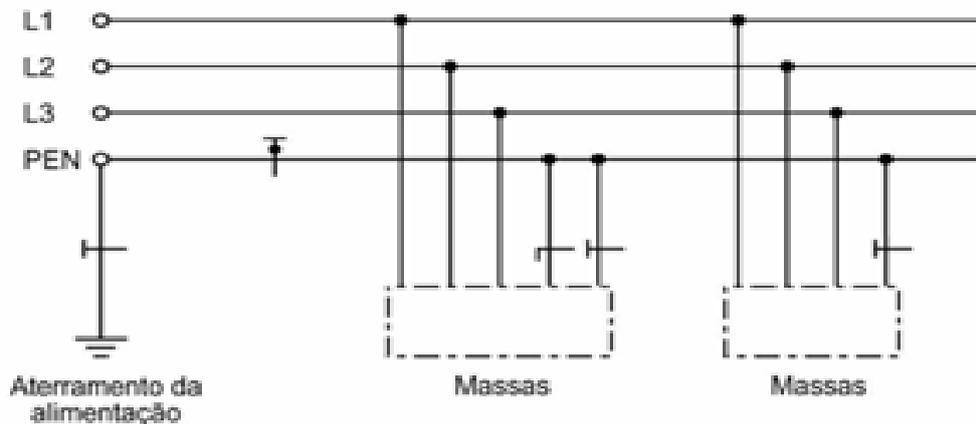
FONTE: ABNT NBR 5410 (2004)

Observamos o terra e neutro como um único condutor, terra e neutro combinados, mas apenas numa parte da instalação TNC-S (terra e neutro combinados e na outra parte separa numa mesma instalação) É o misto do TN-C e TN-S numa mesma instalação.

No esquema TN-C-S a fonte de alimentação é aterrada, o equipamento tem o seu aterramento que usa um fio separado que, após certa distância, é conectado ao fio neutro. No Brasil, o esquema de ligação TN é o mais comum, quando se tratam de instalações alimentadas pela rede pública de baixa tensão da concessionária de energia elétrica e, quase sempre, a

instalação é do tipo TN-C até a entrada. É o misto do TN-C e TN-S numa mesma instalação. Do ponto de entrada em diante, o neutro é aterrado por razões funcionais e segue para o interior da instalação separado do condutor de proteção (TN-S).

Figura 7– Esquema TN-C



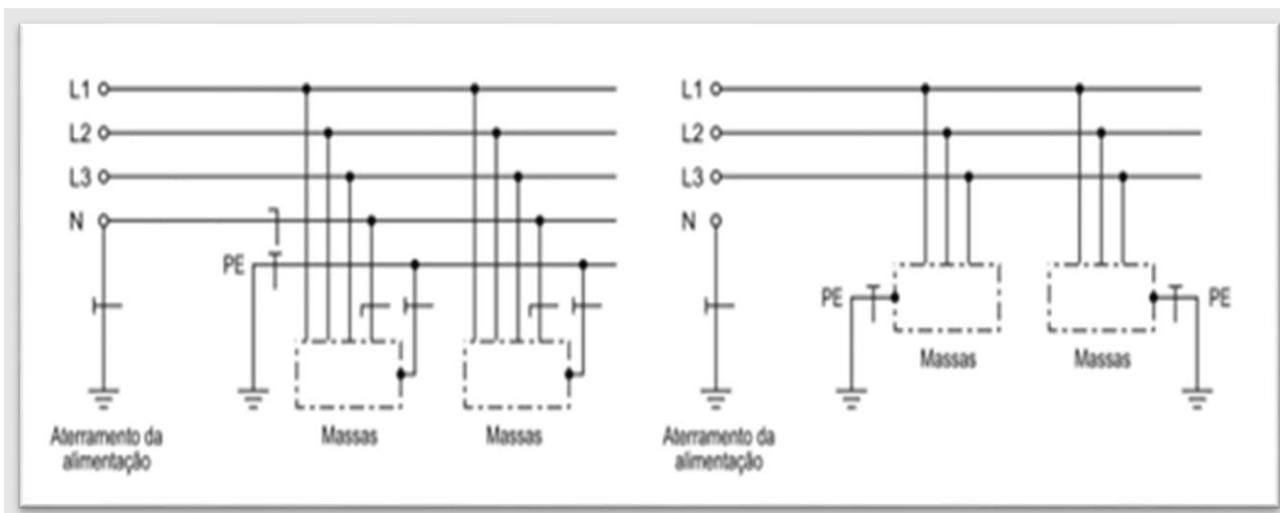
FONTE: ABNT NBR 5410 (2004)

Terra e neutro combinado em toda a instalação é o TN-C (terra e neutro combinado). É usado quando a instalação não possui condutor de aterramento, e não dá para usar o esquema TT. Esse esquema não permite o uso do DR (Dispositivo Residual).

No qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor, na totalidade do esquema. É usado quando a instalação não possui condutor de aterramento, e não dá para usar o esquema TT. Nesse caso o condutor neutro assume também a função de condutor de aterramento. Lembrando de aterrar o neutro na entrada da instalação. Esse esquema não permite o uso do DR.

Por combinar o condutor neutro e o condutor de proteção na totalidade do esquema formando um único condutor é denominado condutor PEN e este esquema não é permitido para condutores de seção inferior a 10 mm² e para equipamentos portáteis Esquema TT.

Figura 8– Esquema TT



FORNECIDA POR ABNT NBR 5410 (2004)

No sistema TT, o condutor neutro da fonte é conectado diretamente ao terra, com os aterramentos da instalação conectados ao eletrodo de aterramento, independentemente da fonte. Usado em situações onde a instalação não possui condutor de aterramento, bastando conectar a carcaça do equipamento a uma haste de terra. No caso de uma perda de energia, o caminho da corrente fase-terra contém terra, o que limita o valor da corrente devido à alta resistência à terra. É um dos sistemas de aterramento mais comuns. Nesse caso, o condutor neutro pode entregar ou não a carga, depende do sistema. Possui aterramento funcional e de proteção.

Nesse sistema, um ponto (geralmente o centro da estrela em um sistema de baixa tensão com fio em estrela) da fonte é conectado diretamente à terra. Todas as peças de metal expostas e todas as peças de metal não pertencentes à instalação são conectadas a um eletrodo de aterramento separado na instalação. Esta corrente é insuficiente para ativar os dispositivos de proteção (disjuntores ou fusíveis), mas é suficiente para colocar uma pessoa em risco. Portanto, ele precisa ser detectado e eliminado por dispositivos mais sensíveis, comumente conhecidos como interruptores diferenciais residuais (DRs). Por ser uma corrente perigosa para o homem, deve ser tratada com outro sistema de proteção, no caso os DRs.

Todos os aterramentos de um sistema devem ser conectados ao condutor de proteção. No entanto, a norma dispensa o uso de condutores de proteção em circuitos de iluminação e tomadas em unidades residenciais.

É usado em situações onde a instalação não possui condutor de aterramento, bastando conectar a carcaça do equipamento a uma haste de terra.

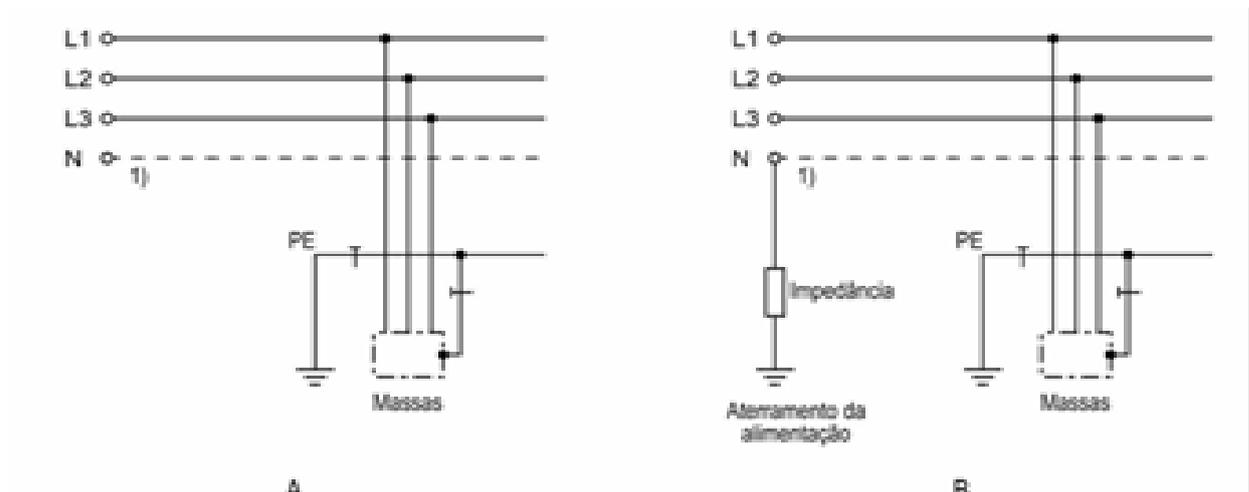
Para esta configuração, é necessário o uso de dispositivos de corrente residual e não há limites em relação ao comprimento dos circuitos elétricos, exceto para evitar quedas de tensão excessivas. Desta maneira, uma instalação pode ser modificada ou ampliada sem cálculos ou medições no local.[15]

Esquema IT

No esquema IT o neutro é aterrado através de impedância, é o sistema menos utilizado por não ser utilizado em aterramento residencial. É utilizado em redes elétricas de geração, transmissão e distribuição de energia para limitar a corrente de curto circuito da fase para a terra. Consiste em aterrar o centro da estrela (transformador ou gerador) utilizando uma impedância.

As massas do sistema são aterradas e verifique as seguintes possibilidades (ABNT NBR 5410, 2004): aterramentos que sejam aterrados no mesmo eletrodo de aterramento da alimentação, se houver; Aterramentos aterrados em seu próprio eletrodo de aterramento, seja porque não há eletrodo de aterramento para a alimentação ou porque o eletrodo de aterramento das massas é independente do eletrodo de aterramento da alimentação.

Figura 9– Esquema IT



FORNTE: ABNT NBR 5410 (2004)

O sistema é parecido com o TT, porém o aterramento da fonte é realizado através da inserção de uma impedância de valor elevado. Com isso, limita-se a corrente da falta a um valor desejado de modo a não permitir que a primeira falta desligue o sistema. Normalmente utiliza-se uma impedância na ordem de 1000 a 2000 Ohms entre o neutro do enrolamento de baixa tensão do transformador e a terra. Com isso, limita-se a corrente de falta a um valor desejado, de forma a não permitir que uma primeira falha desligue o sistema.

Geralmente não é uma corrente perigosa para as pessoas, mas como a instalação estará operando em condição de falta, devem ser adotados dispositivos para monitorar a isolação dos condutores, evitando a sua excessiva degradação. Quando se tem esse sistema, isso vai limitar a corrente de falta a um valor desejado, quando se instala a impedância tem que ser calculada, para que a primeira falta não desligue o sistema.

O método de aterramento proporciona que a primeira falta da isolação não produz qualquer queda de tensão na rede, sendo assim, devido a proporcionar continuidade no fornecimento de energia, esta configuração é recomendada para unidades consumidoras específicas, como por exemplo, hospitais e salas de cirurgia.

Esse tipo de aterramento apresenta várias vantagens e desvantagens. As principais vantagens são: continuidade, limitação da corrente de curto-circuito em função da suportabilidade dos componentes da instalação, redução considerável de harmônicas no funcionamento do sistema elétrico utilizado, segurança pessoal. Por outro lado, este esquema de aterramento apresenta dificuldades em grandes sistemas que requerem o uso de dispositivos e técnicas especiais para sinalizar e localizar a primeira falta. No caso de uma segunda deficiência, a segurança humana está em risco. [15]

2.4 Aterramento e Equipotencialização

Tratar de segurança elétrica de uma edificação envolve proteção contra curtos circuitos e sobretensão, assim como aterramento e equipotencialização.

A equipotencialização é o ato de fazer com que entre dois ou mais corpos não haja diferença de potencial elétrico, em uma instalação elétrica é um recurso usado na proteção contra choques elétricos e na proteção contra sobretensões e perturbações eletromagnéticas. Reúne todos os elementos metálicos da edificação, bem como os condutos de energia e sinal que entram e saem da edificação. Sendo assim, todos os pontos devem ter o mesmo potencial elétrico. Em um sistema de equipotencialização, está implícita a existência de aterramentos interligados que, por sua vez, deverão estar ligados direta ou indiretamente à instalação. [14]

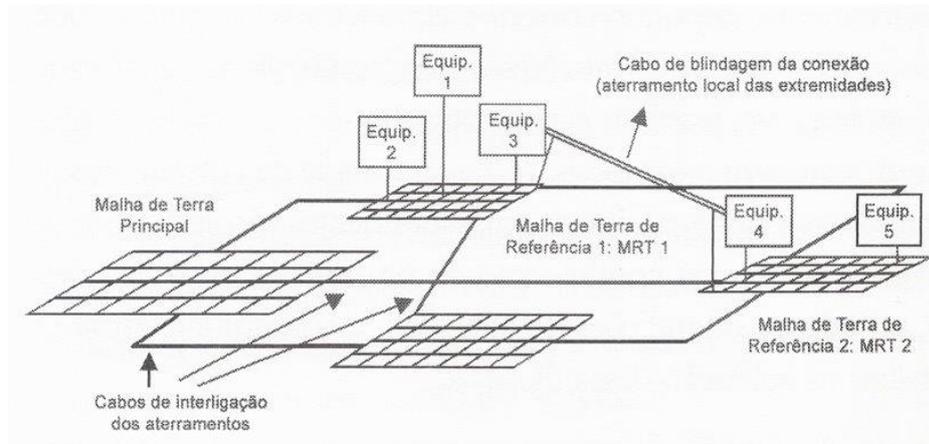
O sistema de aterramento é uma estrutura essencial à equipotencialização. Em um sistema de equipotencialização, está implícita a existência de aterramentos interligados que, por sua vez, deverão estar ligados direta ou indiretamente à instalação.

Esse sistema se caracteriza pela interligação de várias malhas de terra, conforme figura . Todas as partes metálicas se interconectam através de um condutor no menor caminho possível formando um grande sistema mitigador de diferenças de potenciais entre os sistemas.

A conexão por caminhos de baixa impedância através de conexão direta de todas as malhas e partes metálicas, usualmente, resulta em valores reduzidos para impedância de aterramento. Assim, pode-se considerar também uma técnica de otimização de sistemas enterrados.

Ainda segundo Visacro (2002, p. 151) as elevações de potencial originadas da injeção de correntes no solo associadas a ocorrências internas, como curto-circuitos, não alcançam valor elevado, devido ao valor reduzido da impedância de aterramento. O potencial nesse arranjo se estende por todo o sistema, cujos aterramentos contribuem, dessa forma para dissipação de corrente.

Figura 10 - Esquema de Representação de Aterramento com Equipotencialização



FONTE: Visacro (2002)

Na presença de equipamentos sensíveis, os aterramentos locais são geralmente constituídos por malhas reticuladas, que atuam como uma malha de terra de referência como na figura.

Ligação equipotencial: é uma ligação elétrica que coloca as massas e elementos condutores praticamente no mesmo potencial. A equipotencialização, por sua vez, é a interligação das partes metálicas da instalação, envolvendo ou não o aterramento. O seu objetivo é limitar as diferenças de potencial entre os sistemas elétricos e seus componentes metálicos. [14]

Os aterramentos locais são geralmente constituídos por malhas reticuladas, que atuam como uma malha de terra de referência. O esquema do laboratório são vários terras ligados ao quadro, não tem essa malha geral.

A infra-estrutura de aterramento de uma edificação cujo elemento central é o eletrodo de aterramento, deve observar os seguintes requisitos da norma NBR 5410 da ABNT, conforme edição 2004:

- Ser confiável e satisfazer os requisitos de segurança das pessoas.
- Poder conduzir correntes de falta à terra sem risco de danos térmicos, termomecânicos e eletromecânicos, ou de choques elétricos causados por essas correntes.
- Quando aplicável, atender também aos requisitos funcionais da instalação.

Eletrodos de aterramento embutidos nas fundações representam uma solução econômica e altamente eficaz para assegurar a manutenção de suas características durante a vida útil das edificações.

Dentre os tipos de eletrodos de aterramento admitidos pela norma brasileira, destacam-se os seguintes:

- Preferencialmente, uso das próprias armaduras do concreto das fundações.

- Uso de fitas, barras ou cabos metálicos, especialmente previstos, imersos no concreto das fundações.

- Uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação e complementadas, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente.

- No mínimo, uso de anel metálico enterrado, circundando o perímetro da edificação e complementado, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente. [3]

É um procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando obter a equipotencialidade necessária para os fins desejados. Por extensão, a própria rede de elementos interligados resultante. ABNT NBR 5410:2004 8 © ABNT 2004 s NOTA A equipotencialização é um recurso usado na proteção contra choques elétricos e na proteção contra sobretensões e perturbações eletromagnéticas. Uma determinada equipotencialização pode ser satisfatória para a proteção contra choques elétricos, mas insuficiente sob o ponto de vista da proteção contra perturbações eletromagnéticas. [2]

O aterramento e a equipotencialização são fundamentais para a garantia do funcionamento adequado dos sistemas de proteção contra choques elétricos. Aterramento é a ligação elétrica intencional e de baixa impedância com a terra (solo). [3]

Seu conceito envolve necessariamente algum tipo de contato das massas e elementos condutores com o solo, visando levar todos os componentes do sistema de aterramento a ficar no potencial mais próximo possível do solo. Por sua vez, o conceito de equipotencialização não

envolve diretamente o solo, mas está relacionado ao objetivo de colocarmos todas as massas e elementos condutores no mesmo potencial entre si.

De acordo com a norma NBR5410 (2004), equipotencialização é o processo de conectar todos os aterramentos a uma única barra de aterramento para a equipotencialização principal. No entanto, um aterramento principal é criado para que todos os aterramentos de proteção sejam conectados a ele, incluindo o SPDA que também está conectado a este aterramento principal chamado BEP, sobre o qual falaremos mais tarde.

O aterramento é uma infraestrutura que deve ser executada diretamente no terreno. O objetivo é criar um contato direto e um caminho com pouca resistência ao solo. Diz-se que traz dois corpos de energia para unificar a base e criar energia diretamente entre os corpos e terra, que cria uma equipotencial quando dois corpos condutores têm a menor diferença de desempenho. Sabemos que a diferença de desempenho cria um circuito, corrente e tensão. Qualquer vazamento ou sobretensão presente na instalação ou equipamento vai direto para o solo, pois a corrente elétrica busca a potência mais baixa, neste caso a terra, para que a corrente de fuga flua para o terra.

Assim sendo, é uma ligação elétrica intencional e de baixa impedância com a terra, o aterramento é implementado pelos eletrodos de aterramento, e pela norma fala que são partes condutoras, que são enterradas proposadamente ou já se encontram enterradas, e que garantem um bom contato elétrico com a terra. Deve ser confiável, do ponto de vista da resistência mecânica, durabilidade, baixa impedância, resistente contra os efeitos térmicos, suporte as correntes necessárias e desgastes e deve fazer parte de um sistema de proteção como um todo. O aterramento tem que trabalhar em conjunto para trazer uma boa proteção, com os dispositivos como o disjuntor, dispositivo DR, equipotencialização, seccionamento automático, DPS, entre outros. Somente o conjunto de dispositivos e práticas adotadas podem trazer segurança aos usuários de uma instalação.

O transformador de aterramento é um transformador que opera a vazio e que tem as seguintes características.

- tem impedância infinita na operação normal do sistema, mantendo, portanto, a característica de sistema isolado.
- tem impedância muito baixa nos defeitos que envolvem a terra. isto é, usufrui da característica do sistema aterrado

Segundo a norma NR10 aterramento elétrico é a ligação elétrica efetiva confiável e adequada intencional à terra, destinada a garantir a equipotencialidade e mantida continuamente durante a intervenção na instalação elétrica.

Os sistemas aterrados garantem um caminho seguro para a corrente de falta em direção à terra, pois evitam riscos de choque elétrico ou queima de equipamentos devido a uma sobrecorrente. Esses tipos de sistema são mais confiáveis que os sistemas não aterrados. O aterramento possui duas variações, sendo aterramento de proteção dos equipamentos, onde é realizada a conexão da carcaça condutora ao terra, e aterramento funcional do sistema, onde é realizado a conexão do circuito elétrico ao terra, através do condutor neutro. Também existem os sistemas externos de aterramento de edificações que protegem as instalações de descargas atmosféricas.

Aterramento funcional: cumpre uma função específica na instalação, um exemplo é o aterramento funcional do neutro, esse tem o papel de manter o condutor neutro.

Aterramento de proteção: Deve ser utilizado conforme o esquema de aterramento escolhido, utilizado corretamente no QDC e distribuído para toda a instalação elétrica.

Houve uma mudança que na norma brasileira no sentido de separar aterramento e equipotencialização para tirar algumas dúvidas, por exemplo antigamente quando falávamos que queria aterrar o chuveiro, as pessoas colocavam uma haste sobre o chuveiro, mas esse não era o sentido que queria falar do aterramento, então essa norma trouxe essa mudança para tentar acertar isso. Muitas pessoas acreditam que se o aparelho está queimando é porque a resistência de aterramento está alta, e não é bem assim, pois se o equipamento está queimando é porque está aparecendo uma sobre tensão entre a fase e o terra, e não tem nada a ver com o eletrodo de aterramento que está lá em baixo.

Outro ponto importante é que não dá para falar de aterramento e equipotencialização em baixa tensão olhando só a 5410, tem que olhar também a 5419 pois são duas normas interligadas, o fenômeno físico vai acontecer junto, por isso não tem como falar de equipotencialização e pensar só em uma norma. E que só o aterramento não é o suficiente para proteger as pessoas de choque elétrico.

Sistema de aterramento: É o conjunto de todos os eletrodos e condutores de aterramento, interligados ou não, assim como partes metálicas que atuam direta ou indiretamente com a função de aterramento, tais como cabos para-raios, torres e pórticos, armaduras de edificações, capas metálicas de cabos, tubulações e outros.

Os sistemas aterrados garantem um caminho seguro para a corrente de falta em direção à terra, pois evitam riscos de choque elétrico ou queima de equipamentos devido a uma sobrecorrente. Quando há massas interligadas, essa ligação se chama ligação equipotencial, diferente do aterramento que é ligar um condutor de baixa impedância intencionalmente com a terra.

O barramento de equipotencialização principal (BEP) geralmente é uma barra, é a que realiza a ligação equipotencial, como mostra a figura o condutor de aterramento é o condutor de proteção que liga o terminal (ou barra) de aterramento principal ao eletrodo de aterramento.

O BEP está relacionado ao ponto onde se interligam todos os sistemas de aterramento, inclusive as massas da instalação, contudo é o barramento que vai receber os condutores de proteção. A função dessa interligação é a garantia que tenha uma equipotencialização, ou seja forçar que a diferença de potencial do aterramento seja zero, logo, se a concentração de todos os pontos de aterramento em um único elemento que é o BEP, acaba forçando que o nível de tensão entre essas massas seja igual a zero, pois estão em curto circuito em um barramento de cobre que é o BEP.

Um cabeamento estruturado é fundamental para da suporte a essas aplicações. ANSI/TIA/EIA-606-A-2002 - Administration Standard for Commercial Telecommunications Infrastructure (Padrões para Administração em InfraEstrutura de Telecomunicações Comerciais). Esta norma faz parte de uma conjunto de padrões para infraestrutura de telecomunicações. É uma padronização dos cabeamentos utilizados em serviços como telefonia, internet, segurança. Dessa forma, minimiza os custos, já que o cabeamento abrange diversos servidos e possibilita futuras expansões. Logo, todos os serviços podem ser transmitidos através do mesmo cada de mesma infraestrutura.

O conceito de cabeamento estruturado advém das instalações dos sistemas telefônicos comerciais e surgiu como uma solução para melhorar o funcionamento dos serviços de

comunicação de dados, cuja demanda aumentou de forma considerável nas últimas décadas. A maioria dos problemas nas redes de computadores ocorrem devido a má estruturação do cabeamento. No Brasil, ainda é comum encontrar empresas em que seu sistema de cabeamento não está de acordo com as normas técnicas em vigor. Sendo, portanto, difícil expandir essas redes para adicionar novas áreas de trabalho e equipamentos. [17]

Para que um determinado ambiente possua uma rede de cabeamento estruturado é necessário realizar a elaboração de um projeto de cabeamento estruturado que deve abranger todos os serviços necessários, dando margem para futuras ampliações.

A documentação sobre o cabeamento de rede deverá conter:

- Tabela de identificação dos pontos;
- Relatório de testes e relatório de certificação;
- Relação de material utilizado, como modelo, marca, etc.
- Planta com plotagem dos pontos;
- Diagrama de tubulações;

A norma visa cinco áreas:

- Espaços de telecomunicações são as áreas onde as terminações estão localizadas: áreas de trabalho, armários de telecomunicações, salas de equipamentos, facilidades de entrada, caixas de passagem grandes e em tamanhos menores.
- Rotas de telecomunicações entre terminações que contém mídia de transmissão: rota de distribuição horizontal, backbone de distribuição intra-edifício, backbone de distribuição inter-edifícios, rota do sistema de aterramento e rota de entrada.
- Mídia de transmissão de telecomunicações é a mídia entre terminações: cabo de distribuição horizontal, cabo do backbone de distribuição intraedifício, cabo do backbone de distribuição inter-edifícios e cabo de entrada.
- Hardware de terminação inclui as posições das terminações da mídia de transmissão: hardware de conexão-cruzada horizontal e posições de terminação, hardware de conexão cruzada principal e posições de terminação e informações da emenda.
- Links e aterramento aplicáveis à infra-estrutura de telecomunicações: equipamento vinculando condutores, barramento do aterramento e barramento principal do aterramento. Uso final e esquemas de aplicações específicas não são incluídas nesta norma. [17]

Os principais componentes do sistema de aterramento para equipamentos de telecomunicações em um sistema de cabeamento são:

- condutor de aterramento de telecomunicações;
- condutor de interligação do backbone de aterramento para telecomunicações - TBB;
- barra principal de aterramento para telecomunicações - TMBG;
- barra de aterramento para telecomunicações - TGB.

O condutor de aterramento é um condutor que deve unir a barra TMGB com a barra de aterramento do sistema elétrico. Esse condutor deve ter no mínimo, o mesmo diâmetro do condutor da TBB. O condutor de união de telecomunicações, todo o sistema de aterramento deve ser verde ou estar marcado com uma identificação dessa cor. A TMGB serve de ponto central de conexão para os sistemas Backbone de aterramento para telecomunicações e

equipamentos instalados no mesmo espaço de telecomunicações. Essa barra deve ser única no edifício, e geralmente deve ser situada na instalação de entrada.

Quando não tem um aterramento dentro do cabeamento estruturado, você começa a gerar um nível de impedância dentro do circuito. E começa a ter perda de pacotes, e muitas vezes as pessoas não têm entendimento de que a rede está lenta por ser um sistema de aterramento do cabeamento estruturado que está com problema e que isso ocasiona a perda de pacotes em cima de transporte de dados.

3 CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE DE PESQUISA - LABREDES

A implementação de um sistema de aterramento elétrico e a equipotencialização em laboratório são fundamentais para garantir a segurança elétrica em instalações onde há eletricidade envolvida. Aqui estão os principais aspectos relacionados ao sistema de aterramento elétrico e à equipotencialização no laboratório.

3.1 Sistema de Aterramento Elétrico:

- **Objetivo:** O sistema de aterramento tem como objetivo fornecer um caminho de menor resistência para a corrente elétrica fluir em caso de falha ou curto-circuito, garantindo a segurança das pessoas e a integridade dos equipamentos.
- **Componentes:** Um sistema de aterramento inclui eletrodos de aterramento (geralmente hastes de metal enterradas), condutores de aterramento (cabos), dispositivos de conexão e dispositivos de proteção, como disjuntores.
- **Aterramento Funcional:** Além do aterramento de proteção, é importante estabelecer um aterramento funcional para criar uma referência de tensão comum em um sistema elétrico, permitindo que os componentes funcionem corretamente e evitando a acumulação de cargas estáticas.
- **Dimensionamento:** O dimensionamento correto do sistema de aterramento é fundamental para garantir sua eficácia. Isso envolve determinar o número adequado de eletrodos de aterramento e o dimensionamento dos condutores.
- **Conformidade com Normas:** É importante seguir as normas e regulamentações locais e nacionais ao projetar e implementar um sistema de aterramento elétrico em laboratórios.

- **Equipotencialização:**
- **Objetivo:** A equipotencialização tem como objetivo garantir que todas as partes metálicas condutoras no laboratório estejam no mesmo potencial elétrico. Isso evita diferenças de potencial que podem causar choques elétricos.

- **Conexão de Equipamentos e Estruturas:** Todas as partes metálicas condutoras, incluindo bancadas, estruturas metálicas e equipamentos, devem ser conectadas entre si e ao sistema de aterramento.
- **Conexão à Terra:** A equipotencialização envolve conectar todas as partes metálicas condutoras à terra, geralmente por meio de cabos de aterramento.
- **Sinalização Adequada:** Áreas equipotencializadas devem ser devidamente sinalizadas para indicar que as partes metálicas estão no mesmo potencial elétrico.
- **Isolamento de Áreas Não Equipotencializadas:** Áreas onde a equipotencialização não é possível (por exemplo, em áreas com risco biológico) devem ser isoladas eletricamente e sinalizadas adequadamente.

A implementação adequada de sistemas de aterramento elétrico e equipotencialização em laboratórios é essencial para garantir a segurança dos usuários e proteger equipamentos sensíveis. É importante envolver um profissional qualificado em eletricidade ou engenharia elétrica na concepção e implementação desses sistemas, garantindo que todas as normas e regulamentações de segurança elétrica sejam atendidas.



Figura 11– Quadro em 2006

FONTE: Pesquisa de Campo



Figura 12– Quadro em 2021

FONTE: Pesquisa de Campo



Figura 13- Quadro em 2023

FONTE: Pesquisa de Campo

Em 2006 a estrutura do laboratório era pequena, muito diferente de atualmente, por isso a estrutura era diferente, os servidores que tinha era de dentro do desktop. Em 2010 o LabRedes sofreu uma reforma, fizeram alterações na infra-estrutura pelo cluster com 83 máquinas ligadas, elas consomem um potencial de energia gigante. Depois de feita a análise, o LabRedes é

considerado o segundo maior CPD da universidade. Perdendo apenas para o CPD central em termos de processamento, tendo 2 máquinas de processamento em GPU com 24 placas de GPU, com isso tem uma consumação considerável de energia e o aterramento é muito importante.

Foi colocado um sistema de backup em 2010, que foi colocado pois já tinha o quadro do gerador. É um sistema de alerta, por exemplo, quando o sistema cai, a energia ou dá algum tipo de curto, o sistema vai lá e dá um alerta para os nobreaks, então ele faz um sistema de controle, e aí por isso foi retirado, pois hoje ele foi incorporado dentro dos próprios nobreaks que foram trocados.

3. 2 Dados do Laboratório de Redes-LabRedes

Tendo por finalidade principal dar suporte às disciplinas curriculares teóricas e práticas, dos Núcleos de conteúdos Profissionalizantes (NE) e Básicos (NB), do curso de Graduação em Engenharia de Redes de Comunicação. Neste tópico serão apresentadas as principais características do ambiente que será estudado na pesquisa de campo na próxima etapa deste estudo, as informações a seguir demonstram as condições do laboratório da faculdade de tecnologia (FT) da Universidade de Brasília que será analisado no decorrer da pesquisa, explorando os tópicos relacionados às condições atuais das instalações elétricas do ambiente de estudo, apresentando-se os dados de campo no que se refere à alimentação, aterramento, equipotencialização e características das cargas presentes nas instalações.

Como já mencionado no capítulo anterior, a proposta inicial do presente estudo consiste em desenvolver um estudo de caso, com o intuito de analisar os fatores que contribuíram negativamente para um acidente que ocorreu em 2020.

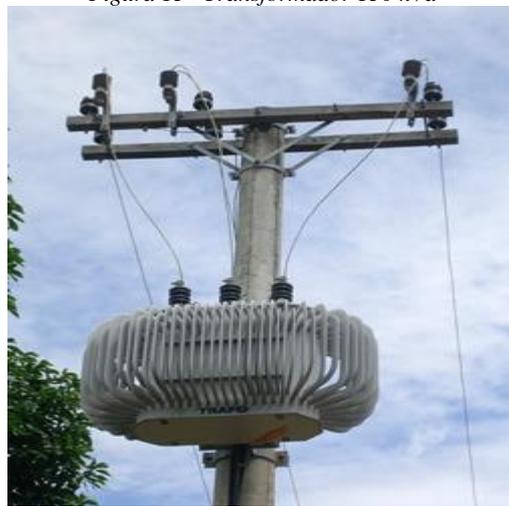
Sistema de alimentação principal do ambiente de pesquisa

Figura 14 – Transformador 75 kVa



FONTE: Pesquisa de Campo

Figura 15 – Transformador 150 kVa



FONTE: Pesquisa de Campo

O QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão) é equipado com um único barramento, desempenhando ambas as funções de terra e neutro (esquema TN-C). Porém, a norma atual da Neoenergia (empresa Energética de Brasília) especifica a presença de um barramento de terra jumpeado com um barramento para neutro. A necessidade destes dois barramentos separados deve-se às normas para distinguir entre cabos terra (verde) e neutro (azul) dentro de uma instalação. Atualmente no Labredes existem dois transformadores para atender a demanda.

O Laboratório de Redes, cujos computadores são contemplados com energia condicionada por um equipamento nobreak, recebe alimentação direta do transformador de 75 kVA. Seu quadro de distribuição está mostrado na foto abaixo:

Deste mesmo transformador é fornecida alimentação para os quadros de distribuição do NMI (foto 4.11) e do CDT (foto 4.12).

O GRACO, por ser um laboratório que comporta equipamentos de grande porte e sofisticação, foi atendido com alimentação exclusiva, cujo único quadro de distribuição está mostrado na foto 4.13.

Depois do incêndio, foi acrescentada mais uma haste e a energia do laboratório vem desse poste, alimentação-transformador.

Figura 16– Dcco Gerador C20 D6



FONTE: Pesquisa de Campo

Existem dois geradores que foram instalados em 2011 um deles, de 53 kVA, alimenta o Laboratório de Redes e o NMI (Núcleo de Multimídia e Internet), enquanto o outro gerador, alimenta algumas áreas da FT, dentre elas o laboratório e auditório da FT, onde ficam a sala dos professores, no espaço Sérgio Barroso, e TI da direção da FT. São ligados quando há falta de energia e o sistema entra automaticamente, demorando em torno de 4 minutos para sincronizar.

Ele não possui um único barramento desempenhando ambas as funções de terra e neutro (esquema TN-C). O atual padrão CEB (Companhia Energética de Brasília), no entanto, determina a presença de um barramento para terra jumpeado com um barramento para neutro.

A necessidade de presença destes dois barramentos individuais se deve a um critério para diferenciação dos cabos de terra (cor verde) e neutro (cor azul) dentro da instalação. O barramento terra deste quadro possui atualmente a função de BEP dentro da instalação e sem a existência de um dispositivo protetor contra surtos.

Verificou-se que a tensão de cima do neutro e do terra estava dando em volta de 14 volts, foi solicitado a prefeitura uma análise do quadro e um aterramento, isso em 2020, eles fizeram o aterramento mas a voltagem continuava lá, foi identificado que era uma luminária da

entrada que estava gerando essa tensão, a prefeitura resolveu, passando um novo fio e trocaram a instalação.

Figura 17 - Caixa de Inspeção da Malha de Aterramento



FONTE: Pesquisa de Campo

Foi feita uma caixa nova depois do problema, tem um fio do fotovoltaico, e outro do aterramento que sobe, esses são do segundo gerador que alimenta a parte de baixo, e esses são os cabos que vão pro gerador e vão pro Labredes, e o outro é o terra que vem da caixa menor, ele fica isolado, ele permaneceu conectado com outro terra com outro caminho.

Segundo a norma NBR5410/2004 toda edificação deve dispor de uma infra-estrutura de aterramento, denominada eletrodo de aterramento, que tem que ter no mínimo, o uso de anel metálico enterrado, circundando o perímetro da edificação e complementado, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente, e o uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação e complementadas quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente.

Os seguintes tipos de eletrodo de aterramento podem ser utilizados:

- a) aterramento natural pelas fundações, em geral as armaduras de aço das fundações;
- b) condutores em anel;
- c) hastes verticais ou inclinadas;
- d) condutores horizontais radiais;

Segundo a norma NBR5419 Eletrodos de aterramento profundos são adequados para solos em que a resistividade diminua com a profundidade e onde as camadas de baixa resistividade ocorram a profundidades maiores do que aquelas em que normalmente são cravadas as hastes de aterramento.

Figura 18 - Quadro do LabRedes

FONTE: Pesquisa de Campo

Nesse quadro tem o medidor, os aterramentos e barramentos de neutro dentro do padrão, e a distribuição, no incêndio ocorrido os que queimaram foram os DPS e o disjuntor, quando fizeram a medição, como não tem acesso do neutro para o terra, mediram no nobreak que alimenta o disjuntor principal, se faltar energia e tudo desligar o nobreak entra, tem uma chave que faz o monitoramento, vem energia só do gerador quando falta a energia, demora uns 2 a 3 minutos para verificar se a energia continua constante e depois faz um sincronismo, na nossa pesquisa de campo fizemos um teste, como mostra abaixo tinha energia e estava sendo alimentado pelo gerador. Um dos nobreaks apitava constantemente por falta de bateria, de acordo com o tecnico, a bateria foi retirada pois não funcionava mais e só trazia riscos ao laboratório.

1 4 COLETA E ANALISE DE DADOS DE CAMPO

As coletas de dados foram realizadas em dois momentos: 13 de Outubro de 2021 e em 16 de Outubro de 2023, com focos distintos entre si.

As medições de 13 de Outubro de 2021, tiveram como foco, medições da diferença de voltagem entre o terra e o neutro, com a finalidade de determinar se a linha de terras estava sendo utilizada constantemente por algum dispositivo. Vistoriamos a ligação de diversos os terras com o solo, quando conseguimos localizar seus acessos, assim como toda a infraestrutura do laboratório e dos servidores.

16 de Outubro de 2023 o foco foi a medir as correntes em cada terra individualmente, com finalidade de determinar a qualidade individual deles. Também foram medidas as correntes em cada fase de entrada de alimentação no quadro do laboratório, para se determinar a qualidade e equipotência das fases

Foi utilizada primeiramente o multímetro na função de voltímetro em corrente alternada (2021). Posteriormente foi utilizado um amperímetro para se determinar as correntes de entrada nas fases, nos neutros e as correntes dos terra (2023).



Multímetro utilizado



Amperímetro utilizado

Figura 19- Medição terra neutro nos ar condicionados



FONTE: Pesquisa de Campo

Figura 20- Medição terra neutro no quadro



FONTE: Pesquisa de Campo

Figura 21- Medição correntes nos terras



FONTE: Pesquisa de Campo

Figura 22- Medição das correntes nas fases



FONTE: Pesquisa de Campo

2021:

Foi encontrado uma diferença de 33 V entre o terra e o neutro, medido no quadro, uma diferença muito acima dos 3V permitido pela norma NBR5410, a medição foi repetida até se

determinar de qual disjuntor vinha essa diferença de voltagem, estava vindo de um disjuntor ligado a um ar-condicionado.

No cabo de energia de tomadas e do ar-condicionado também tiveram problemas nos DPS. Quando a empresa fez o aterramento eles mediram a fase neutro e como segue abaixo na medição da foto antes das correções estava com 33V e após a correção esta com 0.01 na medição pela equipe da prefeitura.

Com a vistoria do aterramento, foi encontrado um que possuía apenas uma haste e estava no padrão antigo, o problema foi comunicado a prefeitura que tratou de instalar mais duas hastes neste terra, o deixando de acordo com o padrão vigente (NBR 5410)

2023:

As correntes foram medidas nos terras e foram aferidos os seguintes valores (em mA): 610, 310, 390, 290, 900, 700, 300.

As correntes encontradas nas fases foram (em A): 31, 51, 71.

Não se repetiu a medição da diferença entre fase e neutro pois não era objetivo repetir o que se foi feito em 2021, mas o mesmo problema está presente com os terras tendo correntes constantes neles.

Essas correntes foram muito importantes para se determinar dois fatos importantes:

Ainda existem terras nos padrões anteriores, o que causa uma diferença de impedância e uma diferença tão grande entre elas, pode causar curto em caso de mudança abrupta de voltagem (descargas elétricas).

As fases não estão equipotentes, o que significa que a corrente não se anulará no neutro, algo não permitido por nenhum padrão de segurança em instalações elétricas.

O contato com o engenheiro responsável pela distribuição de energia elétrica no campus foi realizado e tivemos repostas de alguns questionamentos, mas ao ser questionado sobre a equipotência nas fases, não obtivemos respostas, coincidiu de do contato ter sido realizado na mesma semana do apagão geral da UnB entre os dias de 12-14 de novembro de 2023, talvez o motivo obtermos mais respostas.

1 5 VISTORIA DA INFRAESTRUTURA LABREDES



Figura 23- Grade de proteção interna LabRedes

FONTE: Pesquisa de Campo

O laboratório tem um mapeamento elétrico e em 2010, o laboratório passou por uma reforma, em 2007, mais ou menos, tinha uma estrutura dentro do laboratório de redes de 16 máquinas que tinha os servidores de aplicação para atender o laboratório. Em 2010, se teve uma projeto de pesquisa em que mudou toda a estrutura do laboratório, que foi reconstruído.

Não há aterramento nas grades metálicas, janelas e do alambrado do gerador, tem apenas aterramento na rede do quadro.

O aterramento para sistema de equipotencialização deve escoar cargas estáticas acumuladas em estruturas, suportes e carcaças dos equipamentos em geral, proporcionar um percurso de baixa impedância de retorno para a terra, que proporcionará o desligamento automático pelos dispositivos de proteção de maneira rápida e segura e fornecer controle das tensões desenvolvidas no solo quando o curto fase-terra retorna pelo terra para uma fonte próxima ou mesmo distante, proporcionando segurança ao operador.

Segundo a norma NBR 5410 , que estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens. Então ter uma instalação com os requisitos

da norma é fundamental. A infra-estrutura de aterramento prevista em 6.4.1.1.1 deve ser concebida de modo que:

- seja confiável e satisfaça os requisitos de segurança das pessoas;
- possa conduzir correntes de falta à terra sem risco de danos térmicos, termomecânicos e eletromecânicos, ou de choques elétricos causados por essas correntes;
- quando aplicável, atenda também aos requisitos funcionais da instalação.

Segundo a sessão 6.4.6 Aterramento por razões funcionais

6.4.6.1 Os circuitos PELV e massas de equipamentos classe II e classe III que forem aterrados por razões funcionais, devem estar vinculado (interligados) ao BEP da instal

6.4.6.2 Quando condutores de aterramento funcional conduzirem corrente contínua, devem ser tomadas precauções para impedir corrosão eletrolítica nos condutores e nas partes metálicas próximas.

6.4.6.3 No dimensionamento da seção dos condutores de aterramento funcional, devem ser consideradas possíveis correntes de falta e, quando o condutor de aterramento funcional for também utilizado como condutor de retorno, a corrente de funcionamento em regime normal e a queda de tensão. Se os dados pertinentes não estiverem disponíveis, deve ser consultado o fabricante do equipamento.

Assim sendo, as grades metálicas do LabRedes, janelas e do alambrado Gerador devem ser aterradas.

Tem que ter aterramento em grandes estruturas metálicas (grade, janela e em regiões desprovidas de sistemas de para raios), para este procedimento deve ser consultada a norma NBR-5419, que demonstra a proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, que se não forem devidamente aterradas são os caminhos mais fácil para as descargas atmosféricas.

O barramento terra deste quadro apresentado acima possui atualmente a função de BEP dentro da instalação e sem a existência de um dispositivo protetor contra surtos.

Os transformadores existentes no laboratório que será analisado em nosso estudo foram instalados em decorrência do aumento da demanda e da formação de novos laboratórios.

O Laboratório de Redes, cujos computadores são contemplados com energia condicionada por um equipamento nobreak, recebe alimentação direta do transformador de 75 kVA.

Deste mesmo transformador é fornecida alimentação para os quadros de distribuição do NMI e do CDT. O GRACO, por ser um laboratório que comporta equipamentos de grande porte e sofisticação, foi atendido com alimentação exclusiva.

O diagrama unifilar das instalações elétricas do laboratório que será analisado é similar ao que está representado na figura a seguir:

Em uma observação preliminar em visita ao ambiente que será analisado por esta pesquisa foi identificado que há vários quadros com barramentos terra e neutro unificados. Esta situação, dentro da instalação em questão, pode ser um problema dada a inexistência de um controle sobre o balanceamento das cargas entre as fases.

Tal desbalanceamento gera circulação indesejada de corrente pelo cabo de neutro, que em uma instalação cujo esquema é o TN-C, poderá incorrer em circulação de parcela da corrente de neutro pelo condutor de proteção.

Como a instalação elétrica da edificação possui transformadores responsáveis pela alimentação de equipamentos de tecnologia da informação e essas fontes são, elas próprias, alimentadas em esquema TN-C, deve-se adotar o esquema TN-S em sua saída.

Há laboratórios de informática onde são processadas e armazenadas informações de alto grau de importância para seus usuários e, portanto, para a faculdade.

A convivência dessas cargas de diferentes naturezas em quadros comuns somada a uma instalação sem protetores contra surtos permite que os surtos gerados pelos equipamentos de ar-condicionado afetem diretamente os computadores.

5.1 Aterramentos e necessidades de Equipotencialização

Em nossa observação preliminar pode-se notar que os usuários dos equipamentos do laboratório em questão improvisaram o aterramento dos mesmos, conectando o cabo terra diretamente ao solo.

Dessa forma, o barramento terra dos quadros que alimentam essas cargas está sem funcionalidade e estes equipamentos não estão protegidos.

O cabo terra para os circuitos deve ser provido diretamente pelo barramento terra do quadro que o alimenta.

Trata-se de malhas implementadas sem um projeto, feitas conforme a requisição dos instaladores dos quadros e equipamentos às quais elas servem. Há duas malhas de aterramento lineares, individuais e conectadas entre si em um ponto.

A primeira, que serve ao quadro dos Servidores do departamento, é constituída foi interligada à malha antiga existente nas proximidades.

No entanto, a distância entre algumas hastes desta malha é inferior ao comprimento efetivo destes eletrodos, resultando eletricamente em uma quantidade inferior de hastes, por conta da ocorrência de zona de interferência.

A segunda malha serve ao quadro de distribuição do departamento. Esta malha possui uma caixa de inspeção em cujas proximidades há um cano hidráulico com a finalidade de jorrar água em seu interior.

A partir de uma análise inicial se pode afirmar que há a necessidade de um barramento equipotencial principal nas instalações se faz necessário por questões de organização e funcionalidade.

Segundo prescrição da NBR 5410, a ausência de um barramento terra individual fere o quesito funcionalidade e proteção, de modo que determina uma situação fora dos padrões adotados pela concessionária local.

Dentro da instalação do laboratório aqui analisado, o aumento da eficiência de proteção soma à proteção das pessoas contra choques elétricos, a diminuição de possibilidade de queima dos equipamentos, que são em parte sensíveis e/ou caros, além de se constituírem em patrimônio.

Considerando essa primeira observação da estrutura de equipotencialização do ambiente de estudo, se pode afirmar que os barramentos equipotenciais locais também são necessários por questão de proteção contra choques elétricos e de compatibilidade eletromagnética, para se vincular indiretamente todas as massas da instalação à equipotencialização principal.

5.2 Faculdade de Tecnologia

Este ambiente possui um único quadro geral de alimentação, no entanto, há uma malha de aterramento para este quadro e outras para cargas por ele alimentadas.

As três malhas restantes servem equipamentos sofisticados, que segundo informações cedidas pela manutenção técnica, necessitam por exigência dos fabricantes, de malha de aterramento individual e isolada e com um determinado valor de resistência elétrica. São eles os equipamentos: torno mecânico, máquina hidráulica e oxicorte. Segundo informações obtidas, estes equipamentos são alimentados com fase, neutro e terra vindos de quadros terminais advindos do Quadro de Distribuição do Graco, e têm sua carcaça conectada às suas respectivas malhas de terra individuais.

É importante lembrar que as normas prescrevem que o condutor de proteção de um dado circuito deve ter traçado paralelo e estar tão próximo quanto possível, eventualmente envolvendo os condutores de fase e neutro dos circuitos que estão protegendo.

Essa prescrição visa o acoplamento magnético entre os condutores ativos e o de proteção. Além disso, massas protegidas por um mesmo dispositivo devem ser interconectadas a um mesmo eletrodo de aterramento.

O aterramento da carcaça e o aterramento pelo fio terra em pontos distintos gera loop de terra, causado pela diferença de potencial elétrico entre estes dois aterramentos, podendo causar fuga de corrente pela carcaça.

O efeito da zona de interferência foi também observado nestas malhas de aterramentos, entre eletrodos de uma mesma malha, como também entre duas das malhas de aterramento isoladas, as quais se encontram muito próximas entre si. Da mesma forma que ocorre nas malhas de aterramento do Departamento da Engenharia Elétrica, há desperdício de eletrodos.

Não foram identificadas quaisquer malhas de aterramento referentes aos outros quadros de distribuição advindos do QGBT, supondo-se que os condutores de proteção venham diretamente do barramento terra do QGBT.

Os quadros de distribuição cuja alimentação advém do transformador de 75 kVA, de acordo com informações cedidas pela manutenção técnica, não possuem malha de aterramento.

Os cabos de terra destes quadros se utilizam erroneamente do aterramento da carcaça e do pára-raios de linha deste transformador, que é composto por uma única haste.

Aterramento dos equipamentos em geral

A figura a seguir mostra o esquema de proteção externa do prédio no qual fica o laboratório aqui analisado, e os principais componentes detalhados em seu corpo.

Enfatiza-se que a proteção externa é aderente ao conceito de proteção de pessoas e edificações, não sendo suficiente para proteção de equipamentos eletroeletrônicos.

O subsistema de captação tem a função de receber a descarga atmosférica. O captor mais utilizado atualmente é do tipo Franklin, cuja altura deve ser calculada conforme as dimensões

da edificação e do nível de proteção exigido. Além dos captores, os subsistemas de captação são compostos de hastes, cabos esticados, condutores em malha e elementos naturais.

A partir das características mencionadas anteriormente, se deve acrescentar que em todas as edificações do prédio no qual está o laboratório, o subsistema de captação deve ser escolhido de acordo com o(s) método(s) adotado(s) no projeto: Eletrogeométrico, Franklin ou Gaiola de Faraday. Cada método é definido na NBR 5419:2001, podendo ser único ou misto.

Especial atenção deve ser dada também às características de utilização da instalação, à sua ocupação e aos materiais componentes da sua construção. A NBR 5419:2001 detalha, para cada nível de proteção, a quantidade de cabos exigida e os espaçamentos mínimos dos condutores dispostos no teto da edificação.

O subsistema de descida tem como função conduzir a energia da descarga atmosférica absorvida pelos captores para o subsistema de aterramento. Podem ser utilizados como descidas as estruturas metálicas de torres, postes e mastros, assim como as amarraduras de aço interligadas de postes de concreto como descidas naturais até a base, o que dispensa o uso de condutores de descidas paralelos ao longo da estrutura.

O condutor de descida é o responsável pela condução da descarga até o solo, de modo a não causar dano na estrutura protegida, manter os potenciais abaixo do nível máximo de segurança e não produzir faiscamentos laterais com estruturas metálicas vizinhas. A quantidade de descidas requer estudos apropriados que devem seguir os requisitos da NBR 5410/2004 para os graus de proteção exigidos, somada a mais uma descida a fim de se ter o aumento de eficiência pela redução da impedância do circuito. O espaçamento entre os condutores de descida e as edificações de maneira geral (volume a proteger) não deve ser menor que 10 cm.

O subsistema de aterramento tem como função prover uma via de baixa impedância para o escoamento da energia da descarga atmosférica para terra. Do ponto de vista da proteção contra raio, um subsistema de aterramento único integrado à estrutura é preferível e adequado para todas as finalidades, ou seja, proteção contra o raio, sistemas de potência de baixa tensão e sistemas de sinal.

5.3 Características técnicas do laboratório

Sendo um sistema trifásico a 4 fios com tensão de entrada de 220 Volts entre fases e uma demanda de atendimento de 13.8kVA, a edificação se enquadra na categoria de atendimento T3, portanto os equipamentos utilizados são na estrutura do laboratório do setor de Engenharia Civil similares aos seguintes:

- Disjuntor tripolar de 60 A;
- Dispositivo DR de 4 pólos e sensibilidade de 30mA; (mili-ampéres);
- Conductor de cada fase de cobre (PVC 70°C) e seção de 16mm²;
- Conductor neutro de cobre (PVC 70°C) e seção de 16mm²;
- Conductor de proteção de cobre (PVC 70°C) e seção de 16mm²;
- Conductor de interligação do neutro ao aterramento nu de cobre e seção reta de 16 mm²;
- Eletroduto rígido de PVC 3/4" para descida do aterramento.

Figura 24- Estrutura da entrada de energia



Fonte: PINHEIRO (2013)

É necessário ser feita a proteção dos equipamentos elétricos contra as descargas atmosféricas que podem surgir da incidência de um raio sobre a rede elétrica. Neste caso é instalado um Dispositivo de proteção contra surtos (DPS) no circuito de entrada.

5.4 Layout Técnico

Segue abaixo um conjunto de recomendações que irão subsidiar a elaboração de um plano para estruturar um laboratório de informática na escola, de forma a serem evitados problemas básicos de infra-estrutura, assim como venham a propiciar um ambiente adequado ao desenvolvimento de projetos educacionais.

O laboratório de informática deverá contemplar, no mínimo, 2m² para cada computador a ser instalado, de forma a garantir um mínimo de espaço para a operação dos equipamentos pelos respectivos alunos, provendo um ambiente de aprendizagem agradável e confortável.

É importante que o laboratório de informática esteja protegido de forma adequada contra agentes agressivos como, por exemplo, areia, poeira, chuva. Deve estar também distante de tubulações hidráulicas visando garantir a integridade dos equipamentos a serem instalados, bem como a dos ocupantes do laboratório, uma vez que tais agentes agressivos não só podem danificar os equipamentos como também provocarão desconforto aos alunos e/ou demais ocupantes dos laboratórios.

A temperatura ambiente deve ser de no máximo 30° C. Se não for possível em condições naturais, deverá ser instalado um aparelho de ar condicionado de, no mínimo, 18.000 BTU. As especificações técnicas de temperatura para o perfeito funcionamento do laboratório e de equipamentos de informática não podem ser altas, pois correm o risco de danificar as máquinas, além de ser desconfortável para os alunos.

Tomadas elétricas comuns não podem ser compartilhadas com a rede elétrica dos equipamentos de informática, por conta das interferências e oscilações geradas por aparelhos como liquidificadores, enceradeiras, geladeiras, ar condicionado, que podem vir a causar danos aos estabilizadores e fontes de alimentação dos equipamentos, chegando a provocar a queima destes;

É importante que não haja falhas estruturais na alvenaria do prédio – infiltrações, rachaduras, umidade, mofo, cuja existência compromete a segurança tanto dos ocupantes dos laboratórios, como dos equipamentos nele instalados.

O Aterramento do quadro e seus circuitos (não usar o neutro da rede), deve ter resistência menor ou igual a 10. Nos locais onde não existe um sistema de aterramento instalado ele deverá ser construído, já que em nenhuma hipótese deverá ser substituído pelo neutro da rede elétrica.

No exterior do ambiente informatizado, utilize três hastes de cobre com 2 metros de comprimento, enterrando-as em forma de triângulo ou em linha, a uma distância de 2 metros entre cada uma das hastes deixando aproximadamente 10 centímetros de cada haste exposta para conexão da fiação;

Deve fazer a ligação entre as hastes utilizando fio de, no mínimo, 10 mm de espessura, de forma a criar um triângulo fechado ou, caso as hastes estejam em linha, uma linha aberta. Lembramos que os fios deverão estar presos a cada uma das hastes através de conectores próprios, de forma a garantir que não se desprendam.

Recomenda-se ainda a criação de caixas de acesso às pontas de cada haste, visando facilitar a manutenção, proteção e o acesso às mesmas. Uma extremidade do cabo de cobre descrito no item 1 deverá ser conectado ao triângulo ou linha;

O fio de cobre, que agora é o terra, deverá ser ligado ao terceiro pino de todas as tomadas da rede elétrica que se desejem aterrar. Para a averiguação do aterramento, utilize um multímetro para averiguar a tensão existente entre o neutro e terra das tomadas. O neutro da rede elétrica não deve ser utilizado porque não é um terra (embora popularmente seja conhecido com o nome de terra). O neutro é usado apenas como referência para a fase (Obs: Se, por exemplo, uma rede possui uma voltagem de 110V, isto significa que a diferença entre a voltagem do neutro e a voltagem da fase é de 110V, não significando que a voltagem do neutro seja zero. Conseqüentemente, pode haver eletricidade no chamado neutro da rede, e é por isso que ele não deve ser usado em hipótese alguma como terra da rede elétrica).

Outra prática muito comum mas com resultados catastróficos é a utilização de fios amarrados em pregos, canos de ferro, canos de PVC ou torneiras para servir como aterramento. Esses sistemas não são terras e, se usados, podem colocar em risco todos os equipamentos elétricos a eles ligados.[4]

Instalação Elétrica

Quadro de disjuntores para cada conjunto de 4 tomadas (MÁXIMO 20A). Dotado de etiquetas identificadoras, visando garantir a proteção elétrica dos equipamentos instalados, bem como facilitar a identificação de possíveis problemas através da identificação existente.

É importante que se tenha o projeto ou diagrama da rede elétrica, no mínimo um diagrama, com a identificação dos circuitos, disjuntores e tomadas, facilitando assim uma eventual manutenção necessária, bem como futuras alterações e/ou reformas que por ventura sejam necessárias.

Deve haver pára-raios de linha, para proteção contra descargas atmosféricas, garantindo assim a segurança da rede elétrica contra eventuais danos proveniente de raios. Todas as tomadas e disjuntores devem possuir etiquetas identificadoras dos circuitos.

Todas as tomadas com etiqueta de aviso tipo: “tomada exclusiva para equipamentos de informática”, buscando não só a facilidade de manutenção, como também evitar que outros equipamentos sejam inadvertidamente ligados à rede elétrica destinada aos equipamentos de informática, podendo provocar interferências prejudiciais a estes;

Importante também ter um esquema de vigilância permanente e sistema de alarme, para garantir maior segurança contra possíveis roubos aos equipamentos instalados.

Quadro de laminado melanínico branco (“quadro branco”), com dimensões mínimas de 1,5 m X 1,25 m, para ser fixado à parede com calha-suporte para marcadores. A utilização de quadro com giz é inadequada no ambiente com microcomputadores, pois o acúmulo de pó nestes equipamentos poderá prejudicar o seu funcionamento ou reduzir a vida útil destes.

Disposição dos Equipamentos

Os equipamentos precisam ser instalados com uma distância mínima de 1m entre eles. Essa distância impede interferências e facilita a sua utilização e manutenção. Uma distância maior precisará ser adotada, caso o uso predominante dos equipamentos seja por dois alunos simultaneamente.

Importante que os cabos elétricos e lógicos (cabos de impressoras, de monitor, etc.) fiquem na parte de trás dos equipamentos. É preciso deixar o espaço adequado quando houver trânsito de pessoas.

6 CONCLUSÃO

O LabRedes tem a sua própria malha energética, e sendo responsável por ela, precisa requisitar à prefeitura que a eletricidade entregue esteja de acordo com a normal 6.2.6.2.3: *“Quando, num circuito trifásico com neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 15%, a seção do condutor neutro não deve ser inferior à dos condutores de fase, podendo ser igual à dos condutores de fase se essa taxa não for superior a 33%.”* Pois as correntes medidas estão muito fora da normal, precisando que o LabRedes faça o que determina na norma 6.2.6.2.5: *“Quando, num circuito trifásico com neutro ou num circuito com duas fases e neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, pode ser necessário um condutor neutro com seção superior à dos condutores de fase.”* O que não é uma realidade no quadro do LabRedes, o neutro tem a mesma seção dos condutores de fase, sobrecarregando o neutro, que pode ser um dos motivos de se ter tanta corrente no cabo de terra e fonte de diversos acidentes elétricos.

O aterramento de todas as estruturas metálicas do laboratório é de realização trivial, e muito necessária para a segurança dos frequentadores do lugar, caso uma estrutura dessas fique energizada, o risco de choque elétrico, com consequências adversas é muito provável. Terras separadas para as estruturas metálicas com medição e de acordo com as 5419 [1].

A setorização, do laboratório, para determinar quais são os equipamentos que estão enviando por volta de 770W constantemente para o terra é algo que tem que ser feito para determinar se é sobrecarga do neutro ou falha dele.

A resistência de entrada nos terras também deve ser revista, pois a discrepância de correntes entre eles chega a ser 3 vezes maior, 0,3 A e 0,9 A, indicando uma resistência 3 vezes maior no de menor corrente, a causa é simples de se determinar, cada caixa terra tem um número diferentes de hastes, que foi confirmado em vistoria, o que resultando em resistências diferentes, O ideal é que todos estejam no padrão vigente atual. Visto que uma discrepância grande entre eles pode ocasionar em um curto em caso de queda repentina do neutro ou uma descarga muito forte no terra ocasionada por outro fator. Também pode-se desativar os terras mais antigos, anteriores a norma de 2015[2]. A empresa responsável fez uma visita e estavam analisando como melhorar o aterramento, foram colocadas mais duas hastes no terra, deixando o aterramento de acordo com a norma vigente.

As fases tanto correntes com mais de o dobro de diferença entre a maior e a menor, significa uma equipotencialização falha entre elas, o que resulta em uma corrente no neutro

para se compensar essa diferença, contato com o responsável por fornecimento energia elétrica ao labredes deve ser realizado e esta situação normalizada e colocada dentro da norma vigente.[2]

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5419 – PARA RAIOS, 2001
- [2] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR5410 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA, 2004
- [3] ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NR 10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE, 2004
- [4] ADEMARO A.M.B COTRIM, INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, PEARSON HALL, 5 ED. 2009
- [5] AUTOR EDITORIAL QUECONCEITO. SÃO PAULO. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://QUECONCEITO.COM.BR/LABORATORIO](https://queconceito.com.br/laboratorio)> . ACESSO EM 27/10/2021.
- [6] AUTOR EDITORIAL QUECONCEITO. SÃO PAULO. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://QUECONCEITO.COM.BR/LABORATORIO](https://queconceito.com.br/laboratorio)> . ACESSO EM 27/10/2021.
- [7] AUTOR UFPR - PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.ELETR.UFPR.BR/P/_MEDIA/PROFESSORES:MATEUS:TE_131_-_CAPITULO_1.PDF](http://www.eletr.ufpr.br/p/_media/professores/mateus/te_131_-_capitulo_1.pdf)> ACESSADO EM 20/10/2021.
- [8] DAMASCENO, MARCIA NELMA LOPES & IRYODA, NATALIA TUTIDA EQÜIPOTENCIALIZAÇÃO: SEGURANÇA E FUNCIONALIDADE NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA FACULDADE DE TECNOLOGIA [DISTRITO FEDERAL] 2006.
- [9] KINDERMANN, G., CAMPAGNOLO, J.M., 2011, ATERRAMENTO ELÉTRICO. 6 ED. FLORIANÓPOLIS – EEL/UFSC.
- [10] MAMEDE FILHO, J. – PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA, 2014.
- [11] MANUAL DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS DISPONÍVEL EM: ACESSO EM: 24 FEV.
- [12] NBR 5410/2004 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO. RIO DE JANEIRO, ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.
- [13] PINHEIRO, TIAGO FIGUEIRA LEÃO. SISTEMAS DE ATERRAMENTO EM BAIXA TENSÃO. 2013. 102 F. TCC (GRADUAÇÃO) - CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.
- [14] RAMPINELLI, GIULIANO ARNS; KRENZINGER, ARNO; ROMERO, FAUSTINO CHENLO. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE INVERSORES UTILIZADOS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. 2013. TCC- CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, ARARANGUÁ, 2013.

[15] SCHNEIDER ELETRIC (BRASIL). ESQUEMAS DE ATERRAMENTO. SÃO PAULO, 2014. 15 P. DISPONÍVEL EM:
[HTTPS://DICASDOZEBIO.FILES.WORDPRESS.COM/2014/02/TEMA3](https://dicasdozebio.files.wordpress.com/2014/02/TEMA3)

[16] STEELCASE, HOW WORKSPACE DESIGN FOSTERS INNOVATION, 2013.DISPONÍVEL EM:<[HTTPS://WWW.STEELCASE.COM/RESEARCH/ARTICLES/HOW-PLACE-FOSTERS-INNOVATION/](https://www.steelcase.com/research/articles/how-place-fosters-innovation/)> . ACESSADO EM 27/10/2021

[17] http://www.fisica-potierj.pro.br/Sobre_Raios_%20e_Outros/Aterramento.pdf, ACESSADO EM 27/09/2023

[18] ANSI/TIA/EIA 606A – ADMINISTRAÇÃO DOS SISTEMAS DE CABEAMENTO; NORMA ESPECÍFICA TÉCNICAS E MÉTODOS PARA IDENTIFICAR E GERENCIAR A INFRAESTRUTURA DE TELECOMUNICAÇÕES;