



EJA INTEGRADA - EPT
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Eletricista instalador predial de baixa tensão



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



EJA INTEGRADA - EPT
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Eletricista instalador predial de baixa tensão



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



PRESIDENTE DA REPÚBLICA
Jair Messias Bolsonaro

MINISTRO DA EDUCAÇÃO
Victor Godoy Veiga

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA
Mauro Luiz Rabelo

SECRETÁRIO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
Tomás Dias Sant'Ana



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte

REITOR

José Arnóbio de Araújo Filho

PRÓ-REITOR DE PESQUISA E INOVAÇÃO
Avelino Aldo de Lima Neto

PRÓ-REITOR DE ENSINO
Dante Henrique Moura

CAMPUS AVANÇADO NATAL - ZONA LESTE

DIRETOR-GERAL

José Roberto Oliveira dos Santos

**DIRETOR DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA
E TECNOLOGIA EDUCACIONAL**
Wagner de Oliveira

COMITÊ EDITORIAL DA DIRETORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS – CAMPUS AVANÇADO NATAL - ZONA LESTE/IFRN

PRESIDENTE
Wagner de Oliveira

MEMBROS

José Roberto Oliveira dos Santos
Albérico Teixeira Canario de Souza
Glácio Gley Menezes de Souza
Wagner Ramos Campos

SUPLENTE

João Moreno Vilas Boas de Souza Silva
Allen Gardel Dantas de Luna
Josenildo Rufino da Costa
Leonardo dos Santos Feitoza

EQUIPE DE ELABORAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO DOS CURSOS FIC - PROJETO EJA INTEGRADA - EPT

ORGANIZADORAS

Luciane Soares Almeida
Francy Izanny de Brito Barbosa Martins

DESIGNER INSTRUCIONAL
Luciane Soares Almeida

REVISORAS PEDAGÓGICAS

Ivoneide Bezerra de Araújo Santos Marques
Mária Josevânia Dantas

REVISORES DE LINGUAGEM/LINGUÍSTICA/ABNT
Wagner Ramos Campos
Rodrigo Luiz Silva Pessoa

DIAGRAMADORES

Amanda da Costa Marques
Rodrigo Ribeiro de Sousa Galvão

AUTORES

LIVRO AUXILIAR DE MANUTENÇÃO PREDIAL

Abraão Jhonny da Costa Brazão
Alexandro Vladno da Rocha
Carlindo Avelino Bezerra Neto
Marinaldo Pinheiro de Sousa Neto

**LIVRO OPERADOR DE UNIDADE DE
TRATAMENTO DE RESÍDUOS**

Amanda Rodrigues Santos Costa
Dayana Melo Torres
Felipe Bento de Albuquerque
Fernando Luiz Figueiredo
Sativa Barbosa de Brito Lelis Villar
Thais Cristina de Souza Lopez

**LIVRO OPERADOR DE PROCESSAMENTO
DE FRUTAS E HORTALIÇAS**

Adriana Melo Leite
Elisabete Pianco de Sousa
Emanuel Neto Alves de Oliveira
Thamirys Lorraine Santos Lima

LIVRO NÚCLEO ARTICULADOR

João Paulo de Oliveira
Marcelo Damasceno de Melo
Mária Helena Silva Soares
Marilson Donizetti Silvino
Mauro Froes Meyer
Thiago Valentim Marques

LIVRO OPERADOR DE COMPUTADOR

Alba Sandrya Bezerra Lopes
Elizama das Chagas Lemos
Karolayne Santos de Azevedo
Marcelo Henrique Ramalho Nobre

**LIVRO ELETRICISTA INSTALADOR PREDIAL
DE BAIXA TENSÃO**

Aldayr Dantas de Araújo Júnior
Felipe Bento de Albuquerque
Jean Carlos da Silva Galdino

E39

Eletricista instalador predial de baixa tensão. / Organização:
Luciane Soares Almeida, Francy Izanny de Brito Barbosa Martins,
-- 2022.
202 f. ; 30cm.

Guia (EJA – Integrada – Educação de Jovens e Adultos).
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio
Grande do Norte, Natal (RN), 2022.

ISBN: 978-65-84831-20-9

1. Educação 2. Guia 3. Educação Profissional 4. Curso Técnico
I. Título. II. Vários Autores.

CDU: 621.311



CONTATO

Endereço: Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1692, Tirol.
CEP: 59015-300, Natal-RN.

Fone: (84) 4005-0763 **E-mail:** editora@ifrn.edu.br

Prefixo editorial: 94137

Linha editorial: Material Didático

Disponível para download em: <http://memoria.ifrn.edu.br>





Sumário

| | |
|------------------------------------------------------|------------|
| Apresentação | 05 |
| Práticas de eletricidade | 07 |
| Segurança no trabalho | 71 |
| Instalações elétricas de baixa tensão | 113 |



Apresentação

Prezado(a) estudante,

o *Projeto básico para a implementação da política de educação de jovens e adultos integrada à educação profissional* (Projeto EJA INTEGRADA – EPT) é o resultado de uma parceria estabelecida entre o Ministério da Educação (MEC/SEB/SETEC) e o IFRN. Ele visa, dentre seus objetivos de ação, ofertar cursos de formação inicial e continuada (cursos FIC), na modalidade de educação de jovens e adultos integrada à educação profissional, a estudantes do ensino fundamental, em convênio com municípios do estado do Rio Grande do Norte.

O Projeto EJA INTEGRADA – EPT atende o público jovem e adulto por meio de políticas afirmativas articuladas às políticas de pesquisa e de extensão e pretende desenvolver ações comprometidas em contribuir para a elevação da escolaridade e a qualificação profissional dos estudantes, dentro da perspectiva de construção de uma proposta de inclusão social. Nesse sentido, objetiva a superação de dificuldades e desafios na educação básica brasileira, tanto no contexto global como no contexto local do Rio Grande do Norte. Assim, partimos de uma proposta de educação inclusiva e emancipatória, em consonância com os princípios de educação humana integral defendidos no PPP do IFRN.

Assim, tendo em vista o desenvolvimento do Projeto em sala de aula, o IFRN preparou este material especialmente para você! Os livros foram produzidos para ajudá-lo(la) no desenvolvimento das atividades do curso, visando favorecer a aprendizagem e contribuir com a sua formação profissional por meio de leituras, estudos e discussões. A ideia é beneficiar a construção do conhecimento e a troca de experiências, de forma cooperativa e compartilhada. Os livros foram organizados a partir dos componentes curriculares que compõem a matriz curricular de cada curso e são divididos nas seguintes seções: **Apresentação**, com informações relacionadas a ementa e objetivos; **Conteúdo**; **Resumo** e **Referências**. Os livros que disponibilizamos são:

- LIVRO 1 – Auxiliar de Manutenção Predial
- LIVRO 2 – Eletricista Instalador Predial de Baixa Tensão



- LIVRO 3 – Operador de Computador
- LIVRO 4 – Operador de Processamento de Frutas e Hortaliças
- LIVRO 5 – Operador de Tratamento de Resíduos Sólidos
- LIVRO 6 – Núcleo Articulador

Com isso, esperamos que essa formação repercuta na melhoria da qualidade da educação ofertada a você, de modo que venha a articular as dimensões: ciência, trabalho, tecnologia e cultura. Mas, sempre tomando como referência as experiências anteriores do seu cotidiano.

Você tem em mãos um material de excelência que foi elaborado por professores específicos dos núcleos tecnológico e articulador, e que lhe proporciona subsídios valiosos para a construção dos conhecimentos necessários à compreensão dos conteúdos do curso. Enfim, esperamos que você desfrute das oportunidades de aprender, neste período em que refletiremos juntos sobre a formação humana integral ao longo do curso!

Boas leituras e estudos significativos para você!!!

Francy Izanny de Brito Barbosa Martins

Coordenadora Geral do Projeto EJA Integrada EPT no IFRN

ejaintegrada.ept@ifrn.edu.br

Práticas de eletricidade

Aldayr Dantas
de Araújo Júnior



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



Apresentação

O objetivo da disciplina de Práticas de Eletricidade é que o estudante conceitue as principais grandezas elétricas e conheça as suas unidades, fazendo a devida relação entre elas; aplique as leis da eletricidade visando as instalações elétricas; estude os circuitos (em série, paralelo e misto) visando a análise de circuitos elétricos; utilize instrumentos de medição de grandezas elétricas; conceitue o eletromagnetismo e suas leis; seja apresentado ao conceito de transformadores; e que seja introduzido os conceitos de corrente alternada e fator de potência.

Dessa forma, a ementa da disciplina de Práticas de Eletricidade está dividida da seguinte maneira: inicialmente, trataremos dos conceitos básicos de eletricidade e suas principais grandezas serão estudados e, em seguida, falaremos sobre circuitos elétricos e medições. Na sequência, abordaremos os conceitos básicos de corrente alternada e transformadores.



Conceitos Básicos de Eletricidade

Energia Elétrica e suas etapas: geração, transmissão e distribuição

O sistema elétrico brasileiro iniciou sua estruturação no final do século XIX. As primeiras usinas e linhas de transmissão construídas tinham o propósito de alimentar cargas pontuais, porém com o tempo, houve a disseminação do uso da eletricidade, tornando-se necessário transportar a energia elétrica até as residências.

Ao longo de aproximados 100 anos de existência do setor elétrico, ocorreram muitas mudanças em suas regras operativas. Em várias oportunidades, a administração das empresas (distribuidoras e transmissoras) do setor mudou da iniciativa privada para o poder público. Atualmente, a gestão desse setor é realizada em parte por empresas administradas pela iniciativa privada e em outra por empresas geridas pelo poder público, com todas elas, porém, seguindo a mesma regulamentação.

Disponibilizar energia elétrica a todos os consumidores em um país com dimensões como as do Brasil não é uma missão fácil. Além dos consumidores presentes nos grandes centros urbanos, a energia elétrica é necessária também em locais afastados, a exemplo dos sistemas de irrigação necessários à agricultura e campos de cultivo.

Para atender a essa necessidade, o Governo Brasileiro lançou, em 2003, o programa “Luz para todos”, que tem o objetivo de “acabar com a exclusão elétrica do país”, subsidiando a construção de infraestrutura elétrica em locais onde, em condições normais, isso não seria viável economicamente. Atualmente, apenas uma parcela muito pequena da população não tem acesso à energia elétrica.

Dessa forma, o aumento da demanda requer também aumento da oferta, visto que o sistema elétrico contempla a geração e transmissão de grandes montantes de energia elétrica.

A ausência de constância e organização no planejamento da expansão do sistema elétrico para atender à crescente demanda por energia já resultou, em várias ocasiões, em cortes e limites de redução no consumo de energia elétrica: o conhecido racionamento.

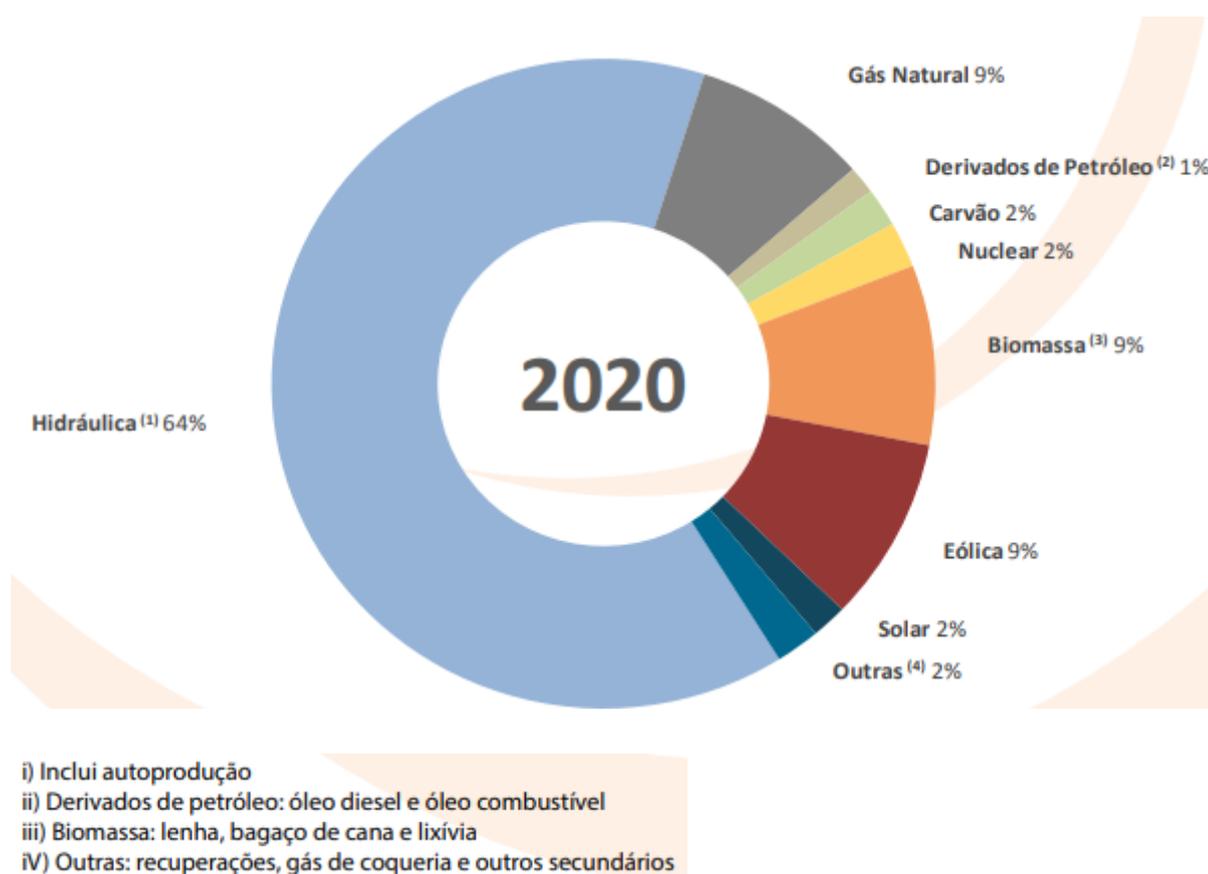


Nos próximos tópicos, serão apresentados alguns aspectos de como o setor elétrico está estruturado atualmente entre suas fases de geração, transmissão e distribuição.

Geração

A energia elétrica é produzida por meio da transformação de outra fonte de energia. Existem muitas fontes energéticas que podem ser utilizadas nessa produção, e o Brasil explora uma ampla diversidade em sua matriz energética, conforme é possível observar no figura 1.

Figura 1 – Geração de energia elétrica por fonte no Brasil em 2020



Fonte: Balanço Energético Nacional - BEN 2020.

Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt>>. Acesso em: 14/03/2022.



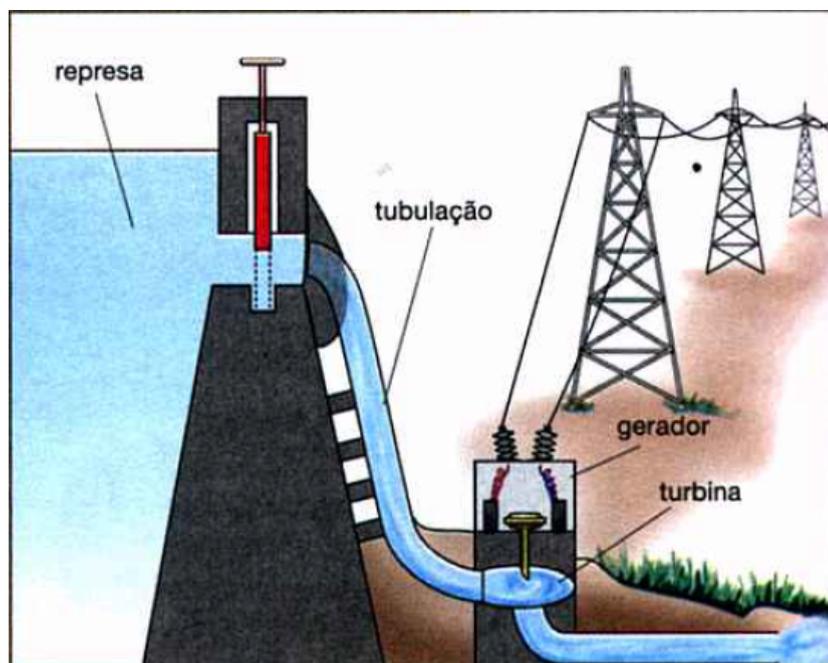
Geração hidroelétrica

No Brasil, a geração hidroelétrica é predominante e apresenta como princípio de funcionamento o aproveitamento da energia potencial da água acumulada nos reservatórios para movimentar uma turbina. Esta, por sua vez, produz energia mecânica de rotação em um eixo no qual o gerador está ligado, originando a energia elétrica.

Geralmente, a tensão de saída das usinas geradoras que alimentam o país varia entre tensões da ordem de 6,6 kV, no caso das pequenas usinas, como Pequenas Centrais Hidrelétricas, até 25 kV, no caso de grandes usinas.

Para realizar a conexão da energia gerada nas linhas de transmissão, que habitualmente apresentam tensões mais elevadas, é comum haver uma subestação junto à usina, que permite a elevação da tensão para que seja feita a conexão. Na Figura 2, é mostrada uma usina hidrelétrica em que a energia mecânica da queda d'água se transforma em energia elétrica.

Figura 2 – Ilustração esquemática de uma usina hidrelétrica.



Fonte: ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A (2006).

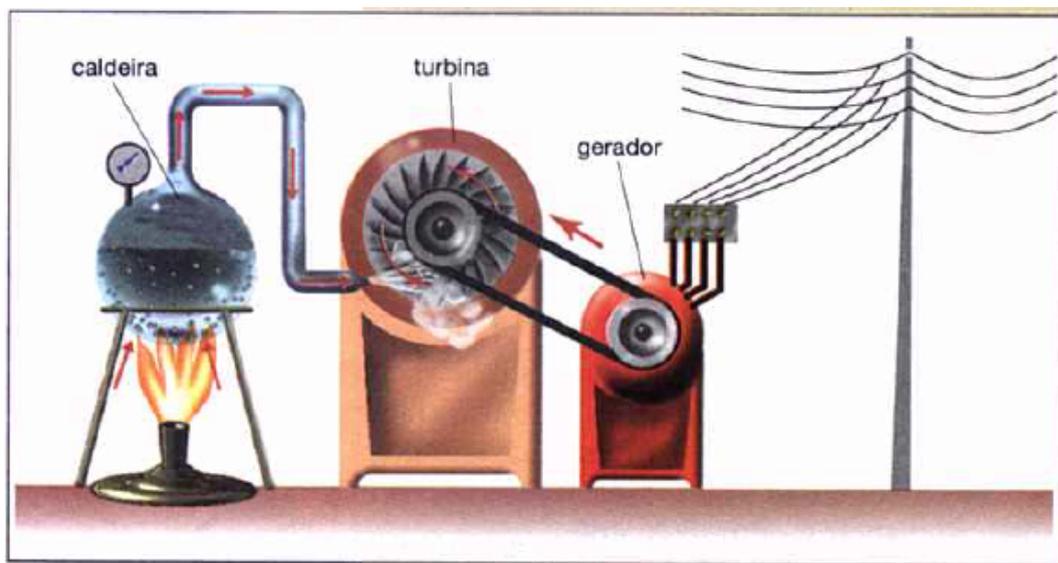
Essa característica de elevar a tensão para permitir a conexão à rede não é intrínseca de usinas hidroelétricas. Usinas de energia elétrica que utilizam outras fontes também possuem frequentemente subestações que elevam a tensão gerada.



Geração termoelétrica

Nas usinas termelétricas, o gerador é acionado pelo vapor de água que sai de uma caldeira aquecida, conforme é mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Ilustração esquemática de uma usina termoelétrica.



Fonte: ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A (2006).

Para aquecer esta caldeira, utiliza-se o calor produzido na combustão de óleo, carvão, biomassa e o gás natural, sendo esses os combustíveis mais utilizados nas principais usinas termoelétricas da matriz energética nacional. Assim, temos a transformação de energia térmica em energia elétrica.

Geração eólica

A geração de energia elétrica por meio dos ventos tem apresentado um crescimento muito elevado ao longo dos últimos anos no Brasil. Produzir energia elétrica por meio dos ventos é uma forma de geração renovável e pouco poluidora e, por esse motivo, essa fonte tem se destacado no setor elétrico. A Figura 4 mostra a Usina de Energia Eólica Alegria II, que é um parque de produção de energia eólica localizado no município



de Guararé/RN. Com potência instalada de 61 aerogeradores, iniciou suas operações em 2012.

Figura 4 – Usina de Energia Eólica Alegria II em Guararé/RN.



Fonte: Autoria própria (2015).

Geração solar fotovoltaica

A energia do sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica. Os sistemas fotovoltaicos têm a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica. Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistemas conectados à rede elétrica.

As placas fotovoltaicas podem ser usadas nos telhados e fachadas nas residências e edifícios para suprir as necessidades locais de eletricidade (Figura 5), ou podem ser empregadas na construção de usinas geradoras de eletricidade (Figura 6).



Figura 5 – Placas fotovoltaicas para a geração de eletricidade instaladas no telhado de uma residência.



Fonte: VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R (2012).

Figura 6 – Usina de eletricidade fotovoltaica.



Fonte: VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R (2012).

A energia solar fotovoltaica é uma das fontes de energia cujo uso mais cresce em todo o mundo.



Transmissão

A geração de energia elétrica ocorre normalmente afastada dos centros consumidores, constituídos por indústrias, comércios, residências, entre outros. Para que a eletricidade gerada por qualquer um dos meios vistos no item anterior alcance os centros consumidores, faz-se necessário um complexo sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica.

Dessa forma, é possível afirmar que a transmissão se inicia logo após a geração e finaliza nas subestações responsáveis pela distribuição. Devido às dimensões continentais do Brasil e à elevada carga de energia existente em todo o país, há, atualmente, uma extensa rede de linhas de transmissão, interligando as usinas de geração às regiões consumidoras, conforme é possível observar na Figura 7.

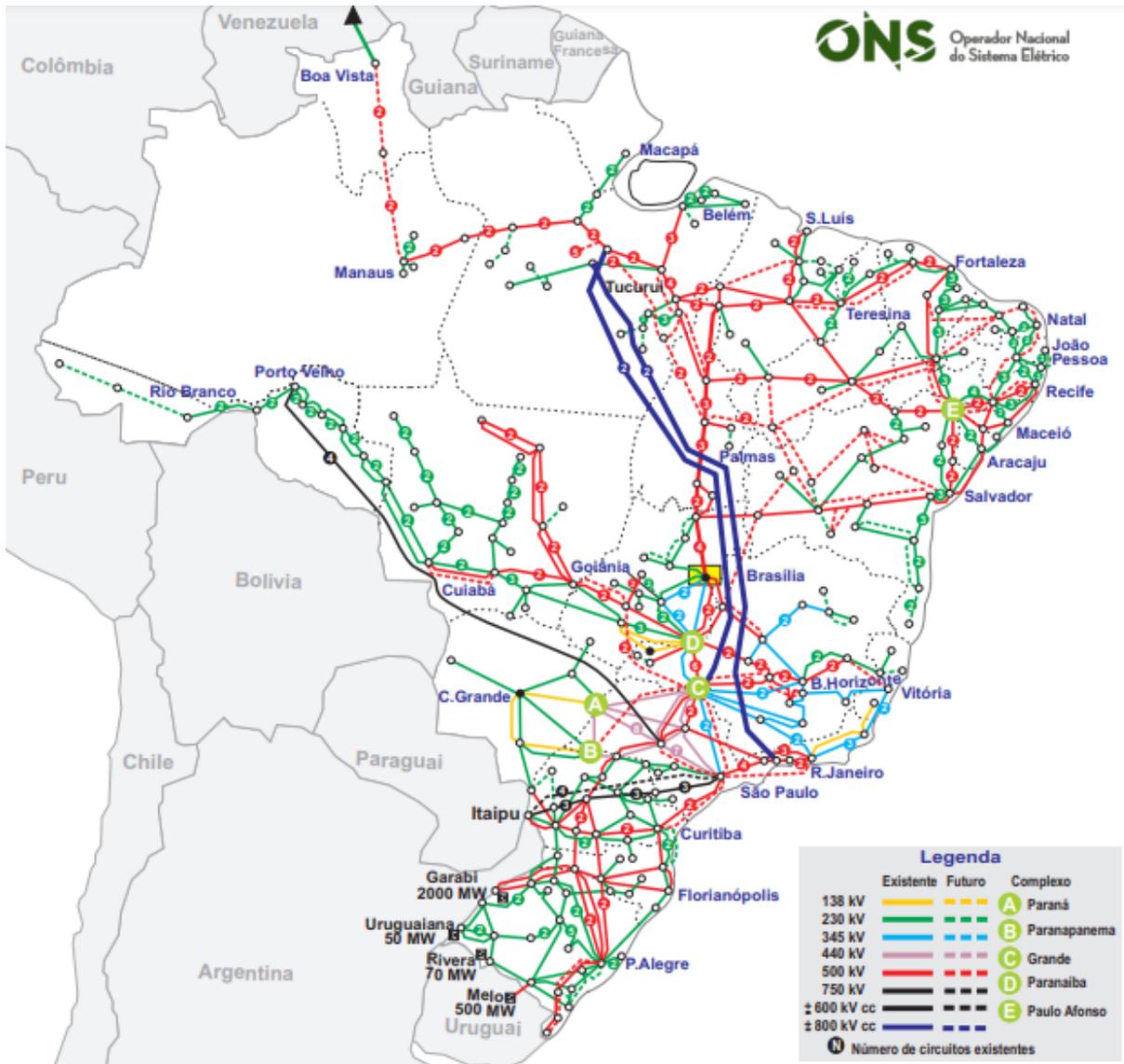
Em muitas situações, as grandes usinas estão localizadas em pontos afastados dos locais de consumo, como ocorre na região Norte do país, que possui grandes usinas hidrelétricas, as quais enviam parte de sua energia gerada às regiões sul e sudeste.

O transporte de um montante elevado de energia elétrica requer o emprego de cabos de bitola elevada, o que aumenta a complexidade e o custo da construção da linha, que está associado à infraestrutura necessária para o suporte dos cabos, constituída de torres metálicas e respectivas fundações para sua fixação no solo.

Tal característica é reduzida com a elevação da tensão na saída da usina geradora, que resulta na diminuição da corrente elétrica, fazendo com que seja possível utilizar um condutor de menor seção transversal.



Figura 7 – Mapa das linhas de transmissão em 2022.



Fonte: Mapa do Sistema de Transmissão - Horizonte 2024. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 14/03/2022.

Distribuição

Após percorrer a extensão geográfica existente entre a geração e os centros consumidores por meio das linhas de transmissão, a energia elétrica chega às Estações Transformadoras de Distribuição (ETD). As ETDs constituem as subestações que



rebaixam os níveis de tensão utilizados na transmissão, permitindo, assim, que seja iniciada a etapa de distribuição.

No entanto, apesar de menor, o nível de tensão ainda não é o adequado para o consumo imediato da maioria dos consumidores. Por isso, transformadores são instalados nos postes ou em câmaras subterrâneas para adequar o nível de tensão disponibilizado para as residências, comércios, hospitais, escolas e aplicações específicas, como iluminação pública e sinalização.

Assim como ocorre com a transmissão, o sistema de distribuição de energia elétrica é composto por fios condutores, transformadores e equipamentos diversos de fixação, controle e proteção dos circuitos de distribuição. No entanto, o sistema de distribuição é muito diferente da transmissão devido à sua extensão e ramificação, tendo em vista a necessidade de alcançar todos os consumidores.

Níveis de tensão da distribuição

As redes de distribuição são compostas por circuitos de alta, média e baixa tensão. A maioria das linhas de transmissão com níveis de tensão entre 69 kV e 138 kV é de responsabilidade das empresas distribuidoras. No setor elétrico, essas linhas são denominadas linhas de subtransmissão.

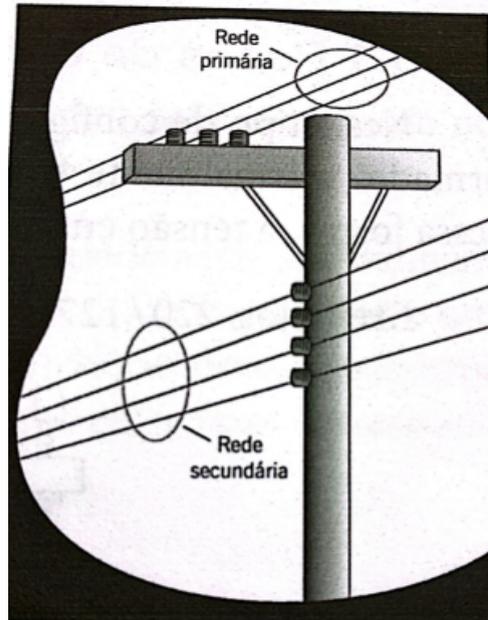
Além das linhas de subtransmissão, as distribuidoras operam, ainda, circuitos que constituem as redes primária e secundária de distribuição. Os circuitos primários são aqueles com nível de tensão entre 2,3 kV e 44 kV, enquanto que, nas redes secundárias, o nível de tensão pode variar entre 110 e 440V.

Normalmente as residências e pequenos comércios são conectados à rede secundária de distribuição. Os consumidores que demandam da rede uma potência maior, a exemplo das indústrias e shopping centers, são conectados diretamente à rede de média tensão.

A Figura 8 ilustra as redes primária e secundária de distribuição. Denomina-se como rede primária o conjunto de condutores apoiados horizontalmente sobre a cruzeta fixada no poste; enquanto a rede secundária está fixada verticalmente na estrutura.



Figura 8 – Redes primária e secundária de distribuição.



Fonte: BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. (2014).

As redes de distribuição existentes no Brasil apresentam diversos valores de tensão, podendo variar em função da região geográfica. Entre os valores comumente encontrados nas redes de distribuição primária, destacam-se: 11,9 kV, 13,2 kV, 13,8 kV, 20 kV, 34,5 kV.

Os valores de tensão normalmente encontrados na rede de distribuição secundária são 380V, 220V, 230V, 127V, e 115V.

Grandezas elétricas: tensão, corrente e resistência elétrica

Tensão Elétrica (Diferença de Potencial - ddp)

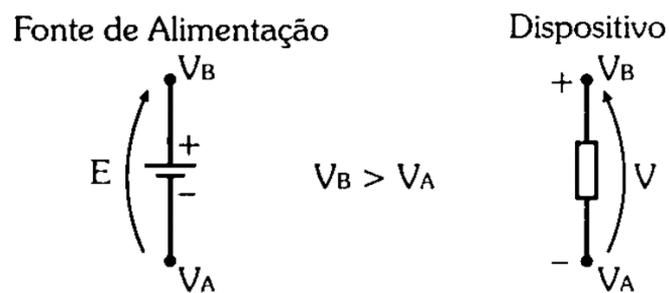
Para que uma carga elétrica se movimente, isto é, para que haja condução de eletricidade, é necessário que ela esteja submetida a uma diferença de potencial ou ddp. A diferença de potencial elétrico entre dois pontos (V_B e V_A , por exemplo) é denominada tensão elétrica, podendo ser simbolizada pelas letras V , U ou E , cuja unidade de medida é o volt [V].



Matematicamente, tem-se: $E = V_B - V_A$ ou $V = V_B - V_A$

Num circuito, indica-se uma tensão por uma seta voltada para o ponto de maior potencial. Geralmente, utiliza-se o símbolo E para identificar fontes de corrente contínua (pilhas, baterias e fontes de tensão eletrônicas) e o símbolo V para identificar a tensão contínua entre terminais de outros dispositivos (resistores, indutores e capacitores). A Figura 9 mostra a simbologia para identificar fontes de tensão e a tensão de dispositivos.

Figura 9 – Simbologia de Fontes de Tensão.

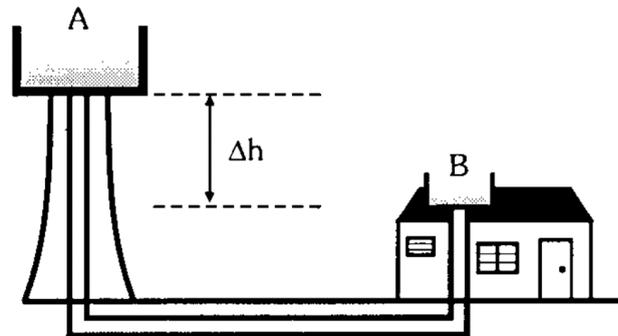


Fonte: VILAR (2006).

Fazendo uma analogia entre a Eletricidade e a Hidráulica, na Figura 10, temos um sistema hidráulico em que a água se desloca da caixa de água A para a B por causa da diferença de altura Δh . Cada ponto do espaço possui um potencial gravitacional que é proporcional à sua altura. Portanto, a corrente de água existe por causa da diferença potencial gravitacional entre as caixas de água.



Figura 10 – Analogia - Eletricidade e Hidráulica.

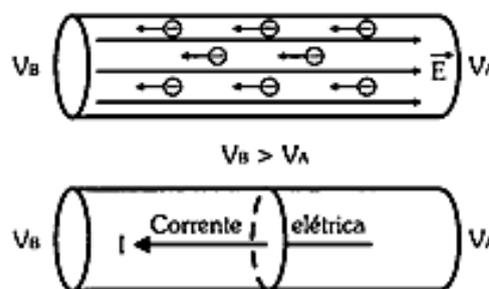


Fonte: VILAR (2006).

Corrente elétrica (fluxo ordenado de elétrons)

Aplicando-se uma diferença de potencial num condutor metálico, os seus elétrons livres movimentam-se de forma ordenada no sentido do potencial menor para o maior (sentido do fluxo dos elétrons). Essa movimentação de elétrons é denominada de corrente elétrica, que pode ser simbolizada por i ou I , sendo que sua unidade de medida é o ampère [A]. Na Figura 11, mostra-se a corrente elétrica em um condutor.

Figura 11 – Corrente elétrica em um condutor.



Fonte: VILAR (2006).

A intensidade instantânea i da corrente elétrica é a medida da variação da carga ΔQ , em coulomb [C], por meio da seção transversal de um condutor durante um intervalo de tempo Δt , em segundo [s]. Se a variação da carga for linear, a corrente será contínua e constante. Nesse caso, ela será simbolizada pela letra I e poderá ser calculada por:



$I = \Delta Q / \Delta t$. Pelas expressões apresentadas, vemos que o ampere [A] é a denominação usual para a unidade de medida de corrente, que é coulomb/segundo [C/s].

Corrente elétrica convencional (adotada pelo IEEE)

Nos condutores metálicos, a corrente elétrica é formada apenas por cargas negativas (elétrons) que se deslocam do potencial menor para o maior. Assim, por razões históricas e para evitar o uso frequente de valor negativo para a corrente, utiliza-se um sentido convencional para ela, isto é, considera-se que a corrente elétrica num condutor metálico seja formada por cargas positivas, indo, porém, do potencial maior (+) para o potencial menor (-).

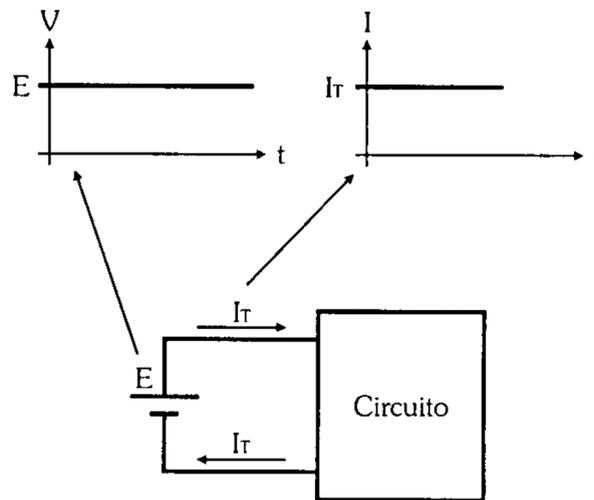
Corrente contínua

As pilhas e baterias têm em comum a característica de fornecer corrente contínua ao circuito. Isso significa que a fonte de alimentação CC mantém sempre a mesma polaridade, de forma que a corrente no circuito tem sempre o mesmo sentido. A Figura 12 mostra esse comportamento.

Obs.: Abrevia-se corrente contínua por CC (ou, em inglês, DC - Direct Current).



Figura 12 – Comportamento corrente contínua.



Fonte: VILAR (2006).

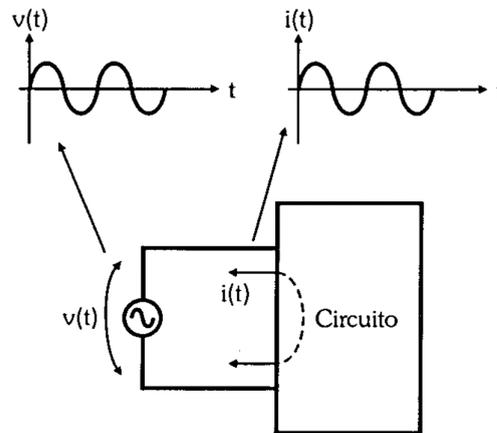
Corrente alternada

Já a rede elétrica da concessionária fornece às residências e indústrias a corrente alternada. Nesse caso, a tensão muda de polaridade em períodos bem definidos, de forma que a corrente no circuito circula ora num sentido, ora no outro. A Figura 13 mostra esse comportamento.

Obs.: Abrevia-se corrente alternada por CA (ou, em inglês, AC - Alternate Current).



Figura 13 – Comportamento corrente alternada.



Fonte: VILAR (2006).

Resistência elétrica (oposição à passagem da corrente elétrica)

A resistência é a característica elétrica dos materiais, que representa a oposição à passagem da corrente elétrica. Essa oposição à condução da corrente elétrica é provocada, principalmente, pela dificuldade dos elétrons livres se movimentarem pela estrutura atômica dos materiais. A Figura 14 mostra uma analogia desse comportamento com a hidráulica.



Figura 14 – Analogia comportamento resistência elétrica com hidráulica.



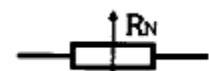
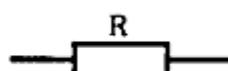
Fonte: MESQUITA (2014).

A resistência elétrica é representada pela letra R e sua unidade de medida é o ohm [Ω]. O choque dos elétrons com os átomos provoca a transferência de parte da sua energia para eles, que passam a vibrar com mais intensidade, aumentando a temperatura do material. Esse aumento de temperatura do material devido à passagem da corrente elétrica é denominado efeito Joule.

Resistores

Diversos dispositivos são fabricados para atuarem como resistências fixas em um circuito elétrico. O resistor é um dispositivo cujo valor de resistência, sob condições normais, permanece constante. Comercialmente, podem ser encontrados resistores com diversas tecnologias de fabricação, aspectos e características. Essas variações ocorrem em função dos materiais utilizados na fabricação dos resistores.

Abaixo, estão os símbolos mais utilizados para a representação de resistores em circuitos elétricos.



Resistores Fixos

Resistores Variáveis

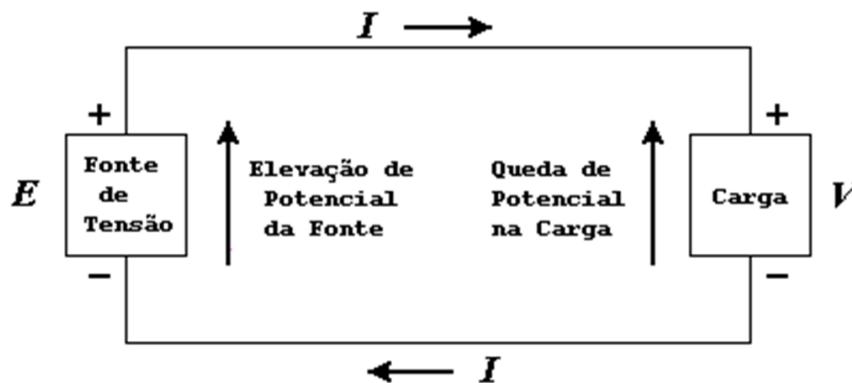


O circuito elétrico básico

Um circuito elétrico completo é formado quando uma fonte de tensão é conectada a uma carga ou dispositivo que converte energia elétrica em outra forma de energia.

Como podemos observar, na figura 15, a corrente passa por uma elevação de potencial E ao atravessar a fonte (entra no “-” e sai no “+”) e sofre uma queda de Potencial V ao atravessar a carga (entra no “+” e sai no “-”).

Figura 15 – Circuito elétrico completo.



Fonte: VILAR (2006).

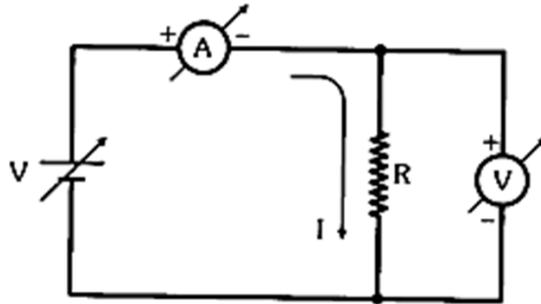
Lei de Ohm

Primeira Lei de Ohm

O circuito mostrado na Figura 16 ilustra uma fonte variável ligada a uma resistência elétrica. Em paralelo com a resistência, o voltímetro mede a tensão nela aplicada. Em série com a resistência, o amperímetro mede a corrente que a atravessa.



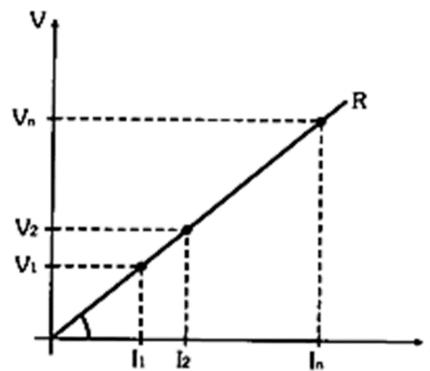
Figura 16 – Circuito elétrico montado para demonstração da primeira Lei de Ohm.



Fonte: VILAR (2006).

Para cada valor da tensão aplicada à resistência (V_1, V_2, \dots, V_n), obtém-se um valor de corrente diferente (I_1, I_2, \dots, I_n). Fazendo-se a relação entre V e I para cada caso, observa-se que: $\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = \dots = \frac{V_n}{I_n} = \text{constante}$. A Figura 17 ilustra essa situação.

Figura 17 – Circuito elétrico ilustrando a primeira Lei de Ohm.



Fonte: VILAR (2006).

Essa característica linear é o que chamamos de comportamento ôhmico, sendo que esse valor constante equivale à resistência elétrica R do material, cuja unidade de medida é volt/ampère [V/A] ou, como é denominada comumente, ohm [Ω]. A relação entre tensão, corrente e resistência é denominada Primeira Lei de Ohm, cuja expressão matemática é:

$$V = RI$$



Segunda Lei de Ohm

A Segunda Lei de Ohm estabelece a relação entre a resistência de um material com a sua natureza e suas dimensões. Quanto à natureza, os materiais se diferenciam por suas resistividades, característica essa que é representada pela letra grega ρ (rô), cuja unidade de medida é ohm.metro [$\Omega \cdot m$]. Quanto às dimensões do material, são importantes o seu comprimento l , em [m], e a área da seção transversal A , em [m^2].

A Segunda Lei de Ohm expressa a relação entre essas características da seguinte forma: “A resistência R de um material é diretamente proporcional à sua resistividade ρ e ao seu comprimento l , e inversamente proporcional à área de sua seção transversal A .”

Matematicamente, temos: $R = \rho \frac{l}{A}$.

Exemplo

Ligando-se uma lâmpada à tomada de uma residência, uma voltagem de 220V será aplicada nas extremidades do filamento da lâmpada. Verifica-se, então, que uma corrente de 2,0A passa pelo filamento.

A. Qual o valor da resistência deste filamento?

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220}{2} = 110\Omega$$

B. Se esta lâmpada for ligada aos pólos de uma bateria que aplica, no filamento, uma voltagem de 12V, qual será a corrente que passará através dele (suponha que a resistência do filamento esteja constante)?

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{110} = 0,11A$$

C. Quando a lâmpada é ligada a uma outra bateria, verifica-se que uma corrente de 1,5 A passa pelo filamento. Qual é a voltagem que esta bateria está aplicando à lâmpada?

$$V = RI = 110 \times 1,5 = 165V$$

Curto-circuito e circuito aberto

Quando ligamos um condutor (R próximo a 0) diretamente entre dois pólos de uma fonte de alimentação ou de uma tomada da rede elétrica, a corrente tende a ser extremamente elevada. Essa condição é denominada curto-circuito e deve ser evitada,



pois a corrente elevada produz um calor intenso por efeito Joule e pode danificar a fonte de alimentação ou provocar incêndio na instalação elétrica.

Por isso, é comum as fontes de alimentação possuírem internamente circuitos de proteção contra curto-circuito e/ou circuitos limitadores de corrente. É o que ocorre também nas instalações elétricas, que possuem fusíveis que queimam ou disjuntores que se desarmam na ocorrência de uma elevação brusca da corrente, protegendo os condutores (fios) da instalação. Apresentaremos as duas situações extremas a que um circuito elétrico pode ser submetido, que são:

$$\begin{array}{l}
 \text{Circuito Aberto:} \left\{ \begin{array}{l} \text{Circuito sem Carga} \\ \text{ou} \\ \text{Circuito em Vazio} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} V = V_{nom} \Rightarrow \text{Normal} \\ R = \infty \Rightarrow \text{Máxima} \\ I = 0 \Rightarrow \text{Nula} \end{array} \right. \\
 \\
 \text{Curto-Circuito:} \left\{ \begin{array}{l} \text{Circuito sob Falta} \\ \text{ou} \\ \text{Circuito com Defeito} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} V \rightarrow 0 \Rightarrow \text{Tende a Zero} \\ R \cong 0 \Rightarrow \text{Nula} \\ I = \infty \Rightarrow \text{Máxima} \end{array} \right.
 \end{array}$$

Potência e energia elétrica

A potência é uma grandeza que mede quanto trabalho (conversão de energia de uma forma em outra) pode ser realizado em determinado período de tempo, ou seja, é a velocidade com que um trabalho é executado. O conceito de potência elétrica P está associado à quantidade de energia elétrica desenvolvida num determinado intervalo de tempo por um dispositivo elétrico.

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Fórmulas para calcular a potência elétrica

- $P = VI$

Onde:

P: potência desenvolvida pelo aparelho em watt (W);

V: diferença de potencial (tensão) aplicada nos terminais do aparelho (V);

i: corrente elétrica que percorre o aparelho (A).



2. $P = RI^2$ (Efeito Joule)

Onde:

P: potência dissipada na resistência (W);

R: Resistência elétrica (Ω);

I: corrente que circula pela resistência (A).

3. $P = \frac{V^2}{R}$

Onde:

P: potência dissipada na resistência (W);

R: Resistência elétrica (Ω);

V: tensão elétrica aplicada à resistência (queda de tensão) (V).

Energia elétrica: entendendo consumo de energia

Inicialmente, vimos que $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$. Assim, a energia elétrica desenvolvida em um circuito pode ser calculada pela fórmula ao lado: $\Delta E = P\Delta t$. Por essa expressão, a unidade de medida de energia elétrica é joule [J] ou watt.segundo [Ws]. Essa expressão é utilizada para calcular a energia elétrica consumida por circuitos eletrônicos, equipamentos eletrodomésticos, lâmpadas e máquinas elétricas.

No quadro de distribuição de energia elétrica de uma residência, prédio ou indústria, existe um medidor de energia que indica constantemente a quantidade de energia que está sendo consumida. Mensalmente, a empresa concessionária faz a leitura da energia elétrica consumida, multiplica pela tarifa correspondente e define o valor a ser pago pelo consumidor (usuário).

Porém, como a ordem de grandeza do consumo de energia elétrica em residências e indústrias é muito elevada, a unidade de medida utilizada, no lugar de [Ws], é o quilowatt.hora [kWh].

Exemplos

1. Em uma lâmpada comum encontramos as seguintes especificações do fabricante: 60 W; 120 V.
 - a. Qual o significado destas especificações?



A especificação 120V indica que a lâmpada deverá ser submetida a uma tensão com este valor. Nestas condições, a lâmpada dissipará uma potência de 60W. Se a lâmpada for ligada em uma tensão superior a 120V, ela dissipará uma potência superior a 60W e, provavelmente, se queimará. Por outro lado, se a tensão for inferior a 120V, ela apresentará um brilho inferior ao normal, pois estará dissipando uma potência menor do que a de 60W.

- b. Supondo que esta lâmpada esteja ligada à voltagem adequada (120 V), determine a corrente que passa em seu filamento.

$$P = VI \rightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{60}{120} = 0,5A$$

- c. Qual a resistência do filamento desta lâmpada?

$$R = \frac{V}{I} = \frac{120}{0,5} = 240\Omega$$

- d. Se esta lâmpada for ligada a uma voltagem tal que a corrente que passa em filamento seja igual a 0,25 A, qual será a potência que ela dissipará?

$$P = RI^2 = 240(0,5)^2 = 15W$$

2. Em uma casa há um aparelho de ar condicionado cuja potência é de $P = 1200W$ e que permanece ligado durante um tempo $t = 5h$ diariamente:

- a. Determine, em kwh, a quantidade de energia elétrica que esse aquecedor utiliza por dia.

$$E = Pt = 1,2 \times 5 = 6 kWh$$

- b. Sabendo-se que o custo de 1 kwh de energia elétrica é de R \$0,50, quanto deveria ser pago à companhia de eletricidade pelo funcionamento desse aparelho de ar condicionado, nas condições mencionadas, durante 30 dias?

$$\text{Energia consumida total} = 6 \times 30 = 180 kWh$$

$$\text{Preço total} = 180 \times 0,5 = R\$ 90,00$$

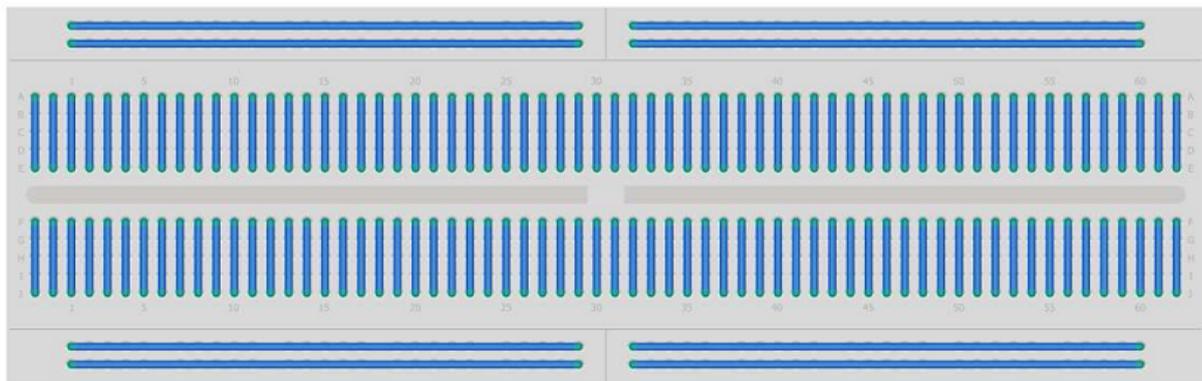


Práticas de laboratório

As montagens de laboratório serão feitas com facilidade e sem a necessidade de utilizar soldas, através da matriz de contatos, também chamada de protoboard.

A protoboard é uma placa de plástico, cheia de furos com ligações internas onde é possível fazer ligações elétricas. Os furos na extremidade superior e inferior são ligados na horizontal enquanto as barras do meio são ligadas na vertical, conforme mostra a Figura 18.

Figura 18 – Ilustração protoboard.



Fonte: Autoria própria (2021).

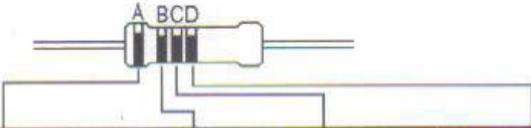
Nesta matriz, existem furos onde podem ser encaixados componentes de modo a fazerem contato de uma forma específica e, com isso, possibilitar a montagem de circuitos.

Prática 1 - Resistores e potenciômetros

Os resistores de grafite possuem anéis coloridos no corpo para indicar seu valor em Ohms (Ω). A figura 19 mostra a tabela de código de cores usada para a leitura desses resistores.



Figura 19 – Código de cores dos resistores.



| Cor | 1º algarismo | 2º algarismo | Fator multiplicador | Tolerância |
|----------|--------------|--------------|---------------------|------------|
| Preto | - | 0 | x 1 | - |
| Marrom | 1 | 1 | x 10 | ± 1% |
| Vermelho | 2 | 2 | x 10 ² | ± 2% |
| Laranja | 3 | 3 | x 10 ³ | - |
| Amarelo | 4 | 4 | x 10 ⁴ | - |
| Verde | 5 | 5 | x 10 ⁵ | - |
| Azul | 6 | 6 | x 10 ⁶ | - |
| Violeta | 7 | 7 | - | - |
| Cinza | 8 | 8 | - | - |
| Branco | 9 | 9 | - | - |
| Ouro | - | - | x 10 ⁻¹ | ± 5% |
| Prata | - | - | x 10 ⁻² | ± 10% |

Fonte: CAPUANO, F. G.; MARINO (2010).

Conversão de unidade: quando o valor de um resistor é maior que 1.000 Ω, usamos os múltiplos kilo (K) e mega (M). Veja os exemplos: 2.000 Ω = 2 K, 10.000.000 Ω = 10 M, 6.800 Ω = 6K8.

1. Faça a leitura de cada resistor e anote na tabela 1 o valor nominal e a tolerância. Depois de realizar as leituras, meça o valor de cada resistência e anote na tabela. Por fim, calcule o erro relativo entre o valor nominal e o valor medido.

| Resistor | Valor Nominal | Tolerância (%) | Valor medido | Erro (%) |
|----------|---------------|----------------|--------------|----------|
| R1 | | | | |
| R2 | | | | |
| R3 | | | | |
| R4 | | | | |
| R5 | | | | |
| R6 | | | | |



2. Determine a sequência de cores para os resistores seguintes:

- $10\text{ k}\Omega \pm 5\%$:
- $390\text{ k}\Omega \pm 10\%$:
- $5.6\text{ k}\Omega \pm 2\%$:
- $56\ \Omega \pm 1\%$:
- $0.43\ \Omega \pm 2\%$:

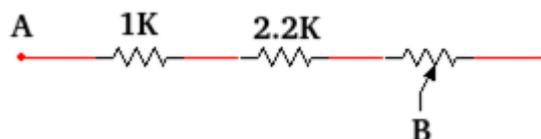
Potenciômetros: são resistores cuja resistência pode ser alternada girando um eixo que move um cursor de metal sobre uma pista de grafite. Alguns deles não têm eixo, sendo chamados de **trimpot**. Abaixo vemos estes componentes.



3. Utilizando um potenciômetro e observando a figura acima, preencha a tabela abaixo:

| Resistência | Pernas (A,B,C) | Valor Nominal |
|-------------|---------------------------------------------|---------------|
| Total | Valor entre A e C | |
| Máxima | Posicionar o cursor até o limite de um lado | |
| Mínima | Posicionar o cursor até o limite de um lado | |
| Média | Posicionar o cursor na metade | |

4. Monte o circuito mostrado abaixo e preencha a tabela abaixo:



Deve-se medir a resistência entre os pontos A e B, onde B representa o pino central do potenciômetro.



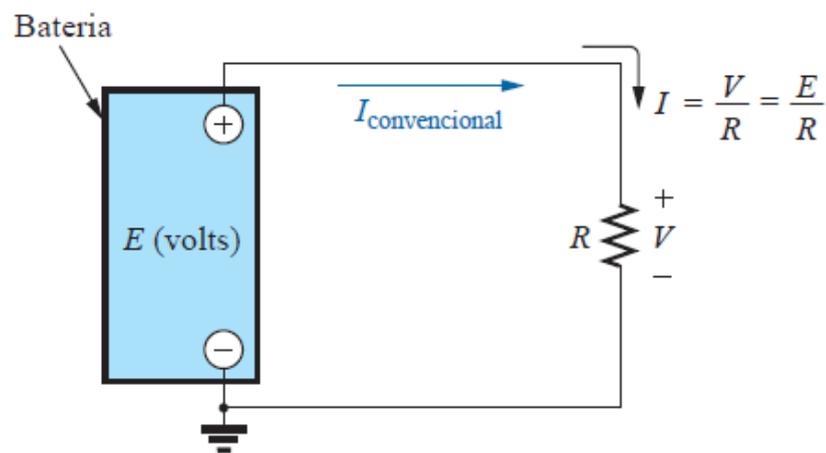
| RESISTÊNCIA | TEÓRICO | PRÁTICO |
|--------------------------------|---------|---------|
| Resistência equivalente máxima | | |
| Resistência equivalente mínima | | |

Circuitos elétricos em corrente contínua

Elementos de um circuito elétrico

Um circuito elétrico consiste de um número qualquer de elementos unidos por seus terminais, estabelecendo pelo menos um caminho fechado através do qual a carga possa fluir. A Figura 20 mostra um exemplo de um circuito elétrico.

Figura 20 – Componentes básicos de um circuito elétrico.



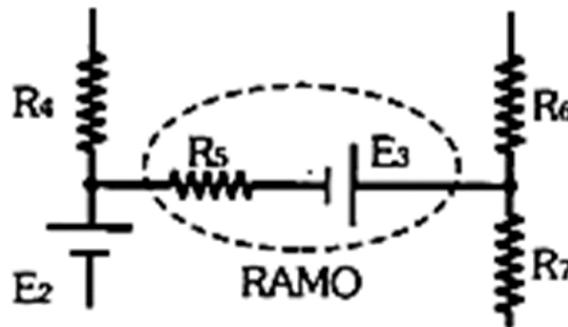
Fonte: BOYLESTAD (2012).

Ramo

Qualquer parte de um circuito elétrico composta por um ou mais dispositivos ligados em série é denominada *ramo*, conforme a Figura 21 ilustra.



Figura 21 – Representação de um ramo em um circuito elétrico.

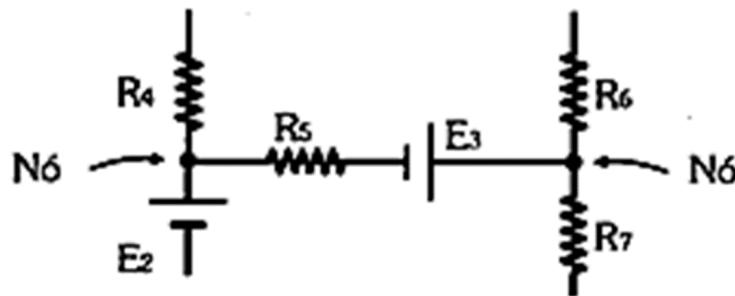


Fonte: VILAR (2006).

Nó

Qualquer ponto de um circuito elétrico no qual há a conexão de três ou mais ramos é denominado *nó*, conforme a Figura 22 mostra

Figura 22 – Representação de um nó em um circuito elétrico.



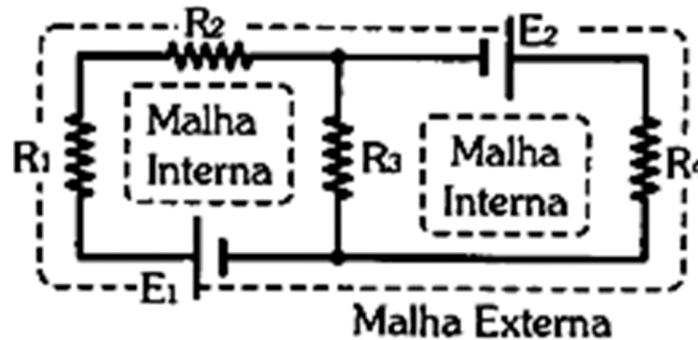
Fonte: VILAR (2006).

Malha

Qualquer parte de um circuito elétrico cujos ramos formam um caminho fechado para a corrente é denominada *malha*, conforme a Figura 23.



Figura 23 – Representação de uma malha em um circuito elétrico.



Fonte: VILAR (2006).

Condutores e isolantes

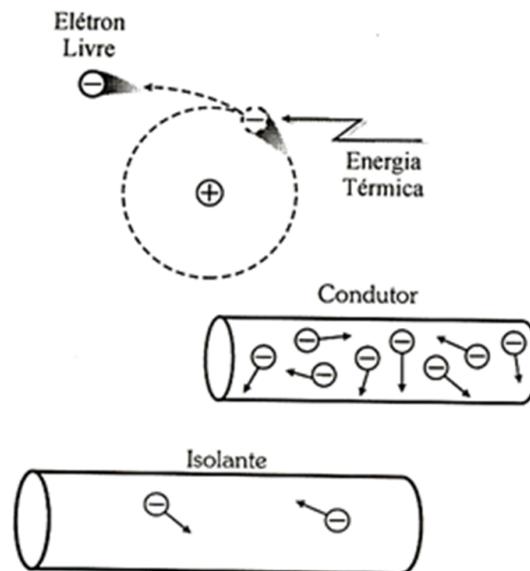
Os materiais condutores são aqueles que conduzem eletricidade facilmente, como o cobre, o alumínio e os metais em geral. Já os materiais isolantes ou dielétricos são aqueles que **não** conduzem eletricidade, como o ar, a borracha, o plástico, a madeira, o papel e o vidro.

Quanto mais afastado do núcleo está um elétron, mais fracamente ligado ao átomo ele está. Nos condutores metálicos, os elétrons da última órbita estão tão fracamente ligados aos seus núcleos que, à temperatura ambiente, a energia térmica é suficiente para libertá-los, tornando-se elétrons livres.

Nos isolantes, os elétrons da última órbita estão fortemente ligados aos seus núcleos, de tal forma que, à temperatura ambiente, apenas alguns conseguem se libertar. A existência de poucos elétrons livres praticamente impede a condução de eletricidade em condições normais, conforme é ilustrado na Figura 24.



Figura 24 – Representação de materiais condutores e isolantes.



Fonte: VILAR (2006).

Fontes de tensão e cargas elétricas

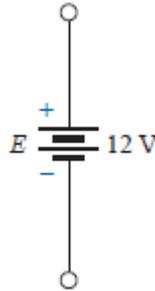
O dispositivo que fornece tensão a um circuito é chamado de *fonte de tensão* ou *fonte de alimentação*. O símbolo gráfico para todas as fontes de tensão CC (corrente contínua) é mostrado na figura 25. Observe que o comprimento relativo das barras em cada extremidade define a polaridade da fonte de tensão. A barra longa representa o lado positivo; a barra curta, o negativo. Observe também o uso da letra E para denotar *fonte de tensão*.

Em geral, fontes de tensão CC podem ser divididas em três tipos básicos: pilhas e baterias, geradores e fontes de alimentação eletrônicas.

As cargas elétricas são aqueles elementos que recebem energia do circuito, ou seja, consomem potência. Alguns exemplos de cargas elétricas são os resistores, capacitores e indutores.



Figura 25 – Símbolo padrão de uma fonte de tensão CC.



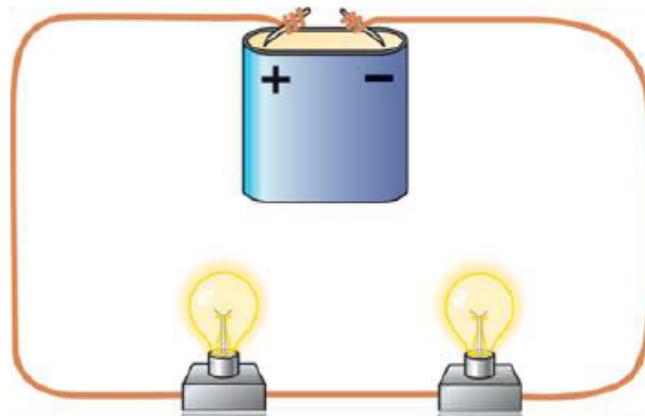
Fonte: BOYLESTAD (2012).

Circuito série, paralelo e misto de cargas elétricas

Circuito série de cargas elétricas

Circuito série é o circuito que contém um único caminho para a corrente circular, passando com a mesma intensidade por todos os componentes e dividindo a tensão sobre cada um. Este tipo de circuito está exemplificado na Figura 26.

Figura 26 – Circuito Série de cargas elétricas.



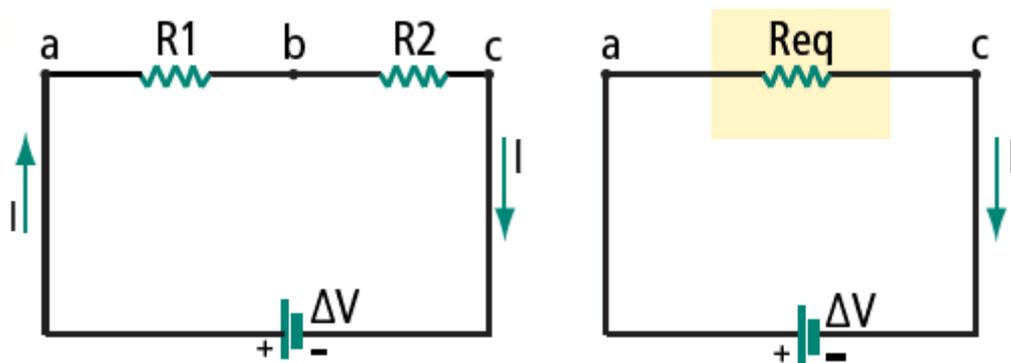
Fonte: MESQUITA (2014).



Associação série de resistores

Os resistores, quando estão associados em série (Figura 27), apresentam uma resistência total equivalente à soma de todas as resistências.

Figura 27 – Representação gráfica do circuito das resistências em série e o seu respectivo circuito equivalente.



Fonte: SANTOS (2011).

A resistência total equivalente da Figura 27 é igual a soma das duas resistências em série, ou seja:

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Nos circuitos com mais de duas resistências, a resistência total equivalente do circuito é igual a:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

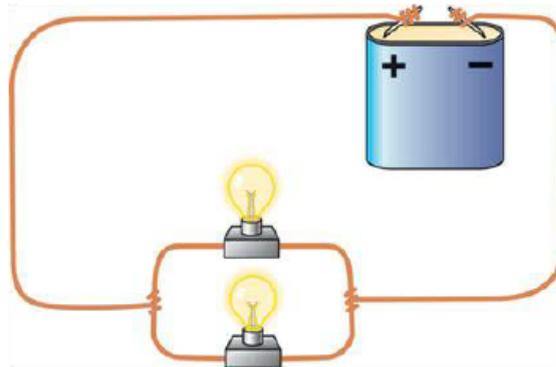
onde n é igual à quantidade de resistências em série existentes no circuito.

Circuito paralelo de cargas elétricas

Circuito paralelo é o circuito que contém dois ou mais caminhos para a corrente circular, passando por todos os componentes com intensidade diferente, mantendo igual a tensão sobre cada um. Esse tipo de circuito é mostrado na Figura 28.



Figura 28 – Circuito Paralelo de cargas elétricas.

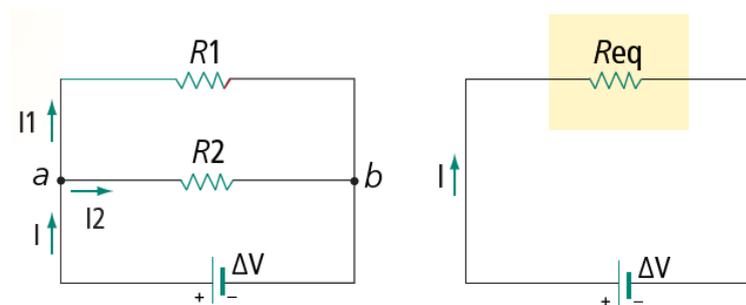


Fonte: MESQUITA (2014).

Associação paralela de resistores

Nas associações de resistores em paralelo (Figura 29), o inverso da resistência total equivalente é igual à soma do inverso das resistências existentes.

Figura 29 – Representação gráfica do circuito das resistências em paralelo e o seu respectivo circuito equivalente.



Fonte: SANTOS (2011).

A resistência total equivalente do circuito é igual a:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



Onde n é igual à quantidade de resistores em paralelo existentes no circuito. **No caso específico de dois resistores ligados em paralelo**, a resistência equivalente pode ser calculada pela seguinte equação simplificada:

$$\frac{I}{R_{eq}} = \frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2} \Rightarrow \boxed{R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

Quando os resistores estão em paralelo, como na Figura 29, a diferença de potencial entre os terminais deles é igual, porém a corrente encontrará dois caminhos para percorrer e irá se dividir em I_1 e I_2 .

Circuito misto de cargas elétricas

O circuito misto nada mais é do que a combinação dos circuitos série e paralelo.

Voltímetro

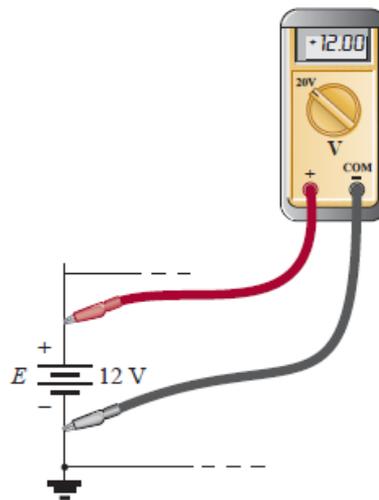
O voltímetro é o instrumento utilizado para medir a *tensão elétrica* (diferença de potencial) entre dois pontos de um circuito elétrico. Para que o multímetro funcione como um voltímetro, basta selecionar uma das faixas para medida de tensão (CC ou CA).

Para medir uma tensão, os terminais do voltímetro devem ser ligados aos dois pontos do circuito em que se deseja conhecer a diferença de potencial, isto é, em paralelo, podendo envolver um ou mais dispositivos (como mostrado na Figura 30).

Se a tensão a ser medida for *contínua* (CC), o polo positivo do voltímetro deve ser ligado ao ponto de maior potencial e o polo negativo, ao ponto de menor potencial. Assim, o voltímetro indicará um valor positivo de tensão.



Figura 30 – Conexão de um voltímetro para uma leitura positiva (+).



Fonte: BOYLESTAD (2012).

Amperímetro

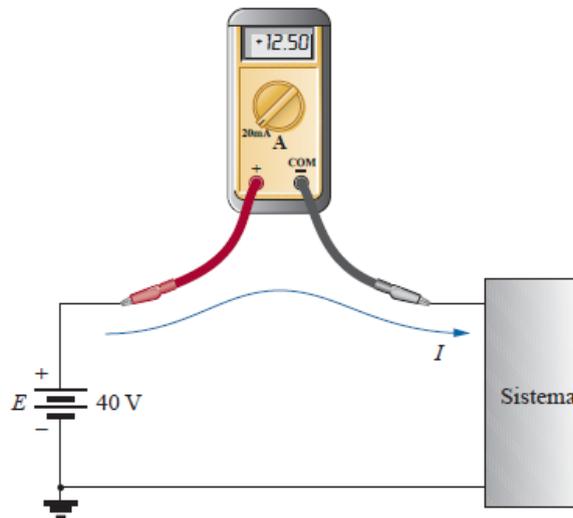
O amperímetro é o instrumento utilizado para medir a *corrente elétrica* que atravessa um condutor ou dispositivo de um circuito elétrico. Para que o multímetro funcione como um amperímetro, basta selecionar uma das faixas para medida de corrente (CC ou CA). Para medir uma corrente, o circuito deve ser aberto no trecho desejado, ligando o amperímetro em série, para que a corrente passe por ele (Figura 31).

A corrente que passa por um dispositivo pode ser medida antes ou depois dele, já que a corrente que entra num bipolo é a mesma que sai. Se a corrente a ser medida for *contínua* (CC), o polo positivo do amperímetro deve ser ligado ao ponto pelo qual a corrente convencional entra, e o polo negativo, ao ponto pelo qual a corrente sai.

Assim, o amperímetro indicará um valor positivo de corrente.



Figura 31 – Conexão de um voltímetro para uma leitura positiva (+).



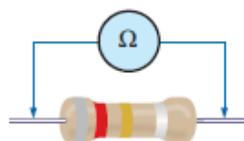
Fonte: BOYLESTAD (2012).

Ohmímetros

O instrumento que mede resistência elétrica é chamado de *ohmímetro*. A medição de resistência sempre é realizada com o circuito desenergizado (ou desligado), isto é, o componente que está sendo analisado deve ser retirado do circuito ou um de seus terminais deve estar desconectado. Se o resistor *estiver submetido a qualquer tensão*, isso pode acarretar erro de medida ou até danificar o instrumento. Assim, é necessário desconectar o dispositivo do circuito para a medida de sua resistência.

Para a medida, os terminais do ohmímetro devem ser ligados em paralelo com o dispositivo ou circuito a ser medido, sem se importar com a polaridade dos terminais do ohmímetro. A Figura 32 mostra como essa medição deve ser feita.

Figura 32 – Medição da resistência de um único elemento.



Fonte: BOYLESTAD (2012).



Exemplos

1. Dois resistores de resistências elétricas iguais a 4Ω e 6Ω , ao serem associados em série, são percorridos por uma corrente elétrica de intensidade de $2A$. Determine:

a. A resistência equivalente da associação;

$$R_{eq} = R_1 + R_2 = 4 + 6 = 10\Omega$$

b. A ddp a que a associação está submetida;

$$V = R_{eq} I = 10 \times 2 = 20V$$

c. A ddp em cada resistor associado.

$$V_1 = R_1 I = 4 \times 2 = 8V \quad V_2 = R_2 I = 6 \times 2 = 12V$$

2. Associam-se em paralelo dois resistores de resistências elétricas $R_1 = 20\Omega$ e $R_2 = 30\Omega$, e a essa associação aplica-se a ddp de $120V$.

a. Qual a resistência equivalente da associação?

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12\Omega$$

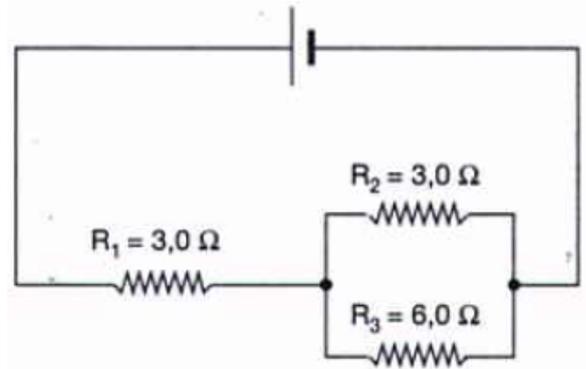
b. Qual a intensidade da corrente elétrica em cada resistor?

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{120}{20} = 6A \quad I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{120}{30} = 4A$$

c. Qual a intensidade de corrente na associação?

$$I = I_1 + I_2 = 6 + 4 = 10A$$

3. Considerando o circuito mostrado na figura deste exercício, determine:



- a. A resistência equivalente à associação das resistências R2 e R3.

$$R_{eq} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2 \Omega$$

- b. A resistência total equivalente à associação de R1, R2 e R3.

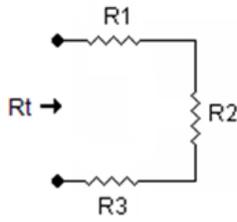
$$R_T = R_1 + R_{eq} = 3 + 2 = 5 \Omega$$

Prática 2 - Circuito série, paralelo e misto

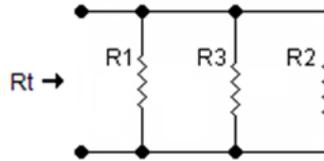
1. Preencha a tabela abaixo com os valores nominais dos resistores disponíveis.

| Resistor | Valor Nominal | Tolerância (%) | Valor medido | Erro (%) |
|----------|---------------|----------------|--------------|----------|
| R1 | | | | |
| R2 | | | | |
| R3 | | | | |

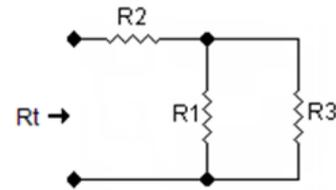
2. Calcule a resistência equivalente de cada circuito mostrado abaixo. Monte os circuitos mostrados nas figuras abaixo, verificando com um multímetro o valor da resistência total (Rt). Preencha os valores na tabela a seguir.



CIRCUITO - 1



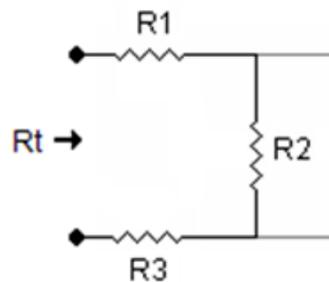
CIRCUITO - 2



CIRCUITO - 3

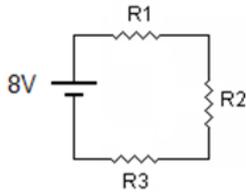
| CIRCUITOS | Rt. - Teórica | Rt. - Medida |
|-----------|---------------|--------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |

3. Faça a seguinte modificação no circuito 1 da questão anterior e responda as perguntas.

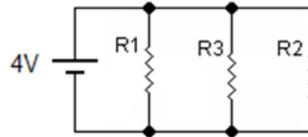


CIRCUITO - 1

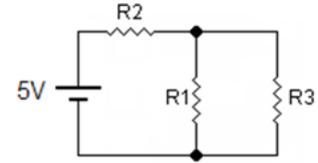
- Qual é o valor da resistência em curto?
 - Qual é o valor da resistência equivalente (teórico e medido)?
4. A partir da questão 2, insira uma fonte de tensão contínua entre os terminais do circuito conforme as figuras a seguir. Calcule as quedas de tensão em cada resistor e verifique os valores com o multímetro.



CIRCUITO - 1



CIRCUITO - 2



CIRCUITO - 3

| CIRCUITO | R | Valor Teórico | Valor Medido |
|----------|----------|---------------|--------------|
| 1 | V_{R1} | | |
| | V_{R2} | | |
| | V_{R3} | | |
| 2 | V_{R1} | | |
| | V_{R2} | | |
| | V_{R3} | | |
| 3 | V_{R1} | | |
| | V_{R2} | | |
| | V_{R3} | | |

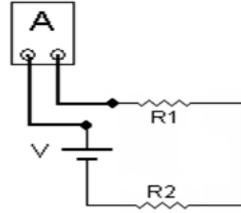
Prática 3 - Lei de Ohm

1. Monte o circuito abaixo para realizar a medição de corrente. Em seguida, varie a fonte de tensão, conforme tabela abaixo, e anote o valor de corrente para cada caso.

OBS. 1: O multímetro deve estar em **série** com a fonte, conforme mostrado no modelo abaixo.

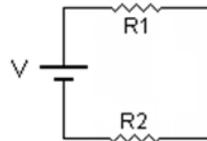
OBS. 2: Chame o professor antes de ligar o circuito.

OBS. 3: Para encontrar o valor teórico da corrente, inicialmente calcule o valor da resistência equivalente e em seguida utilize a Lei de Ohm.



| V | I (teórico) | I (medido) |
|----|-------------|------------|
| 0 | | |
| 2 | | |
| 4 | | |
| 6 | | |
| 8 | | |
| 10 | | |

2. Monte o circuito abaixo e faça a medição de tensão em cada resistor, variando o valor da fonte de tensão e anotando na tabela o valor correspondente.



| V | V - R1 (teórico) | V - R1 (medido) | V - R2 (teórico) | V - R2 (medido) |
|----|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 0 | | | | |
| 2 | | | | |
| 4 | | | | |
| 6 | | | | |
| 8 | | | | |
| 10 | | | | |

3. Calcule o valor da resistência usando os valores **medidos** das tabelas anteriores.

| V | R1 | R2 |
|----|----|----|
| 0 | | |
| 2 | | |
| 4 | | |
| 6 | | |
| 8 | | |
| 10 | | |



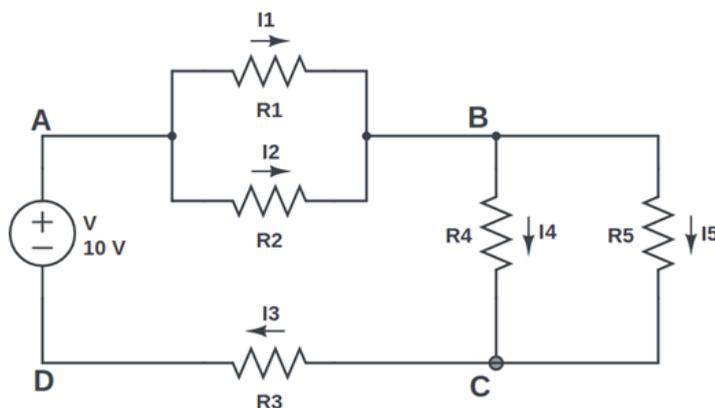
- a. Utilizando um multímetro, meça os valores das resistências R1 e R2.
Os valores estão de acordo com a Lei de Ohm?

Prática 4 - Medição de corrente e tensão em CC

1. Monte o circuito abaixo na protoboard.

Sugestão de montagem: o R1 nas colunas 10 e 20 na linha A; o R2 nas colunas 10 e 20 na linha D; o R4 na coluna 20 nas linhas E e H, o R5 na coluna 30 linhas C e H, e o R3 nas colunas 10 e 20 na linha J. Por fim, conectar um fio nas colunas 20 e 30 na linha B e outro fio nas colunas 20 e 30 na linha I.

Ajuste a fonte de tensão em 10 V e realize as medições pedidas abaixo para completar a tabela.



| | |
|--------------------|--------------------|
| $R_1 = 3k3 \Omega$ | $R_2 = 1k5 \Omega$ |
| $R_3 = 1k \Omega$ | $R_4 = 1k \Omega$ |
| $R_5 = 3k3 \Omega$ | |

- a. Meça a resistência equivalente vista pela fonte.
- b. Meça as correntes em todos os ramos.
- c. Meça as tensões VAB, VBC e VCD.
- d. Comprove a Lei de Kirchhoff das tensões somando as tensões na malha ABCD:
- $$V = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD}$$
- e. Comprove a Lei de Kirchhoff das correntes somando as correntes medidas:
- $$I_3 = I_1 + I_2 = I_4 + I_5$$



| | Medido | Calculado |
|----------|--------|-----------|
| R_{eq} | | |
| I_1 | | |
| I_2 | | |
| I_3 | | |
| I_4 | | |
| I_5 | | |
| I_6 | | |
| V_{AB} | | |
| V_{BC} | | |
| V_{CD} | | |

Capacitores e aplicações

Conceito de capacitor

Um capacitor é constituído por dois condutores isolados (as armaduras), um com carga positiva e outro com carga negativa, dispostos em paralelo e separados por um material isolante (ou dielétrico). Utiliza-se como material dielétrico o papel, a cerâmica, a mica, os materiais plásticos, o vidro, a parafina ou mesmo o ar.

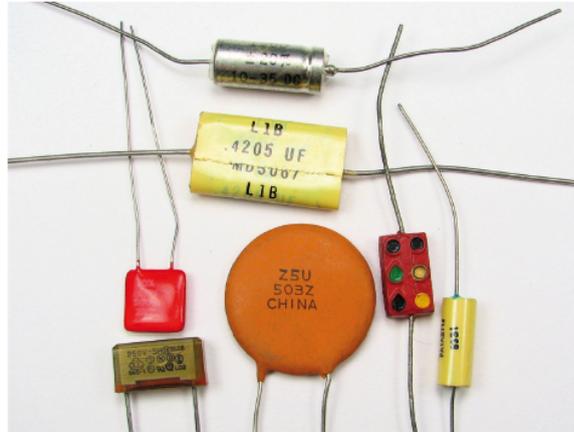
VOCÊ SABIA?

Dielétrico é uma substância isolante que possui alta capacidade de resistência ao fluxo de corrente elétrica.

O capacitor é um dispositivo muito usado em circuitos elétricos por ter a característica de armazenar cargas elétricas, ou seja, energia eletrostática. A depender da sua característica de construção, o capacitor pode ser plano, cilíndrico, esférico, etc. (Figura 33).



Figura 33 – Capacitores de diversos tipos.



Fonte: SANTOS (2011).

A capacidade de armazenamento de cargas é chamada de capacitância, o símbolo que representa essa grandeza é a letra C e a unidade de medida é o farad (F). A capacitância de um capacitor é definida como a quantidade de cargas por unidade de tensão elétrica:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Onde:

- C = capacitância medida em farad (F);
- Q= quantidade cargas elétricas medida em coulomb ©;
- V = tensão medida em volts (V);
- 1 farad = 1 coulomb/1 volt.

A capacitância do capacitor independe da quantidade de cargas disponíveis ou da tensão aplicada. Ela depende exclusivamente da estrutura e dimensões do capacitor.

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

Onde:

- C = capacitância medida em farad (F);
- ϵ = constante do dielétrico utilizado entre as armaduras (placas);



- A = área das armaduras (placas) medida em metros quadrados (m^2);
- d = distância entre as armaduras (placas) medida em metros (m).

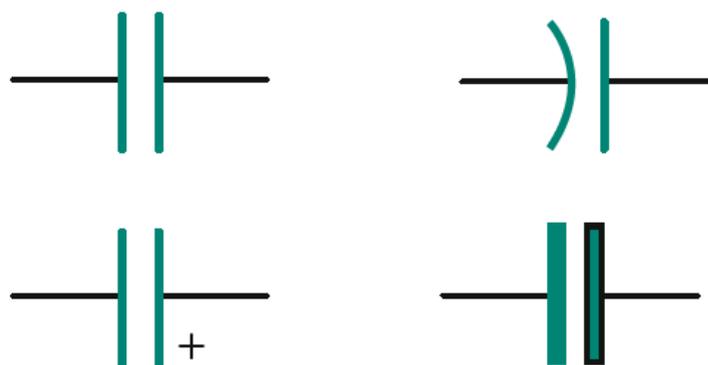
Comercialmente, os valores das capacitâncias variam, em geral, de 1 pF a 1 μ F. Os capacitores são largamente usados em circuitos eletrônicos, onde em geral eles têm a função de acumular energia e usá-la em um momento adequado, como por exemplo, para ligar o flash de uma câmera fotográfica.

O funcionamento do capacitor se dá a partir de sua carga, por meio de uma fonte de tensão ou bateria que irá carregá-lo com energia eletrostática. Assim que o capacitor está completamente carregado, a corrente elétrica que está levando energia para ele cessa. O processo de carga do capacitor se assemelha ao processo de encher uma garrafa na torneira: assim que a garrafa está completamente cheia, a torneira deve ser desligada.

Simbologia

É comum encontrarmos vários tipos de símbolos para os capacitores na literatura. Os símbolos mais comuns são os ilustrados da Figura 34.

Figura 34 – Simbologia para capacitores.



Fonte: SANTOS (2011).

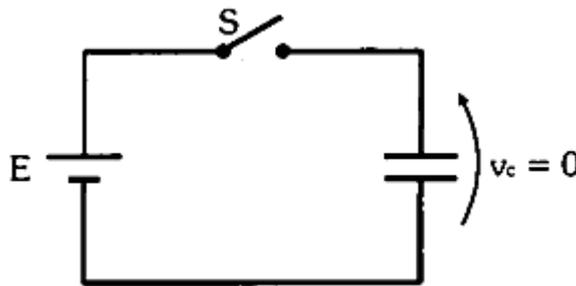
Quando se utiliza um símbolo com alguma marcação, como exemplo, um sinal de soma, uma barra escura ou curva, significa que esse capacitor tem polaridade. A barra escura ou curva indica o pólo negativo do capacitor.



Comportamento elétrico do capacitor

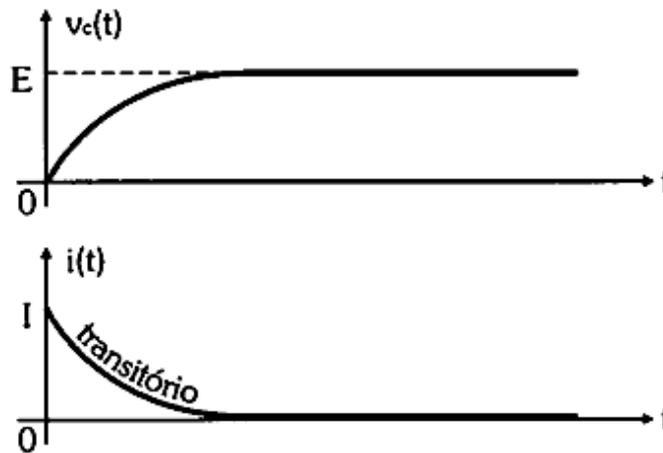
Considere o circuito da Figura 35, com a chave S aberta e com o capacitor inicialmente descarregado, isto é, $v_c = 0$. Fechando a chave no instante $t = 0$, a tensão entre as placas do capacitor cresce exponencialmente até atingir o valor máximo, isto é, $v_c = E$ (Figura 36).

Figura 35 – Circuito simples para carregar um capacitor.



Fonte: VILAR (2006).

Figura 36 – Gráfico comportamento tensão e corrente na carga de um capacitor.



Fonte: VILAR (2006).

Com a corrente, acontece o contrário. Inicialmente, com as placas do capacitor descarregadas, a corrente não encontra qualquer resistência para fluir, tendo um valor máximo $i = I$, caindo exponencialmente até cessar, $i = 0$. O período entre o fechamento



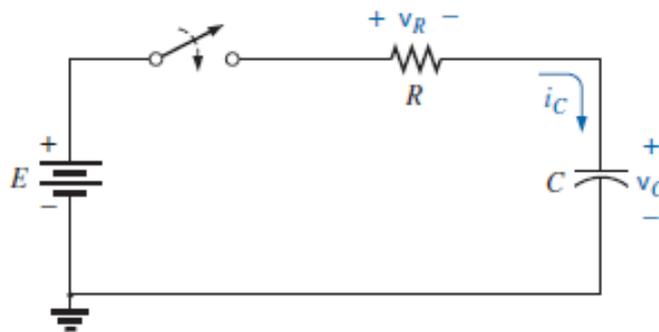
da chave e a estabilização da tensão é rápido, mas não instantâneo, sendo denominado como transitório.

Constante de tempo

O tempo de carga ou de descarga de um capacitor alimentado por uma fonte de tensão, embora seja muito pequeno, não é instantâneo. Ligando um resistor em série com o capacitor, como na Figura 37, pode-se retardar o tempo de carga ou de descarga, fazendo com que a tensão entre os seus terminais cresça ou diminua mais lentamente.

O produto $R.C$ resulta na grandeza *tempo* [segundo]. Esse produto é denominado *constante de tempo*, representado pela letra grega t (tau). Matematicamente: $\tau = RC$. Num circuito RC, quanto maior a constante de tempo, maior é o tempo necessário para que o capacitor se carregue ou se descarregue.

Figura 37 – Circuito resistor em série com capacitor.



Fonte: BOYLESTAD (2012).



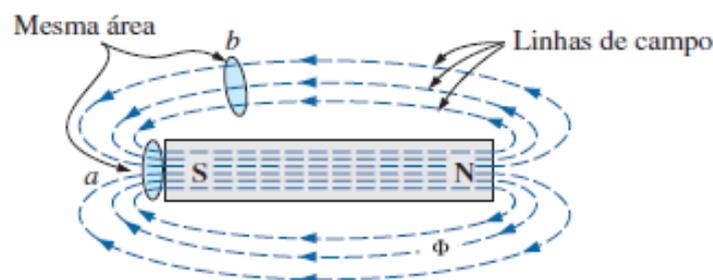
Introdução à tensão alternada

Conceitos básicos de eletromagnetismo

Campo magnético

O ímã natural é um minério de ferro chamado magnetita, pois foi descoberto na região de Magnésia. Esse material tem a propriedade de atrair pedaços de ferro, sendo que essa força de atração surge devido ao campo magnético que ele cria ao seu redor. O ímã possui dois polos inseparáveis, denominados *norte* e *sul*, devido à relação com o campo magnético terrestre. O *campo magnético* pode ser definido como sendo a região do espaço onde uma força age sobre um corpo magnético. A Figura 38 mostra um ímã permanente e suas linhas de campo.

Figura 38 – Linhas de campo magnético para um ímã permanente.



Fonte: BOYLESTAD (2012).

A força de interação entre dois ímãs pode ser de atração ou repulsão, dependendo dos pólos que se encontram próximos, podendo ser observada experimentalmente. A lei da força de interação magnética é:

“Pólos magnéticos diferentes se atraem e pólos magnéticos iguais se repelem.”



Fluxo magnético

O conjunto das linhas de força que saem do polo norte ou chegam ao polo sul de um ímã é denominado *fluxo magnético*, representado pela letra grega Φ (fi), cuja unidade de medida é o *weber* [Wb].

A medida do fluxo magnético tem como referência a seguinte relação: $1 \text{ Wb} = 10^8$ linhas de fluxo.

Densidade de fluxo magnético

O número de linhas de fluxo passando perpendicularmente através de uma área, A , é a densidade de fluxo magnético, B . A unidade de medida da densidade de fluxo magnético é weber/metro quadrado [Wb/m²] ou, simplesmente, tesla [T], e a sua intensidade é dada por: $B = \frac{\Phi}{A}$.

Força magnetomotriz

O valor do fluxo Φ que é desenvolvido em uma bobina depende, como era de se esperar, da corrente I e do número de espiras N . O produto de N por I é muito importante em circuitos magnéticos e é descrito pelo termo *força magnetomotriz* (*fmm*), que é a força que causa o fluxo magnético em uma bobina e é análoga à força eletromotriz para circuitos elétricos.

Ela é especificada pela unidade prática *ampère-espira* [Ae] e é dada por: $fmm = NI$.

Intensidade de campo magnético

Em analogia à intensidade de campo elétrico, pode-se definir *intensidade de campo magnético*. A intensidade de campo magnético H é a força magnetomotriz por unidade de comprimento ao longo do caminho do fluxo magnético.

A unidade de medida da intensidade de campo magnético é o *ampère/metro* [A/m], mas para maior clareza, a unidade *ampère-espira/metro* [Ae/m] será usada aqui, ficando a equação da seguinte forma: $H = \frac{fmm}{l}$.

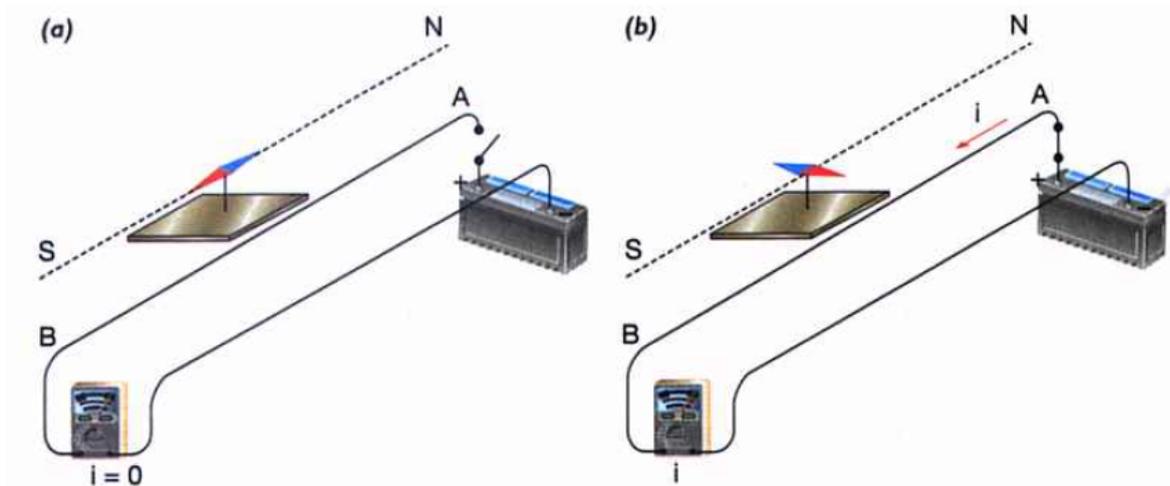


Eletromagnetismo (a experiência de Oersted)

Em 1820, trabalhando em seu laboratório, o cientista dinamarquês H. C. Oersted montou um circuito elétrico, tendo nas proximidades uma agulha magnética. Não havendo corrente no circuito (circuito aberto), a agulha magnética se orientava na direção norte-sul, como já sabemos. A montagem apresentada na Figura 39-a é semelhante àquela feita por Oersted. Observe que um dos ramos do circuito (o fio AB) deve ser colocado paralelamente à agulha, isto é, deve ser orientado na direção norte-sul.

Ao estabelecer uma corrente no circuito, Oersted observou que a agulha magnética se desviava, tendendo a se orientar em uma direção perpendicular ao fio AB (Figura 39-b). Interrompendo-se a corrente, a agulha retornava à sua posição inicial, ao longo da direção norte-sul. Estas observações realizadas por Oersted mostravam que uma corrente elétrica podia atuar como se fosse um ímã, provocando desvios em uma agulha magnética. Verificava-se, assim, pela primeira vez, que existe uma relação entre a Eletricidade e o Magnetismo: *uma corrente elétrica é capaz de produzir efeitos magnéticos.*

Figura 39 – Uma agulha magnética colocada nas proximidades de um fio que conduz uma corrente elétrica tende a se posicionar perpendicularmente ao fio.



Fonte: ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A (2006).



Indução eletromagnética e indutores

Lei de Faraday (da indução eletromagnética)

Sempre que ocorrer uma variação do fluxo magnético através de um circuito, aparecerá, neste circuito, uma tensão induzida. O valor desta, e , é dado por:

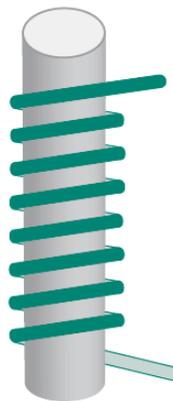
$$e = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

onde $\Delta\Phi$ é a variação do fluxo observada no intervalo de tempo Δt .

Indutores

Como os capacitores, as bobinas (indutores) são componentes extremamente importantes em muitos circuitos elétricos. Todo condutor percorrido por uma corrente elétrica cria em torno de si um campo magnético de intensidade proporcional à intensidade da corrente. Se necessitarmos aumentar a intensidade do campo magnético sem aumentar a intensidade da corrente, basta enrolar uma ou mais espiras (voltas de fios) em torno de um núcleo (Figura 40), que pode ser de ar, ferro ou ferrite.

Figura 40 – Fio enrolado em torno de um núcleo.



Fonte: SANTOS (2011).

A principal função de um indutor é impedir a mudança de um sinal elétrico tanto no sentido em que está fluindo quanto na amplitude desse sinal. A indutância é medida



em Henry (H), o símbolo que representa essa grandeza é a letra L. Indutância é a capacidade de armazenar energia no campo magnético do condutor (bobina) percorrido por uma corrente elétrica. Assim como a capacitância, a indutância depende somente de fatores geométricos.

A indutância de uma bobina depende da maneira como ela é construída, ou seja, do seu formato, número de espiras (n) e eventual existência de um núcleo de material ferroso ou outro material que apresente propriedades magnéticas.

O armazenamento de energia magnética num indutor corresponde ao armazenamento de energia elétrica num capacitor. Como nos capacitores, existe uma interdependência entre a tensão nas extremidades do indutor e a corrente que circula por ele. O indutor não aceita variações bruscas de corrente; logo, quem varia é a tensão.

Os indutores são usados extensivamente em circuitos analógicos e processamento de sinais, incluindo recepções e transmissões de rádio, na partida de lâmpadas fluorescentes, etc. Dois (ou mais) indutores acoplados e um isolante formam um transformador.

O símbolo para os indutores nos diagramas de circuitos elétricos é o ilustrado na Figura 41.

Figura 41 – Simbologia para indutor.



Fonte: SANTOS (2011).

Transformadores

Em diversas instalações elétricas e até mesmo em nossas residências tem-se, muitas vezes, necessidade de aumentar ou diminuir a voltagem que é fornecida pelas companhias de eletricidade. O dispositivo que nos permite resolver esses problemas é o *transformador*.

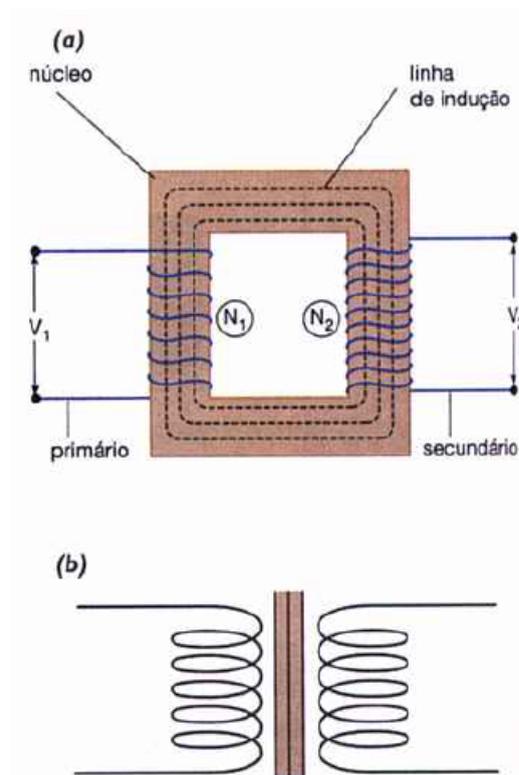
O transformador é um aparelho bastante simples e está representado esquematicamente na Figura 42-a. É constituído de uma peça de ferro, denominada *núcleo do transformador*, em torno do qual são enroladas duas bobinas, conforme mostrado na Figura 42-a. Em uma dessas bobinas, é aplicada a voltagem V1



que desejamos transformar, isto é, que desejamos aumentar ou diminuir. Esta bobina é denominada *enrolamento primário* (ou simplesmente primário) do transformador.

Após a transformação, a voltagem, apresentando um valor V_2 , será estabelecida nas extremidades da outra bobina, que é denominada *enrolamento secundário* (ou simplesmente secundário) do transformador. Nos diagramas de circuitos elétricos, um transformador é representado da maneira mostrada na Figura 42-b.

Figura 42 – Esquema de um transformador simples (a) e maneira de representá-lo em um diagrama de circuito elétrico (b).



Fonte: ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A (2006).

Como funciona um transformador

Quando uma voltagem constante V_1 é aplicada ao primário de um transformador, o fluxo magnético através do secundário será também constante, não havendo, portanto, uma voltagem induzida nesta bobina. Quando a voltagem aplicada ao primário é alternada,



um fluxo magnético variável atravessa as espiras do secundário e uma voltagem induzida V_2 aparece nos extremos desta bobina.

Relação entre as voltagens no primário e no secundário

O transformador pode ser usado para aumentar ou diminuir uma voltagem de corrente alternada. Para isto, designamos por N_1 o número de espiras no primário e por N_2 o número de espiras no secundário. A partir da Lei de Faraday, é possível demonstrar que a seguinte relação é válida:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Com esta expressão, é fácil concluir que, se o número de espiras no secundário for maior do que no primário, isto é, se $N_2 > N_1$, teremos $V_2 > V_1$. Então, o transformador está sendo usado para elevar a voltagem. Por outro lado, se tivermos $N_2 < N_1$, teremos $V_2 < V_1$, ou seja, o transformador está sendo usado para diminuir a voltagem.

Exemplos

Um transformador foi construído com um primário constituído por uma bobina de 400 espiras e um secundário com 2000 espiras. Aplica-se ao primário uma voltagem alternada de 120 V. Qual a voltagem que será obtida no secundário?

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{120}{V_2} = \frac{400}{2000} \Rightarrow V_2 = 600V$$

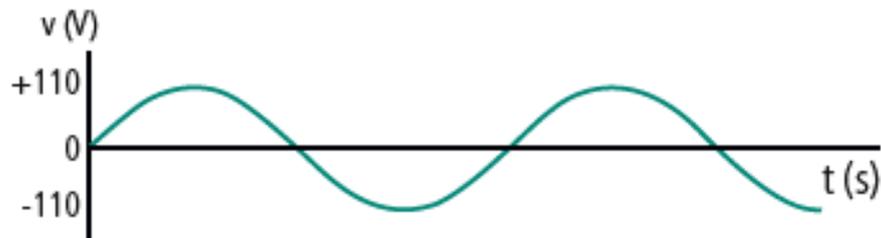
Grandezas e parâmetros elétricos em tensão alternada

Sinal alternado

Um sinal alternado é aquele que muda de polaridade periodicamente e varia sua intensidade no tempo, como mostrado na Figura 43.



Figura 43 – Sinal alternado.



Fonte: SANTOS (2011).

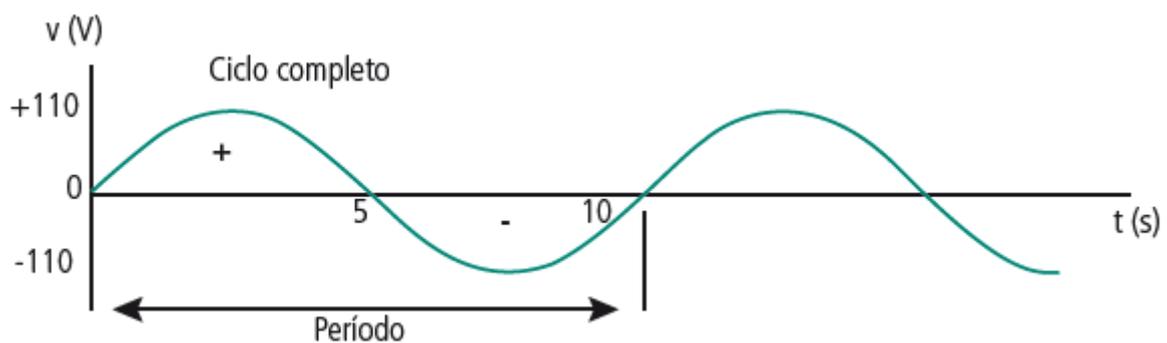
A forma de onda alternada mais importante é a senoidal, porque as concessionárias de energia utilizam essa forma para transmitir a energia gerada para os consumidores. Outros exemplos de forma de sinal alternado são: quadrada, triangular e dente de serra.

A forma de onda senoidal é utilizada tanto para a geração quanto para a distribuição de energia elétrica porque permite que ela seja elevada ou reduzida por meio de transformador.

Características do sinal alternado senoidal

Período é o tempo que a onda necessita para completar um ciclo completo (Figura 44). Um ciclo completo é igual ao comprimento da onda. O ciclo completo é composto por dois semiciclos, um positivo e outro negativo.

Figura 44 – Período de uma onda senoidal.



Fonte: SANTOS (2011).



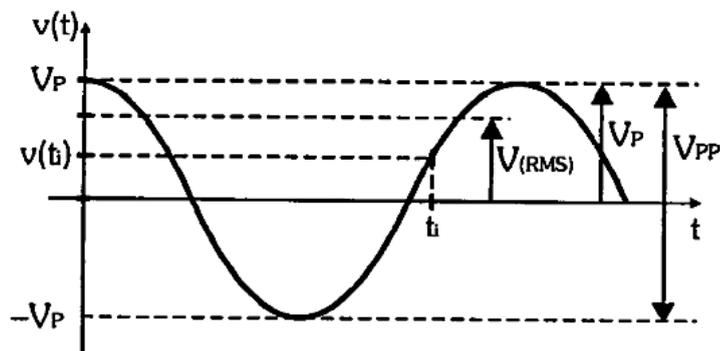
O período da onda senoidal da Figura 44 é de 10 s, ou seja, ela precisa de dez segundos para completar um ciclo. A unidade de medida do período é o segundo (s) e a grandeza é representada pela letra T.

Frequência de um sinal é dada pelo inverso do período, ou seja, é a quantidade de ciclos completos em 1 s. A frequência da onda senoidal da Figura 44 é de 0,1 Hz, isto é, em um segundo ela completou apenas 10% de seu ciclo. A unidade de medida da frequência é o Hertz (Hz) e a grandeza é representada pela letra f. Quanto menor for o período da onda, maior será a frequência dela.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ Hz}$$

A Figura 45 mostra as várias amplitudes características de um sinal alternado.

Figura 45 – Amplitudes características de um sinal alternado.



Fonte: VILAR (2006).

O **valor instantâneo, v(t)** - é a amplitude do sinal em um determinado instante t_i . Matematicamente, ele deve ser calculado pela expressão:

$$v(t) = V_p \text{ sen } \omega t$$

O **valor de pico, Vp** - O valor de pico corresponde à amplitude máxima (positiva ou negativa) que o sinal possui.

O **valor de pico a pico, Vpp** - corresponde à amplitude total entre os dois pontos máximos (positivo ou negativo) e, portanto, ele é o dobro do valor de pico.

$$V_{pp} = 2V_p$$



O valor eficaz ou RMS, V_{ef} , VRMS ou V - O valor eficaz ou RMS (Root Mean Square ou Raiz Média Quadrática) corresponde ao valor de uma tensão alternada que, se fosse aplicada a uma resistência, dissiparia uma potência média, em watts, de mesmo valor numérico que a potência dissipada por uma tensão contínua aplicada à mesma resistência.

O valor eficaz de um sinal alternado é, em termos de amplitude, o mais importante do ponto de vista prático, pois a tensão e a corrente eficazes podem ser medidas diretamente, respectivamente, pelos voltímetros e amperímetros CA.

$$V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

O valor médio, V_m - O valor médio corresponde à média aritmética sobre todos os valores de um sinal senoidal durante um semi-ciclo.

$$V_m = 0,637 V_p$$

Potência em corrente alternada

Potência ativa, reativa e aparente

A potência ativa é aquela efetivamente transformada em potência mecânica, potência térmica e potência luminosa. Sua unidade de medida é o watt (W).

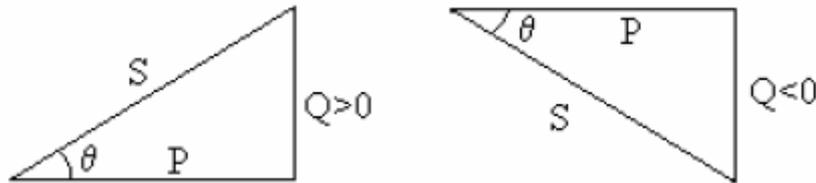
A potência reativa é a parcela transformada em campo magnético, necessário ao funcionamento de motores, transformadores e reatores. Sua unidade de medida é o volt-ampère reativo (VAr).

A potência aparente é composta por duas parcelas: a potência ativa e a potência reativa. Sua unidade de medida é o volt-ampère (VA).

Segue na Figura 46 o triângulo de potência, que mostra a relação entre esses três tipos de potência.



Figura 46 – Triângulo de potência.



Fonte: RÉGO (2004).

Fator de potência

A potência ativa é uma parcela da potência aparente, ou seja, ela representa uma porcentagem da potência aparente que é convertida em potência mecânica, térmica ou luminosa. Essa relação é denominada de fator de potência.

$$\text{Fator de potência} = \frac{P}{S}$$

PRÁTICA 5 - OSCILOSCÓPIO E CORRENTE ALTERNADA

1. Ajuste a fonte de alimentação com os valores mostrados na tabela abaixo e meça cada valor utilizando o osciloscópio.

| V (V) | Valor medido no osciloscópio | Número de divisões |
|-------|------------------------------|--------------------|
| 2 | | |
| 5 | | |
| 8 | | |
| 10 | | |
| 15 | | |

OBS: As próximas questões envolvem o gerador de sinais. Para visualizar corretamente os sinais no osciloscópio, inicialmente você deve ligar o gerador, e clicar em Utility, Output Setup, High Load, Done.



2. Ajuste o gerador de sinais nas frequências especificadas nos quadros abaixo com uma amplitude pico a pico de 5 V e offset de 0 V para os sinais de forma senoidal, quadrada e triangular. Meça a frequência, o período e o número de divisões ocupadas pelo período, preenchendo as tabelas abaixo.

| Onda senoidal | | | |
|----------------------|--------------------|---|---|
| f_{gerador} | Número de divisões | T | f |
| 100 Hz | | | |
| 5 kHz | | | |

| Onda quadrada | | | |
|----------------------|--------------------|---|---|
| f_{gerador} | Número de divisões | T | f |
| 250 Hz | | | |
| 1200 kHz | | | |

| Onda triangular | | | |
|----------------------|--------------------|---|---|
| f_{gerador} | Número de divisões | T | f |
| 600 Hz | | | |
| 10 kHz | | | |

3. Ajuste o gerador de sinais para a frequência de 60 Hz, onda senoidal. Utilizando um multímetro, na escala V_{AC} ajuste a saída do gerador para os valores especificados na tabela abaixo. Para cada caso, meça com o osciloscópio e anote, respectivamente, a tensão V_p e a tensão V_{pp} . Por fim, calcule o valor eficaz com base no V_p .

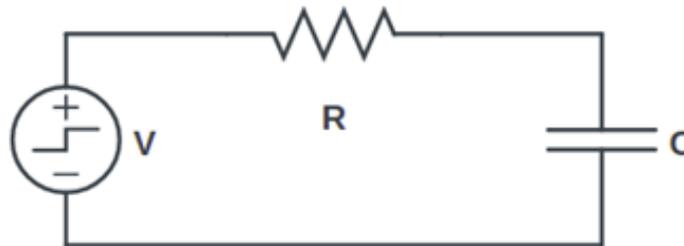
| V_{ef} multímetro | V_p | V_{pp} | V_{ef} calculado |
|----------------------------|-------|----------|---------------------------|
| 1 V | | | |
| 3 V | | | |
| 5 V | | | |

Na combinação de uma resistência R e um capacitor C conectados em série é formado um circuito RC. Nesse tipo de circuito, o capacitor armazena energia e o resistor controla o tempo de carregamento e descarregamento do circuito. Ele é bastante utilizado como filtro, bloqueando sinais com certas frequências.

A constante de tempo τ nesse tipo de circuito representa o tempo necessário para o capacitor carregar de 0 até 63.2% do valor aplicado da fonte de tensão, sendo definida como $\tau = R \cdot C$.



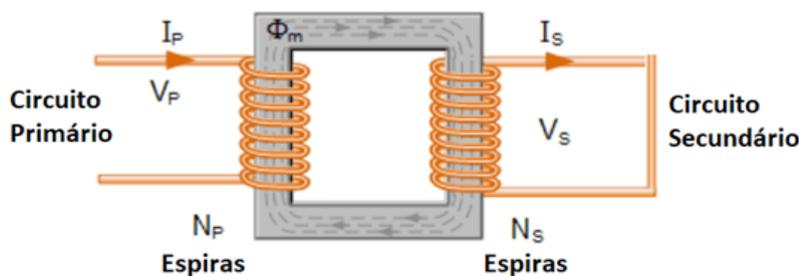
4. Construa o circuito mostrado abaixo, no qual o sinal gerado na questão 4 com a frequência de 10 Hz deve ser utilizado como fonte de alimentação.



- Considerando que o valor máximo da fonte de tensão é de 5 V, quanto representa 63.2 % do valor final?
- Qual é o valor da constante τ ?
- Meça a tensão no capacitor usando um osciloscópio. Verifique a constante de tempo calculada na questão anterior.

PRÁTICA 6 - TRANSFORMADORES

O transformador é um dispositivo capaz de alterar o valor da tensão elétrica em um circuito por meio de duas ou mais bobinas acopladas em um núcleo de material ferromagnético. O valor de tensão no secundário do transformador depende do nível de tensão no primário e da relação de espiras entre os enrolamentos primário e secundário, expresso através da seguinte equação:



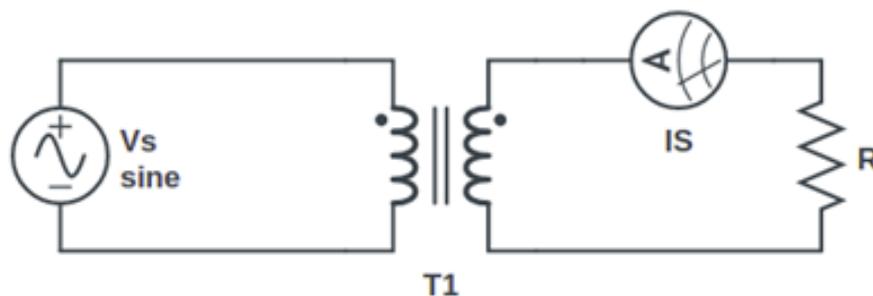
$$\frac{V_P}{N_P} = \frac{V_S}{N_S}$$



1. Ligue o primário do transformador à rede elétrica. Utilizando um multímetro, meça a tensão e a frequência dos enrolamentos primário e secundário, anotando os valores na tabela abaixo.

| V_P | V_S | f_1 | f_2 |
|-------|-------|-------|-------|
| | | | |

- a. Supondo que existam o número de espiras do enrolamento secundário seja igual a 10 ($N_S = 10$), qual é o número aproximado de espiras no enrolamento primário?
2. Verifique com o osciloscópio a forma de onda e a valor de pico de tensão do sinal no enrolamento secundário do transformador.
 3. Ligue uma tensão DC de 5 V no primário do transformador e meça o valor de tensão no enrolamento secundário.
 - a. Pode um transformador ser alimentado por uma tensão contínua constante? Por quê?
 4. Considere que um resistor R de 1 k Ω seja inserido no secundário do transformador, conforme mostrado na figura abaixo.



- a. Qual deve ser o nível de corrente no secundário do transformador?
- b. Insira uma carga de 1 k Ω no secundário do transformador e, utilizando um multímetro, meça o valor de corrente no secundário do transformador.



- c. A partir do valor obtido na letra B, calcule o valor da corrente no primário do transformador. Utilize a equação abaixo, onde i_p representa a corrente do primário e i_s representa a corrente do secundário.

$$\frac{i_p}{N_s} = \frac{i_s}{N_p}$$

- d. Qual é a potência de entrada e a potência de saída do transformador? O que pode se afirmar sobre esses valores? Utilize os valores de tensão medidos na questão 1 e os valores de correntes obtidos nas questões 4b e 4c.

OBS: Cálculo de potência: $P = V \cdot I$

Resumo

A disciplina de Práticas de Eletricidade aborda os conceitos básicos de eletricidade, unindo a teoria com a prática. Foram vistos os principais componentes e grandezas, tanto no âmbito da tensão contínua como da tensão alternada. Práticas de laboratório introdutórias utilizando instrumentos de medição foram trabalhadas de modo que os estudantes tenham o contato inicial com as principais formas de medir as principais grandezas da eletricidade.



Referências

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Física**: Ensino Médio. 1.ed. São Paulo: Scipione v. 3, 2006.

ANUÁRIO Estatístico de Energia Elétrica. Brasília: EPE, 2021. Disponível em:
<<https://www.epe.gov.br/pt>>. Acesso em: 14 de mar. de 2022.

BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. **Geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica**. 1 ed. São Paulo: Editora Érica, 2014.

BOYLESTAD, R. L. **Introdução à Análise de Circuitos**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

CAPUANO, F. G.; MARINO, M. A. M. **Laboratório de eletricidade e eletrônica**. 24 ed. São Paulo: Editora Érica, 2010.

MAPA do Sistema de Transmissão - Horizonte 2024. ONS, 2022. Disponível em:
<<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>>. Acesso em: 14 de mar. de 2022.

MESQUITA, L. et al. **Oficinas tecnológicas para alunos do Ensino Médio**. Apostila. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá, São Paulo, 2014. 17 f.

RÊGO, R. N. **Introdução à análise de sistemas de potência**. Apostila. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2044. 124 f.

SANTOS, K. S. **Fundamentos de Eletricidade**. Apostila. Centro de Educação Tecnológica do Amazonas, Manaus, 2011. 130 f.

VILAR, G. J. V. **Eletricidade básica**. Apostila. Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Natal 2006. 66 f.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica**: conceitos e aplicações. 1 ed. São Paulo: Editora Érica, 2012.

Segurança no trabalho

Felipe Bento
de Albuquerque



Apresentação

Olá pessoal, sejam bem-vindos à disciplina de Segurança no Trabalho! Aqui, iremos trabalhar os preceitos básicos preventivos para o desenvolvimento das atividades envolvendo eletricidade com o intuito de reduzir o número de acidentes, garantindo a integridade física do trabalhador.

Inicialmente será feita uma abordagem geral sobre o que é Segurança no Trabalho e seus fundamentos. Em seguida, falaremos um pouco sobre os riscos e medidas de controle envolvendo o trabalho com eletricidade, bem como os procedimentos em instalações desenergizadas. Na sequência, vamos conversar um pouco sobre a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), enfatizando seus objetivos e atribuições, como também sobre os equipamentos de proteção individual e coletiva. Por fim, vamos bater um papo sobre os principais documentos utilizados em instalações elétricas.

Nosso objetivo é que ao final desta disciplina você consiga:

- Compreender os riscos no trabalho e como prevenir acidentes;
- Reconhecer as principais causas de acidentes de trabalho e os riscos mais comuns;
- Prevenir acidentes de trabalho com eletricidade.

A partir de agora, convido você a se imergir neste maravilhoso mundo prevencionista, vamos lá?



Segurança no Trabalho

Introdução à Segurança no Trabalho

As atribuições do dia a dia, muitas vezes, costumam desviar a atenção para determinadas situações, fazendo com que a preocupação com a identificação de riscos nos ambientes de trabalho e, conseqüentemente, a prevenção de acidentes e doenças profissionais e/ou do trabalho fiquem em segundo plano.

Nesse sentido, a segurança no trabalho pode ser entendida como o conjunto de medidas que são adotadas visando minimizar ou prevenir os acidentes de trabalho e doenças ocupacionais, bem como proteger a integridade física e a capacidade de trabalho do trabalhador (CRESPO, 2012). Entende-se por conjunto de medidas as ações realizadas para tentar eliminar ou reduzir os riscos ambientais como, por exemplo: treinamentos educativos, projetos de engenharia, proteção em máquinas e equipamentos, ginástica laboral, Diário Diário de Segurança (DDS), etc (GONDIM, 2016).

Os acidentes de trabalho vão desde uma lesão física como prensamento de dedos ou luxação até algum dano psicológico, como o stress. Eles podem levar o funcionário ao absenteísmo.



FIQUE POR DENTRO!

Ginástica Laboral: é o conjunto de práticas de exercícios físicos realizados no ambiente de trabalho com a finalidade de colocar previamente cada pessoa – e todos – da equipe ou grupo de trabalho bem preparadas para o exercício do labor diário. Usualmente, baseia-se em técnicas de alongamento, distribuídas pelas várias partes do corpo, dos membros, passando pelo tronco, à cabeça, sendo orientada ou supervisionada por um fisioterapeuta, educador físico ou por algum especialista treinado.

Diálogo Diário de Segurança (DDS): constitui basicamente a reserva de um pequeno intervalo de tempo, recomendado antes do início das atividades diárias na empresa e com duração de 5 a 15 minutos, para a discussão e instruções básicas, ligadas à segurança no trabalho, que devem ser utilizadas e praticadas por todos os participantes.

Absenteísmo: usado para designar as ausências dos trabalhadores no processo de trabalho, seja por falta ou atraso, devido a algum motivo interveniente. É um grave problema enfrentado pelos gestores de recursos humanos, já que esse afastamento temporário se dá por diversos motivos, conseqüentemente, trazendo danos para a produção, diminuindo o lucro e sobrecarregando outros funcionários.

Fundamentos da Segurança no Trabalho

O objetivo da Segurança no Trabalho é a prevenção de acidentes e doenças que possam afetar o trabalhador. Prevenir quer dizer ver antecipadamente, chegar antes do acidente, tomar todas as providências para que o acidente não tenha possibilidade de ocorrer (ARAÚJO, 2010).

Dentre os fatores de riscos operacionais, destacam-se: eletricidade, máquinas e equipamentos, incêndios, armazenamento e transporte de materiais, manuseio de produtos perigosos (tóxicos, inflamáveis, etc.), ruído, calor, poeiras, gases, enfim, todos aqueles riscos existentes em um ambiente de trabalho (GONÇALVES, 2008).



A prevenção de acidentes é uma atividade perfeitamente ao alcance do ser humano. Sabemos que uma das mais evidentes características humanas, que nos diferencia dos demais seres vivos, é a nossa capacidade de raciocínio e de previsão dos fatos e ocorrências que afetam nosso meio ambiente. Nesse sentido, é muito importante observar que um acidente não é simples obra do acaso.

Quando aliamos a prática de segurança no trabalho em uma determinada empresa a outras áreas com uma boa gestão (Engenharia, Administração, RH, etc.), as operações tendem a ser realizadas com mais segurança e controle. Isso reduz a possibilidade de interrupção do processo produtivo em decorrência de acidentes e doenças ocupacionais.

Normas Regulamentadoras (NRs)

A Segurança no Trabalho é definida por normas e leis. No Brasil, a legislação de Segurança no Trabalho compõe-se de Normas Regulamentadoras (NRs) e outras leis complementares, como portarias e decretos e também as convenções internacionais da Organização Internacional do Trabalho, ratificadas pelo Brasil. As NRs regulamentam e fornecem orientações sobre procedimentos obrigatórios relacionados a segurança e medicina do trabalho no Brasil. Essas normas existem para regular o dispositivo legal presente na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), através do Capítulo V, Título II, denominado Da Segurança e Medicina do Trabalho.

A divisão da regulamentação em normas separadas por tema permite ao Ministério do Trabalho promover atualizações parciais, de acordo com a maior demanda ou necessidade do momento. Considerando-se que as normas existentes estão interrelacionadas, o propósito é o de indicar efetivamente as atualizações parciais, demonstrando na prática preventcionista que muito pouco adianta atender uma NR sem levar em consideração a outra.

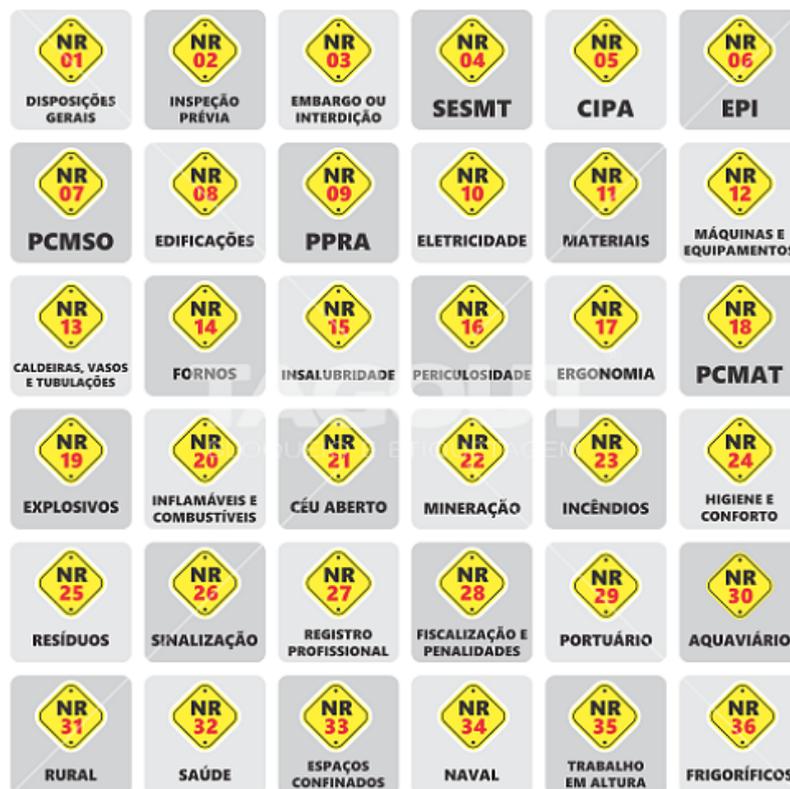
A Lei 6.514 de 22 de dezembro de 1977 regulamenta, por meio da Portaria nº 3.214 de 8 de junho de 1978, as Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho, que trazem os requisitos mínimos de segurança a serem adotados por todas as empresas, tendo em vista a atividade a ser exercida



FIQUE POR DENTRO!

As NRs estão disponíveis no endereço: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nr>

Figura 1 – Normas Regulamentadoras (NRs).



Fonte: <<https://www.tagout.com.br/blog/o-que-sao-as-normas-regulamentadoras/>>.

Acesso em: 17 mar. 2022



A partir de agora, devido à natureza da nossa disciplina, será dado um enfoque maior à NR 10 - *Segurança em instalações e serviços em eletricidade* (BRASIL, 2019). Esta norma estabelece os requisitos e as condições mínimas para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos que garantam a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade nos seus mais diversos usos e aplicações e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades.

Riscos do trabalho com eletricidade

O choque elétrico, mecanismos e efeitos

O choque elétrico caracteriza-se pela passagem de corrente elétrica pelo corpo, provocando um estímulo rápido, causando efeitos fisiológicos graves ou até mesmo a morte. A corrente elétrica irá circular onde o corpo se tornar parte do circuito elétrico desde que haja uma diferença de potencial capaz de vencer a resistência elétrica oferecida pelo corpo humano.

Os tipos de choques elétricos são:

- **Choque estático (contato com um corpo eletrizado):** é o choque obtido pela descarga de um capacitor, ou seja, gerado a partir do efeito capacitivo, que acumula e retém energia elétrica, presente nos mais diferentes materiais e equipamentos.
- **Choque dinâmico (contato com um corpo energizado):** é o choque tradicional, obtido ao tocar um elemento energizado da rede de energia elétrica.
- **Descargas elétricas atmosféricas (raios):** são gigantescas descargas elétricas entre nuvens ou entre estas e a terra, que podem produzir choques elétricos com altíssima corrente.

Os fatores que determinam a gravidade do choque elétrico são:

- Características da corrente elétrica;
- Percurso da corrente elétrica no corpo;
- Resistência elétrica do corpo;
- Características físicas da vítima.



Características da corrente elétrica

- **Corrente Contínua (CC):** para que o choque elétrico possa causar fibrilação ventricular e morte, as intensidades de corrente devem ser elevadas. Especificamente, a fibrilação ventricular (ritmo cardíaco anormal e potencialmente fatal, caracterizado pela contração superficial das câmaras inferiores do coração), só ocorrerá se a corrente contínua for aplicada durante um instante curto e específico do ciclo cardíaco.
- **Corrente Alternada (CA):** para esse tipo de corrente, as frequências entre 20 e 100 Hertz são as que oferecem maior risco. As de 60 Hertz, que são utilizadas nos sistemas de fornecimento de energia elétrica, são especialmente perigosas, pois aumentam a possibilidade de ocorrência da fibrilação ventricular. Também há diferenças de sensações do choque elétrico se a vítima for do sexo masculino ou feminino.

Tabela 1 – Percepção do choque de acordo com a intensidade da corrente elétrica.

| Intensidade da corrente elétrica | Percepção do choque |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,1 à 0,5 mA | Leve percepção e, geralmente, nenhum efeito, além de uma minúscula fisgada. |
| 0,5 à 10 mA | Ligeira paralisação nos músculos do braço, início de tetanização, sem perigo. |
| 10 à 30 mA | Sensação dolorosa, contrações violentas e perturbação circulatória. |
| 30 à 500 mA | Paralisia estendida entre os músculos do tórax com sensação de falta de ar e tontura, com possibilidades de fibrilação ventricular. |
| > 500 mA | Traumas cardíacos persistentes e, em 98% dos casos, é mortal, salvo ocorra internação imediata com auxílio de pessoas especializadas e com equipamentos adequados. |

Valores para pessoas com peso acima de 50 Kg

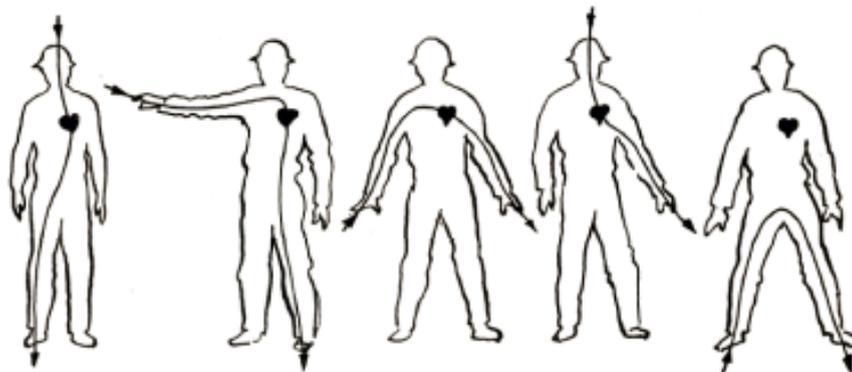
Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.)



Percurso da corrente elétrica no corpo

O percurso seguido pela corrente elétrica no corpo tem grande influência na gravidade do choque elétrico, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Possíveis caminhos da corrente elétrica no corpo humano.



Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.).

Resistência elétrica no corpo

A intensidade da corrente que circula pelo corpo humano depende da resistência elétrica que este, ou outra resistência adicional, oferece. A resistência oferecida é, em sua quase totalidade, devida à camada externa da pele. Esta resistência possui valores entre 100.000 e 600.000 ohms (relação entre a tensão de 1 Volt e uma corrente de 1 Ampère) quando a pele está seca e sem cortes, sendo essa variação dependente da sua espessura. Em comparação com a da pele, a resistência oferecida pela parte interna do corpo (sangue, músculos e demais tecidos) é baixa, variando entre 300 e 500 ohms.

Características físicas da vítima

Os efeitos do choque elétrico variam conforme sexo, idade e saúde da vítima, sendo menores para o sexo feminino. Além disso, quanto mais avançada for a idade e mais debilitada estiver a saúde da pessoa, maiores serão os efeitos. Os meios que criam condições para que uma pessoa venha a sofrer um choque elétrico são:



- Falha na isolação elétrica;
- Contato com um condutor nu energizado;
- Pressão;
- Produtos químicos;
- Desgaste mecânico;
- Altas tensões;
- Fatores biológicos.

Arcos elétricos, queimaduras e quedas

A corrente elétrica pode causar os seguintes efeitos fisiológicos:

- **Fibrilação ventricular:** consiste na perturbação do funcionamento do coração por conta da circulação da corrente elétrica, causando falta de oxigênio nos tecidos e no cérebro.
- **Tetanização:** é a paralisia muscular provocada pela passagem da corrente através dos nervos que controlam os músculos (contração violenta dos músculos).
- **Parada respiratória:** durante a tetanização, os músculos peitorais são bloqueados de maneira a parar a respiração, ela ocorre nos casos de correntes elétricas com intensidade maior que 30 mA circulando por um curto espaço de tempo (alguns minutos) e pode causar graves danos à saúde
- **Queimaduras:** comuns nos acidentes envolvendo eletricidade, as queimaduras são, geralmente, menos dolorosas do que as causadas pelos efeitos térmicos (efeito joule), químicos e biológicos. Isso porque a passagem da corrente pode chegar a destruir as terminações nervosas e progredir em profundidade, mesmo depois de desfeito o contato ou a descarga. As queimaduras são classificadas da seguinte forma: por contato, por arco elétrico, por radiação e por vapor metálico.



Além das queimaduras, as quedas constituem uma das principais causas de acidentes no setor elétrico como consequência de choques elétricos. Também são comuns as quedas decorrentes de: utilização inadequada de escadas, cestas e andaimes, uso inadequado dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), falta de treinamento dos funcionários, ataque de insetos e falta de delimitação e sinalização do canteiro do serviço.

Campos eletromagnéticos

Os campos magnéticos são gerados pela passagem da corrente elétrica nos meios condutores e estão presentes em inúmeras atividades como solda elétrica, rádio, telefonia celular, fornos microondas e trabalhos com circuitos ou linhas energizadas. Os trabalhadores ou pessoas expostas que possuem aparelhos eletrônicos em seu corpo como aparelhos auditivos, marca-passos, dentre outros, precisam de cuidados especiais, pois estes podem ter seu funcionamento comprometido na presença do campo magnético (BRASIL, 2019).

Medidas de controle do risco elétrico

Aterramento funcional (TN, TT e IT) de proteção e temporário

Aterramento é a ligação elétrica efetiva, confiável e adequada, intencional à terra (solo), entendida como a massa condutora com potencial elétrico, convencionalmente, igual a zero, através da qual correntes elétricas podem fluir. O aterramento pode ser:

- **Funcional:** ligação à terra de um dos condutores do sistema; geralmente, o neutro.
- **De proteção:** ligação à terra das massas (paredes metálicas de equipamentos ou instalações que não fazem parte do circuito elétrico) e dos elementos condutores estranhos à instalação, visando a proteção contra choques elétricos por contato indireto.



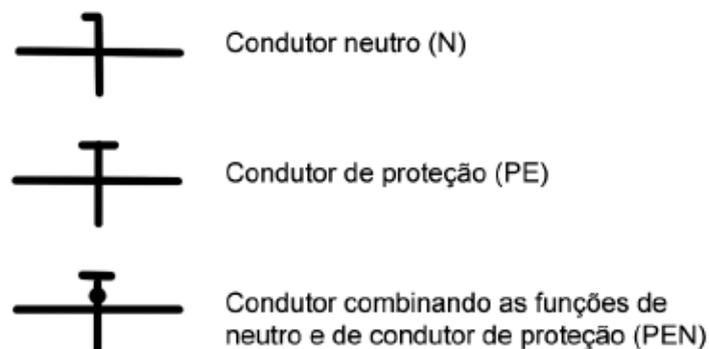
- **Temporário:** ligação elétrica efetiva, confiável e adequada intencional à terra, destinada a garantir a equipotencialidade e mantida continuamente durante a intervenção na instalação elétrica (BRASIL, 2019, p.11).

Esquemas de aterramento

A NBR 5410 (ABNT, 2004) considera os esquemas de aterramento TN / TT / IT, cabendo as seguintes observações sobre as ilustrações e símbolos utilizados:

- As figuras na sequência, que ilustram os esquemas de aterramento, devem ser interpretadas de forma genérica. Elas utilizam como exemplo sistemas trifásicos. As massas indicadas não simbolizam um único, mas sim qualquer número de equipamentos elétricos. Além disso, as figuras não devem ser vistas com conotação espacial restrita. Deve-se notar, neste particular, que como uma mesma instalação pode eventualmente abranger mais de uma edificação, as massas devem necessariamente compartilhar o mesmo eletrodo de aterramento, se pertencentes a uma mesma edificação, mas podem, em princípio, estar ligadas a eletrodos de aterramento distintos, se situadas em diferentes edificações, com cada grupo de massas associado ao eletrodo de aterramento da edificação respectiva.
- Nessas figuras, são utilizados os seguintes símbolos:

Figura 3 – Simbologia utilizada nos esquemas de aterramento.



Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004).

- Na classificação dos esquemas de aterramento, é utilizada a seguinte simbologia:



PRIMEIRA LETRA

Situação da alimentação em relação à terra:

T = um 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 à 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 (eventuais)

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 (condutor PEN).

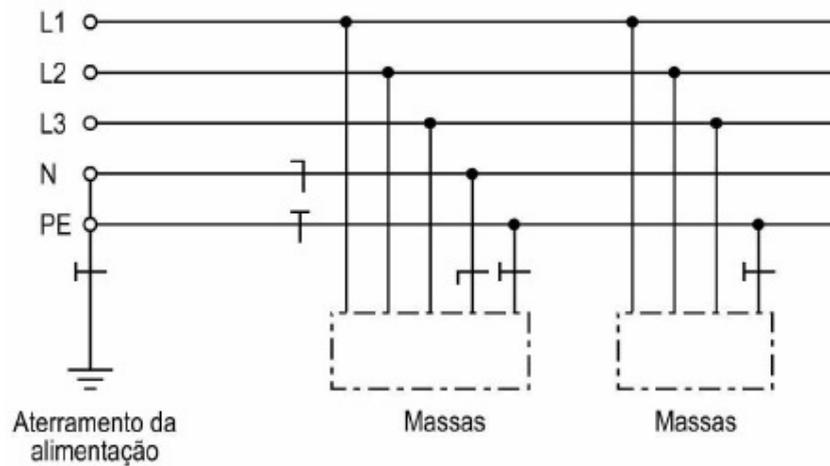
Esquema TN

O esquema TN possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção. São consideradas três variantes de esquema TN, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, a saber:



- **Esquema TN-S**, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos, conforme a Figura 4:

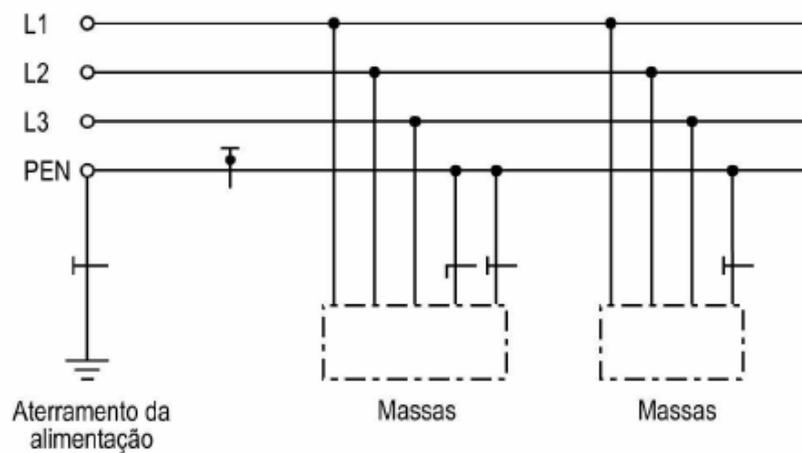
Figura 4 – Esquema TN-S.



Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004).

- **Esquema TN-C**, no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor, na totalidade do esquema, conforme a Figura 5:

Figura 5 – Esquema TN-C.

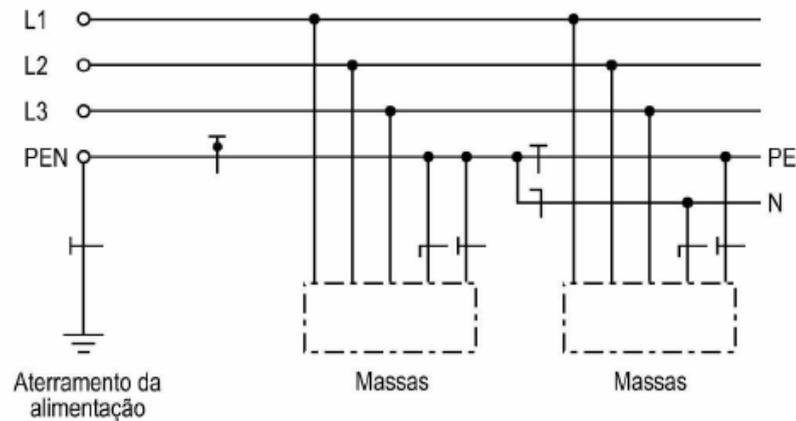


Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004).



- **Esquema TN-C-S**, no qual as funções de neutro e de proteção são, em parte, combinadas em um único condutor, conforme a Figura 6:

Figura 6 – Esquema TN-C-S

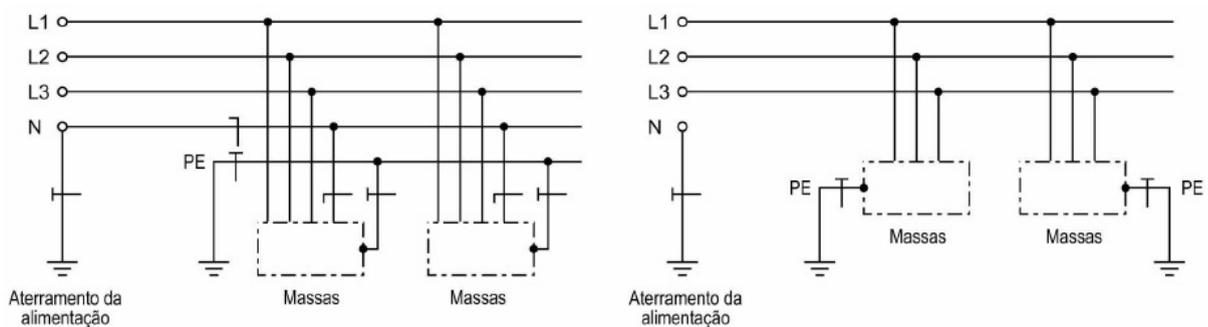


Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004).

Esquema TT

O esquema TT possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo(s) de aterramento eletricamente distinto(s) do eletrodo de aterramento da alimentação, conforme a Figura 7:

Figura 7 – Esquema TT.



Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004).



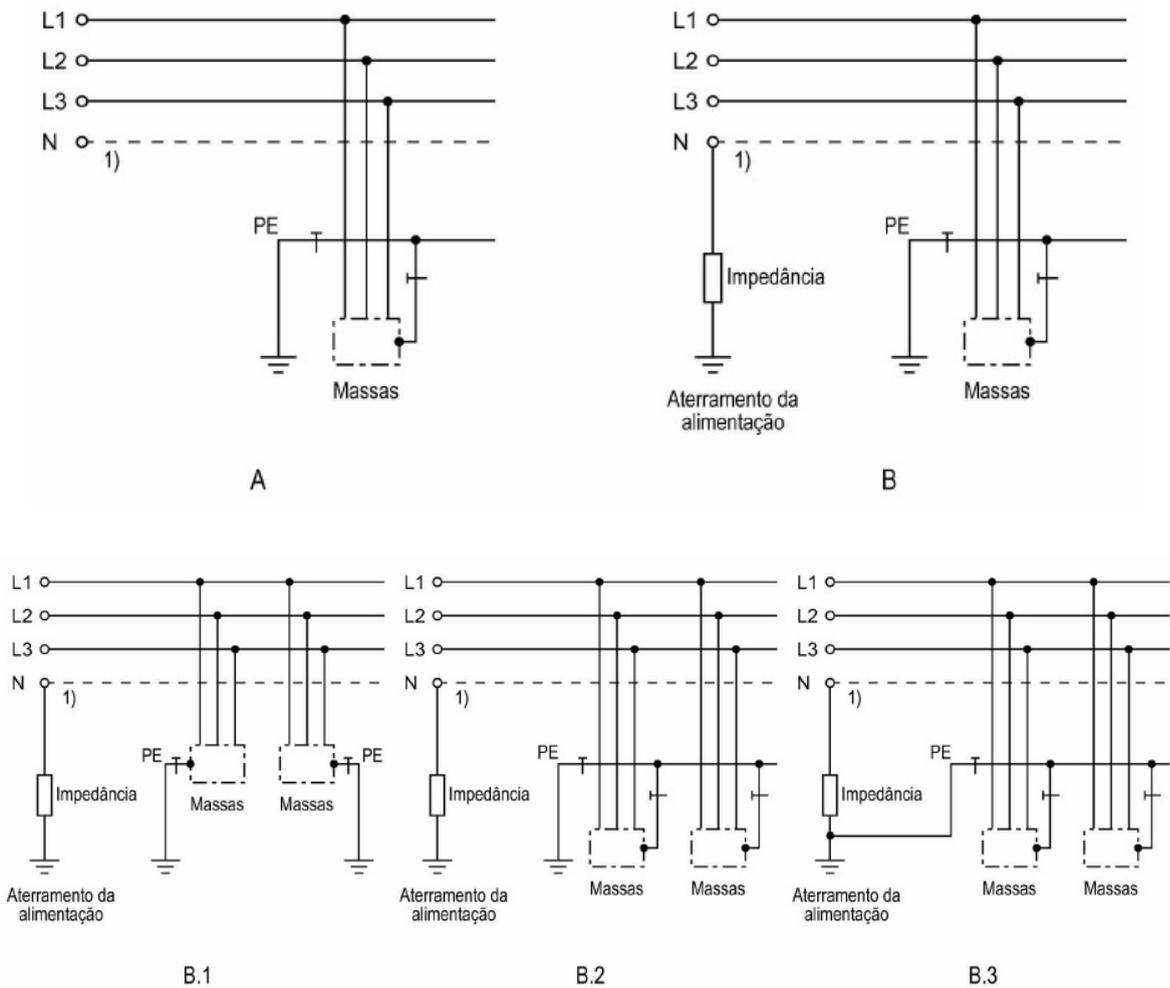
Esquema IT

No esquema IT, todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de impedância. As massas da instalação são aterradas, verificando-se as seguintes possibilidades:

- Massas aterradas no mesmo eletrodo de aterramento da alimentação, se existente;
- Massas aterradas em eletrodo(s) de aterramento próprio(s), seja porque não há eletrodo de aterramento da alimentação, seja porque o eletrodo de aterramento das massas é independente do eletrodo de aterramento da alimentação.



Figura 8 – Esquema IT



A = sem aterramento da alimentação.

B = alimentação aterrada através de impedância.

B.1 = massas aterradas em eletrodos separados e independentes do eletrodo de aterramento da alimentação.

B.2 = massas coletivamente aterradas em eletrodo independente do eletrodo de aterramento da alimentação.

B.3 = massas coletivamente aterradas no mesmo eletrodo da alimentação.

1) O neutro pode ou não ser distribuído.

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004).



Aterramento temporário

O aterramento elétrico temporário de uma instalação tem por função evitar acidentes gerados pela energização acidental da rede, propiciando rápida atuação do sistema automático de seccionamento ou proteção. Também tem o objetivo de promover proteção aos trabalhadores contra descargas atmosféricas que possam interagir ao longo do circuito em intervenção.

Esse procedimento deverá ser adotado a montante (antes) e a jusante (depois) do ponto de intervenção do circuito e derivações (se houver), salvo quando a intervenção ocorrer no final do trecho. O aterramento temporário deve ser retirado ao final dos serviços.

Nas subestações, por ocasião da manutenção dos componentes, conecta-se os componentes do aterramento temporário à malha de aterramento fixa já existente.

Dispositivos de corrente de fuga

São dispositivos de proteção operados por corrente. Têm por finalidade desligar da rede de fornecimento de energia elétrica o equipamento ou instalação que eles protegem, na ocorrência de uma corrente de fuga que exceda determinado valor. Exemplo: Dispositivo Diferencial-Residual (DDR) (Figura 9).

Figura 9 – Dispositivo Diferencial-Residual (DDR).



Fonte: <https://www.bhseletronica.com.br/disjuntor-diferencial-residual.php>.

Acesso em: 09 mai. 2022.



Equipotencialização

Para que a corrente elétrica passe através do corpo humano, é necessário que haja uma diferença de potencial entre duas partes do corpo. No sistema de proteção de equipotencialização, não há diferença de potencial entre essas partes (são equipotenciais). Todas as massas de uma instalação devem estar ligadas a condutores de proteção.

A equipotencialização é, portanto, o procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando obter a equipotencialidade necessária para os fins desejados.

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.

Seccionamento automático da alimentação

O seccionamento automático da alimentação é destinado a evitar que uma tensão de contato superior à tensão de contato limite se mantenha por um tempo tal que possa resultar em risco de efeito fisiológico adverso para pessoas e animais.

O seccionamento automático é fundamental para:

- Proteção de contatos diretos e indiretos de pessoas e animais;
- Proteção do sistema com altas temperaturas e arcos elétricos;
- Quando as correntes ultrapassarem os valores estabelecidos para o circuito;
- Proteção contra correntes de curto-circuito; e
- Proteção contra sobretensões.



Procedimentos em instalações desenergizadas

Desenergização ou seccionamento

A desenergização é um conjunto de ações coordenadas, sequenciadas e controladas, destinadas a garantir a efetiva ausência de tensão no circuito, trecho ou ponto de trabalho, durante todo o tempo de intervenção e sob controle dos trabalhadores envolvidos.

Os serviços a serem executados em instalações elétricas desligadas, mas com possibilidade de energização, por qualquer meio ou razão, devem atender ao que estabelece o disposto no item 10.6 da NR-10, que diz respeito à segurança em instalações elétricas energizadas.

Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados, obedecida a seqüência abaixo (NR-10, 10.5.1):

- Seccionamento;
- Impedimento de reenergização;
- Constatação da ausência de tensão;
- Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada; e
- Instalação da sinalização de impedimento de reenergização.



Bloqueios e impedimentos de reenergização

Bloqueio é a ação destinada a manter, por meios mecânicos, um dispositivo de manobra fixo (chaves, interruptores) numa determinada posição, de forma a impedir uma ação não autorizada. Geralmente, são utilizados cadeados.

Figura 10 – Etiqueta de sinalização de bloqueio.



Fonte: <https://revistacipa.com.br/voce-utiliza-os-equipamentos-de-bloqueio-e-etiquetagem-de-forma-correta/>. Acesso em: 09 mai. 2022.

Tensão extrabaixa

Como visto anteriormente, a tensão extrabaixa é a tensão não superior a 50 volts em corrente alternada ou 120 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra. A NR-10 não é aplicável a instalações elétricas alimentadas por tensão extrabaixa (NR-10, 10.14.6).

É definida como:

SELV (separated extra-low voltage)

Sistema de tensão extrabaixa que é eletricamente separado da terra e de outros sistemas, de tal modo que a ocorrência de uma única falta não resulte em risco de choque elétrico.



PELV (protected extra-low voltage)

Sistema de tensão extrabaixa que não é eletricamente separado da terra, mas que preenche, de modo equivalente, todos os requisitos de um SELV.

Os circuitos SELV não têm qualquer ponto aterrado nem massas aterradas. Os circuitos PELV podem ser aterrados ou ter massas aterradas.

Dependendo da tensão nominal do sistema SELV ou PELV e das condições de uso, a proteção básica é proporcionada por:

- Limitação da tensão; ou
- Isolação básica ou uso de barreiras ou invólucros.

Barreiras e Invólucros

O uso de barreiras ou invólucros, como meio de proteção básica, destina-se a impedir qualquer contato com partes vivas. A barreira é um dispositivo que impede qualquer contato com partes energizadas das instalações elétricas (por exemplo, telas de proteção com parafusos de fixação e tampas de painéis). O invólucro é o dispositivo ou componente envoltório de partes energizadas destinado a impedir qualquer contato com as partes internas (por exemplo, quadros, caixas, gabinetes, painéis, etc.).

As partes vivas devem ser confinadas no interior de invólucros ou atrás de barreiras que garantam grau de proteção no mínimo visando impedir que as partes energizadas sejam acessadas pelos dedos ou pela inserção de objeto de diâmetro igual ou superior 12,5 mm.

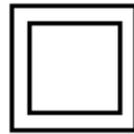
Isolamento das partes vivas, isolamento dupla ou reforçada

Isolamento das partes vivas: São elementos construídos com materiais não condutores de eletricidade que têm por objetivo isolar condutores ou outras partes da estrutura que estão energizadas, para que os serviços possam ser executados com efetivo controle dos riscos para o trabalhador. Esses elementos devem ser compatíveis com os níveis de tensão do serviço. São exemplos de dispositivos isolantes das partes energizadas: cobertura isolante, manta isolante e tapete isolante.



Isolação dupla ou reforçada: Este tipo de proteção é normalmente aplicada a equipamentos portáteis (por exemplo, furadeiras elétricas manuais), para permitir uma confiabilidade maior do que aquela oferecida apenas pelo aterramento elétrico. Deve ser tomado um cuidado especial com relação aos defeitos nos cabos de alimentação e suas ligações ao aparelho. Essa proteção é realizada, quando utilizamos uma segunda isolação, para suplementar aquela normalmente utilizada, e para separar as partes vivas do aparelho de suas partes metálicas. O símbolo utilizado para identificar esse tipo de proteção é mostrado na Figura 11:

Figura 11 – Símbolo de isolação dupla ou reforçada.



Fonte: NBR 5410.

Colocação fora de alcance, obstáculos e anteparos

Colocação fora do alcance: São as distâncias mínimas a serem obedecidas nas passagens destinadas à operação e/ou manutenção, quando for assegurada a proteção parcial por meio de obstáculos. Essas distâncias são consideradas um meio de proteção parcial contra choques elétricos.

Obstáculos: são destinados a impedir o contato involuntário com partes vivas (por exemplo, correntes, fitas, cordões, cones, etc.), mas não o contato que pode resultar de uma ação deliberada de ignorar ou contornar o obstáculo.

Anteparos: São elementos que servem para proteger ou resguardar alguém ou alguma coisa.



Separação elétrica

De acordo com a NBR 5410, é uma medida de proteção contra choques elétricos que consiste no uso de um transformador de separação cujo circuito secundário é isolado da terra (nenhum condutor vivo aterrado, tampouco o neutro). Ao contrário da proteção por seccionamento automático da alimentação, ela não se presta a uso generalizado, sendo uma medida de aplicação mais pontual, de acordo com a sua natureza. Exemplo de instalações que possuem separação elétrica são salas cirúrgicas de hospitais.

Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)

Objetivo e constituição

De acordo com a NR-5, a CIPA tem por objetivo a prevenção de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho, de modo a tornar compatível permanentemente o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador. É constituída por representantes do empregador (indicados) e dos empregados (eleitos), em igual número, sendo composta por titulares e suplentes. Após a eleição, a CIPA deverá ser registrada no Ministério do Trabalho. O mandato dos membros eleitos para a CIPA terá a duração de um ano, sendo permitida uma reeleição.



Organização e atribuições

Segundo a NR-5 (BRASIL, 2021, p. 2), a CIPA tem por atribuição:

- a) acompanhar o processo de identificação de perigos e avaliação de riscos bem como a adoção de medidas de prevenção implementadas pela organização;
- b) registrar a percepção dos riscos dos trabalhadores, em conformidade com o subitem 1.5.3.3 da NR-01, por meio do mapa de risco ou outra técnica ou ferramenta apropriada à sua escolha, sem ordem de preferência, com assessoria do Serviço Especializado em Segurança e em Medicina do Trabalho - SESMT, onde houver;
- c) verificar os ambientes e as condições de trabalho visando identificar situações que possam trazer riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores;
- d) elaborar e acompanhar plano de trabalho que possibilite a ação preventiva em segurança e saúde no trabalho;
- e) participar no desenvolvimento e implementação de programas relacionados à segurança e saúde no trabalho;
- f) acompanhar a análise dos acidentes e doenças relacionadas ao trabalho, nos termos da NR-1 e propor, quando for o caso, medidas para a solução dos problemas identificados;
- g) requisitar à organização as informações sobre questões relacionadas à segurança e saúde dos trabalhadores, incluindo as Comunicações de Acidente de Trabalho - CAT emitidas pela organização, resguardados o sigilo médico e as informações pessoais;
- h) propor ao SESMT, quando houver, ou à organização, a análise das condições ou situações de trabalho nas quais considere haver risco grave e iminente à segurança e saúde dos trabalhadores e, se for o caso, a interrupção das atividades até a adoção das medidas corretivas e de controle; e
- i) promover, anualmente, em conjunto com o SESMT, onde houver, a Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho - SIPAT, conforme programação definida pela CIPA.



Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC)

Equipamentos de Proteção Individual em instalações elétricas

Segundo a NR-6, considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

De acordo com a NR-10, nos trabalhos em instalações elétricas, quando as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados equipamentos de proteção individual específicos e adequados às atividades desenvolvidas, em atendimento ao disposto na NR-6. As vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades, considerando-se a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas. É vedado o uso de adornos pessoais nos trabalhos com instalações elétricas ou em suas proximidades. São exemplos de EPIs, de acordo com a NR-6:



CAPACETE

Figura 12 – Capacetes de segurança, capacete de segurança com protetor facial, touca para prender os cabelos, carneiras e jugular.



Fonte: <https://www.ggkitborrachas.com.br/produtos/capacete-seguranca-acoplado-protetor-facial-abafador.php>. Acesso em: 09 mai. 2022.

CAPUZ

Figura 13 – Capuz de segurança.



Fonte: <https://consultaca.com/28786>. Acesso em: 09 mai. 2022.



ÓCULOS

Figura 14 – Óculos de segurança.



Fonte: <https://safetytrab.com.br/produto/oculos-de-seguranca-rj-incolor-poli-ferr-ca-34082/>. Acesso em: 09 mai. 2022.

PROTETOR FACIAL

Figura 15 – Protetores faciais de segurança.



Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.).

PROTETOR AUDITIVO

Figura 16 – Protetores auditivos tipo concha e tipo inserção pré-moldados e moldáveis (plug).



Fonte: <https://zonaderisco.blogspot.com/2017/07/protetores-auditivos-vida-util-e.html>. Acesso em: 09 mai. 202.



RESPIRADOR PURIFICADOR DE AR

Figura 17 – Respiradores purificadores de ar e filtro.



Fonte: <https://www.profiltros.com.br/produtos/filtro-de-ar/respirador-purificador-de-ar-com-filtro>. Acesso em: 09 mai. 2022.

LUVA

A luva isolante de borracha é utilizada para proteção das mãos e braços contra choque em trabalhos e atividades com circuitos elétricos energizados. Deve ser usada com a luva de vaqueta como cobertura para protegê-la de qualquer atrito, já que é fina e pode se rasgar facilmente.

Figura 18 – Luvas isolantes de borracha e de vaqueta.



Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.).



CREME PROTETOR

Figura 19 – Cremes protetores



Fonte: <https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/seguranca/epira-equipamentos-de-seguranca/produtos/seguranca-e-protecao/cremes-e-protetores-para-pele>. Acesso em: 09 mai. 2022.

MANGAS

Figura 20 – Mangas de segurança.



Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.).



CALÇADOS

Figura 21 – Calçados de proteção.



Fonte: <https://vienairon.com.br/seguranca-em-foco/protecao-para-os-pes/>.
Acesso em: 09 mai. 2022.

CALÇAS

Figura 22 – Calças de segurança.



Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.).



MACACÃO

Figura 23 – Macacões de segurança.



Fonte: https://www.lojadoepi.com/produtos/conjunto-eletricista-nr-10-anti-chama-com-faixa-refletiva/?pf=gs&gclid=CjwKCAjw9-KTBhBcEiwAr19igwbCc9CGoXM5x6JkNbECtVblCrmOyADIkI9Cl2As9AFTbE547uIvEhoCvNkQAvD_BwE. Acesso em: 09 mai. 2022.

CONJUNTO

Figura 24 – Conjuntos de segurança.



Fonte: <https://www.ggkitborrachas.com.br/produtos/conjunto-impermeavel-seguranca.php>. Acesso em: 09 mai. 2022.



VESTIMENTA DE CORPO INTEIRO

Figura 25 – Vestimentas de segurança.



Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.).

DISPOSITIVO TRAVA-QUEDA

Figura 26 – Trava-quedas, talabartes de segurança e corda de segurança para trava-queda e balancim.



Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.).



CINTURÃO

Figura 27 – Cinturões de segurança com talabarte.



Fonte: <https://www.superepi.com.br/cinturao-de-seguranca-com-talabarte-duplo-em-y-vicsa-vic20529-vic23605-ca35-613-p1050510>. Acesso em: 09 mai. 2022.

Equipamentos de Proteção Coletiva em instalações elétricas

CONES DE SINALIZAÇÃO

Figura 28 – Cones de sinalização.



Fonte: <http://www.deck.com.br/a4e64/cone-de-sinalizacao-50-e-75-cm>. Acesso em: 09 mai. 2022.



CORRENTE DE SINALIZAÇÃO

Figura 29 – Corrente de sinalização.



Fonte: https://safeparksinalizacao.com/produtos/detalhes/corrente-plastica-zebrada-elo-grande/?gclid=CjwKCAjw9-KTBhBcEiwAr19igw54p9N9MUTCJ-IELrq5yBwrS5vxRuvKCQEpyPMHKfdOg2ybikW0bhoCKz8QAVD_BwE. Acesso em: 09 mai. 2022.

FITA DE SINALIZAÇÃO

Figura 30 – Fita de sinalização.



Fonte: https://safeparksinalizacao.com/produtos/detalhes/fita-zebrada-200m/?gclid=CjwKCAjw9-KTBhBcEiwAr19igwWECYV_KNgS3bWLRw6mVbJvzqS-N6xGmpC86HpQm61iOQei-Kc0kRoCGhoQAVD_BwE. Acesso em: 09 mai. 2022.



GRADE DOBRÁVEL/CAVALETE

Figura 31 – Grade dobrável e cavalete.



Fonte: <https://www.iw8.com.br/produto/placa-cavelete-barreira-perimetral-isolamento-contencao-sinalizacao.html>. Acesso em: 09 mai. 2022.

SINALIZADOR ESTROBO

Figura 32 – Sinalizador estrobo.



Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.).



BANQUETA ISOLANTE

Figura 33 – Banqueta isolante.



Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.).

MANTA ISOLANTE/COBERTURA ISOLANTE

Figura 34 – Manta isolante e cobertura isolante.



Fonte: manual de treinamento NR-10 (CPNSP, s.d.).



DISPOSITIVO BLOQUEIO E ETIQUETAGEM

Os dispositivos de bloqueio mantêm, por meios mecânicos, um dispositivo de manobra fixo numa determinada posição, de forma a impedir uma ação não autorizada. A etiqueta fornece informações referentes ao bloqueio.

Figura 35 – Dispositivos de bloqueio e etiquetagem.



Fonte: <https://www.tagout.com.br/blog/4-razoes-para-incluir-o-processo-de-bloqueio-e-etiquetagem-na-operacao/>. Acesso em: 09 mai. 2022.

As medidas de proteção coletiva compreendem, prioritariamente, a desenergização elétrica conforme estabelece a NR-10 e, na sua impossibilidade, o emprego de tensão de segurança (BRASIL, 2019, p.2). Tensão de segurança é a medida que emprega a tensão extrabaixa originada em uma fonte de segurança (BRASIL, 2019, p.13).

Na impossibilidade de implementação das medidas de segurança de desenergização e tensão de segurança, devem ser utilizadas outras medidas de proteção coletiva, tais como: isolamento das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação, bloqueio do religamento automático (BRASIL, 2019, p.2).

O aterramento das instalações elétricas deve ser executado conforme regulamentação estabelecida pelos órgãos competentes e, na ausência desta, deve atender às Normas Internacionais vigentes (BRASIL, 2019, p.2).



As normas técnicas referem-se aos esquemas de aterramento, que consistem da forma como os circuitos elétricos se relacionam com o potencial de terra (TN, TT e IT), tratado na NBR 5410 no item 4.2.2.2.

Existem outros usos do sistema de aterramento que servem para proteger as edificações, estruturas comuns e especiais, equipamentos e pessoas contra a incidência direta dos raios. Os Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) são tratados na NBR 5419.

Documentação de instalações elétricas

De acordo com a NR-10 (BRASIL, 2019, p. 1) (itens 10.2 – Medidas de Controle e 10.14 – Disposições Finais):

Em todas as intervenções nas instalações elétricas, devem ser adotadas medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais, mediante técnicas de análise de risco, de forma a garantir a segurança e saúde no trabalho (BRASIL, 2019, p. 1).

As medidas de controle adotadas devem integrar-se às demais iniciativas da empresa, no âmbito da preservação da segurança, da saúde e do meio ambiente do trabalho (BRASIL, 2019, p. 1).

As empresas estão obrigadas a manter esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos com as especificações do sistema de aterramento e demais equipamentos e dispositivos de proteção (BRASIL, 2019, p. 1).

Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo, além do disposto no subitem 10.2.3, no mínimo: (BRASIL, 2019, p. 1).

- a) Conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, implantadas e relacionadas a esta NR e descrição das medidas de controle existentes;
- b) Documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos;



- c) Especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual e o ferramental, aplicáveis conforme determina esta NR;
- d) Documentação comprobatória da qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos profissionais e dos treinamentos realizados;
- e) Resultados dos testes de isolamento elétrica realizados em equipamentos de proteção individual e coletiva;
- f) Certificações dos equipamentos, dispositivos e acessórios elétricos aplicados em áreas classificadas; e
- g) Relatório técnico das inspeções atualizadas com recomendações, cronogramas de adequações, contemplando as alíneas de “a” a “f”.

As empresas que operam em instalações ou equipamentos integrantes do sistema elétrico de potência devem constituir prontuário com o conteúdo do item 10.2.4 e acrescentar ao prontuários os documentos a seguir listados: (BRASIL, 2019, p. 2)

- a) Descrição dos procedimentos para emergências; e
- b) Certificações dos equipamentos de proteção coletiva e individual.

As empresas que realizam trabalhos em proximidades do Sistema Elétrico de Potência devem constituir prontuário contemplando as alíneas “a”, “c”, “d” e “e”, do item 10.2.4 e alíneas “a” e “b”, do item 10.2.5 (BRASIL, 2019, p. 2).

O Prontuário de Instalações Elétricas deve ser organizado e mantido atualizado pelo empregador ou pessoa formalmente designada pela empresa, devendo permanecer à disposição dos trabalhadores envolvidos nas instalações e serviços em eletricidade (BRASIL, 2019, p. 2).

Os documentos técnicos previstos no Prontuário de Instalações Elétricas devem ser elaborados por profissional legalmente habilitado (BRASIL, 2019, p. 2).

A documentação prevista nesta NR deve estar permanentemente à disposição dos trabalhadores que atuam em serviços e instalações elétricas, respeitadas as abrangências, limitações e interferências nas tarefas (BRASIL, 2019, p. 11).

A documentação prevista nesta NR deve estar, permanentemente, à disposição das autoridades componentes (BRASIL, 2019, p. 11).



Resumo

Segurança no Trabalho é o conjunto de medidas que são adotadas visando minimizar ou prevenir acidentes de trabalho e doenças ocupacionais, bem como proteger a integridade física e a capacidade de trabalho do trabalhador que se encontra sob riscos ambientais. Os procedimentos de segurança em instalações e serviços envolvendo eletricidade é regido pela NR-10, que estabelece os requisitos e condições mínimas, objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. Além dessa, tem-se a NR-5 (CIPA) e a NR-6 (EPI) que contribuem ainda mais para aumentar o nível de segurança nos serviços com eletricidade, garantindo, assim, que todos os trabalhadores adotem um comportamento seguro, sem desafiar os riscos originários desta atividade.



Referências

ABNT. **NBR 5410**: Instalações elétricas em baixa tensão. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/jeangaldino/disciplinas/2015.1/instalacoes-eletricas/nbr-5410>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

ARAÚJO, Wellington Tavares de. **Manual de segurança do trabalho**. São Paulo: DCL, 2010.

BRASIL. **NR 5** - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/s-ecretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-05-atualizada-2021-1.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

_____. **NR 10** - Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/s-ecretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

CPNSP - Comissão Tripartite Permanente de Negociação do Setor Elétrico do Estado de São Paulo. **Norma Regulamentadora nº 10** - Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Manual de treinamento. São Paulo: CPNSP, s.d. Disponível em: <<http://tele.sj.ifsc.edu.br/~pedroarmando/Manual%20NR-10.pdf>> Acesso em: 05 mai. 2022.

CRESPO, Patricia Grassini. **Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho**. Indaiá: Uniasselvi, 2012. 126p.

GONDIM, Priscylla Cinthya Alves. **Apostila de Segurança do Trabalho**. 1ª ed. Mossoró/RN: IFRN, 2016. Disponível em: <<https://www.professoraprisicylla.com.br>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

GONÇALVES, Edwar Abreu. **Manual de segurança e saúde no trabalho**. 4ª ed. São Paulo: LTr, 2008.

Instalações elétricas de baixa tensão

Jean Carlos
da Silva Galdino



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



Apresentação

Prezado aluno,

Você já se deparou com um fio pendurado, uma lâmpada queimada, uma tomada quebrada, uma instalação em curto-circuito? Mas como isso é possível? Como ocorre? Como se resolve? Quem resolve? Nesta disciplina você obterá respostas para essas e mais algumas questões que envolvem as práticas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Ela é parte importantíssima para a formação do eletricista a medida que apresenta fundamentos teóricos e práticos visando o dimensionamento e a especificação de materiais elétricos utilizados em edificações alimentadas com energia elétrica de baixa tensão, bem como a instalação e a manutenção delas, além de fornecer ferramentas para a elaboração, a interpretação e a execução de projetos de instalações elétricas de baixa tensão. Nesse sentido, esta disciplina tem como objetivo contribuir na sua formação como profissional de eletricidade, para que você seja capaz de projetar, executar e reparar instalações elétricas de baixa tensão residenciais ou comerciais, em consonância com as normas técnicas da ABNT e com as normas regulamentadoras da concessionária local, prezando pela segurança e em conformidade com os desenhos e projetos da instalação.

Sistema elétrico: concepção geral

O sistema elétrico brasileiro é composto por quatro segmentos: a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização. Ele é responsável por levar energia elétrica em forma de tensão e corrente do tipo alternada para as nossas casas, comércios, indústrias a fim de alimentar os nossos equipamentos de uso geral e específicos, carregar nossos celulares, fazer funcionar nossos eletrodomésticos, etc. Ele se configura como vários sistemas interligados em uma única malha chamado de SIN (Sistema Interligado Nacional) e operado pela ONS (Operador Nacional do Sistema).

Geração

A geração de energia elétrica se dá através de usinas elétricas de fontes hidráulicas, térmicas, nucleares, eólicas e solares, em sua maioria de forma centralizada, mas a

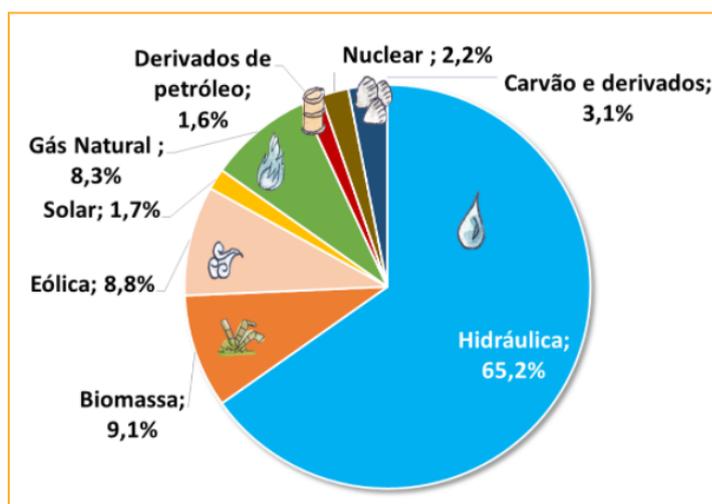


geração distribuída tem crescido nos últimos anos. Neste segmento do setor elétrico, atuam os poderes públicos e a iniciativa privada como autoprodutores ou produtores independentes.

Matriz elétrica

A matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica em um país, estado ou no mundo. A matriz elétrica brasileira é formada em grande parte por fontes renováveis, pois grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas. A Figura 1 apresenta o balanço de energia elétrica nacional feito pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), dados de 2021 (BEN, 2021); (EPE, 2022).

Figura 1 – Contribuição da geração de energia elétrica no Brasil em 2021.



Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN, 2021), disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 14 de março de 2022.

Transmissão

É a transmissão da energia da geração até a distribuição ou consumo final, que é feita por empresas públicas ou privadas que detêm os lotes de transmissão. No Brasil, o sistema de transmissão de energia elétrica é constituído por várias linhas de transmissão interconectadas e espalhadas por todo o país. Esse sistema interligado é denominado de SIN (Sistema Interligado Nacional).



Linhas de transmissão

As linhas de transmissão são utilizadas para transportar grandes quantidades de energia elétrica da usina, normalmente localizadas distante dos consumidores finais, até os centros consumidores. Elas têm origem na subestação elevadora nas proximidades da usina e acabam nas subestações abaixadoras nos centros consumidores.

Distribuição

A distribuição é feita pela concessionária local responsável pela distribuição da energia elétrica ao consumidor final e começa após a redução dos seus níveis de tensão. Ela opera em rede elétrica primária – redes de média tensão para atender grandes consumidores – ou em redes secundárias – redes de baixa tensão para atender os consumidores residenciais. Estas redes proporcionam condições para que a energia elétrica chegue até o consumidor. A Figura 2 mostra em detalhes o sistema elétrico desde a geração até o consumo final.

Figura 2 – Sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.



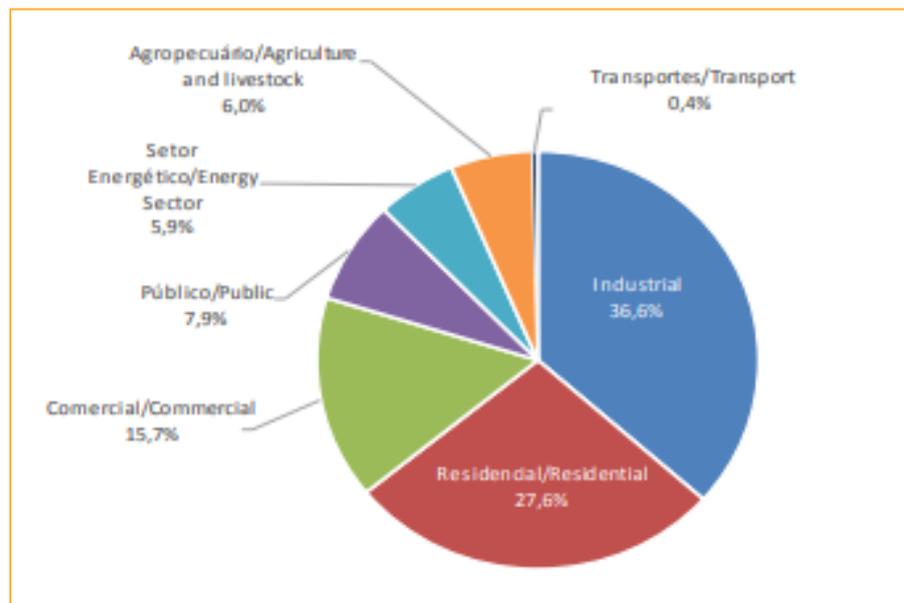
Fonte: adaptado de: Instalações Elétricas Prediais (CAVALIN e CERVELIN, 2013).



Comercialização

Consiste na compra e venda de energia elétrica. No setor elétrico brasileiro, as negociações acontecem em dois ambientes de contratação de energia: Ambiente de Contratação Regulada – ACR e Ambiente de Contratação Livre – ACL. Estes ambientes objetivam atender os consumidores cativos e os consumidores livres. De uma forma ou de outra, a comercialização de energia está intimamente ligada à participação dos setores no consumo de energia elétrica nacional, conforme apresentado no gráfico da Figura 3.

Figura 3 – Participação setorial no consumo de energia elétrica.



Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN, 2021), disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>.

Acesso em: 14 de março de 2022.

Condutores elétricos

São materiais com propriedade de conduzir a energia elétrica (condutividade). Em instalações elétricas, esses materiais possuem o metal como principal componente. O metal mais utilizado na fabricação de condutores elétricos para instalações residenciais, comerciais e industriais é o cobre. Porém, existem outros materiais que



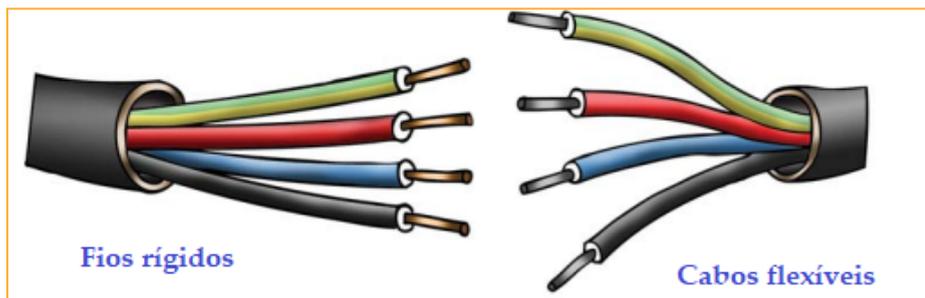
também possuem elevada condutividade, como chumbo, bronze, alumínio, platina, latão, prata e ouro. Destes, o alumínio também tem uso frequente em instalações elétricas.

Tipos, especificações, emendas

Tipos de condutores

Os fios e os cabos elétricos são os tipos mais comuns de condutores elétricos. O fio é um condutor sólido, maciço (comercialmente conhecido como fio rígido), provido de isolamento e usado diretamente como condutor de energia elétrica, enquanto o cabo é um conjunto de fios reunidos, isolados ou não entre si, para formar um condutor elétrico. A Figura 4 apresenta a ilustração gráfica dos tipos de condutores elétricos.

Figura 4 – Tipos de condutores elétricos.



Fonte: adaptado de: Projeto BipBop Brasil. Disponível em:
<www.schneider-electric.com.br/bipbop>.

O condutor elétrico flexível é o preferido nas instalações elétricas residenciais, por ser de mais fácil passagem no interior de eletrodutos. Como o caminho por onde os condutores passam pode conter curvas nos condutos e encontros nas caixas de passagem instaladas, nas paredes ou no teto da edificação, a utilização de fios rígidos torna-se uma tarefa difícil. Os condutores com isolamento possuem materiais isolantes aplicados sobre o condutor, característica importante que permite isolar os fios de outros condutores e do ambiente, protegendo as pessoas, os equipamentos e a própria fiação contra ações mecânicas. Tal isolamento pode conter uma ou mais camadas de materiais isolantes e alguns tipos específicos possuem, ainda, camadas de materiais semicondutores com a finalidade de concentrar o campo elétrico dentro do fio.



Especificações de condutores

Em relação à escolha, cada condutor é construído especificamente para a aplicação. Por exemplo, a depender da tensão, os condutores podem ser para baixa, média ou alta tensão (em nosso curso, focaremos nos condutores para baixa tensão).

Independentemente do uso do condutor (se para uso geral ou se para uso específico), eles devem atender à seção mínima, à capacidade de condução de corrente elétrica, entre outros. Para especificar os condutores adequados, precisamos da previsão de cargas da instalação elétrica e precisamos conhecer a extensão do circuito e os tipos de dutos em que eles serão alojados. Com essas informações, será possível definir o modelo do condutor e sua seção transversal, bem como o tipo de isolamento necessário etc. Assim, para cada aplicação, devemos especificar o tipo de condutor, a classe de encordoamento, o material isolante e a classe de isolação de acordo com a norma específica.

Emenda de condutores

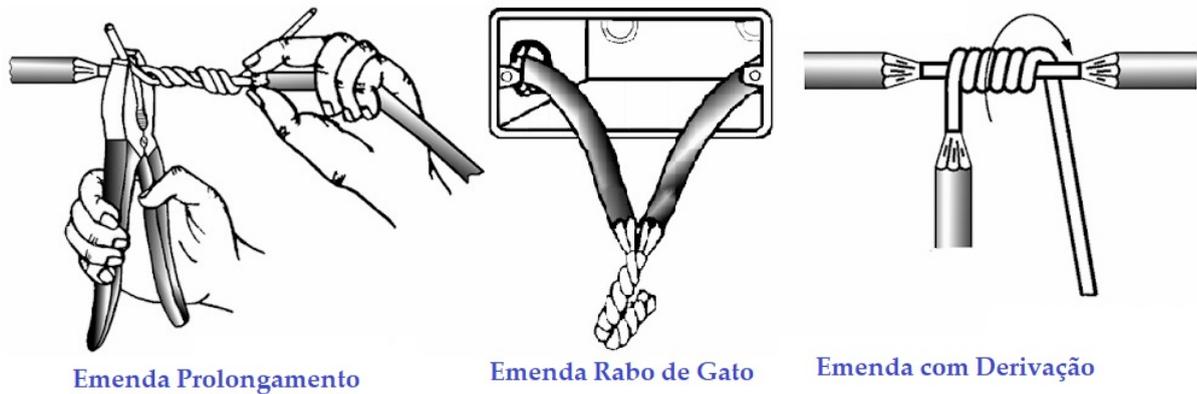
As emendas de fios e cabos são estratégias que permitem a união de dois ou mais condutores de um circuito. Elas devem garantir a passagem de corrente entre os condutores sem provocar aquecimento excessivo, a resistência mecânica suficiente para o tipo de instalação e o isolamento, no mínimo, igual ao dos condutores emendados. Alguns tipos mais utilizados são e suas aplicações são:

1. Emendas em prosseguimento: quando a extensão da linha é superior à do condutor disponível. Consiste em unir condutores para prolongar a linha e é aplicada em instalações de linha aberta;
2. Emendas em derivação: quando estamos conectando um ramal a uma região intermediária do condutor principal;
3. Emendas rabo de gato: utilizadas nas conexões feitas na caixa de passagem.

Esses tipos de emendas podem ser visualizados na Figura 5. Uma vez emendado, o processo de junção dos condutores é concluído soldando e isolando com fita isolante. Quando necessário, acomode também a caixa de passagem.



Figura 5 – Tipos de Emendas de condutores de eletricidade.

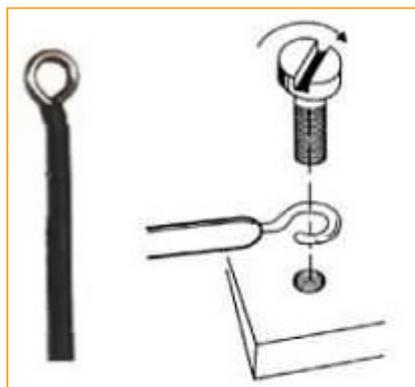


Fonte: adaptado de <<https://www.decorlux.com.br/aprenda-a-fazer-emendas-e-derivacoes-de-forma-segura>>. Acesso em 20 de março de 2022.

Conexões

Para conexão entre condutores elétricos e os bornes de um elemento da instalação, como dispositivos de proteção e controle, por exemplo, ou barramentos de um quadro de distribuição, devemos fazer um olhal no condutor, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Olhal feito no condutor rígido ou flexível.

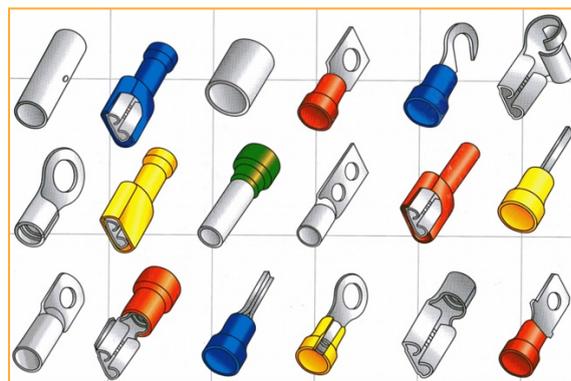


Fonte: adaptado de <<https://treinamentonr10.com/aprenda-a-fazer-todos-os-tipos-de-emendas-de-condutores-da-forma-correta>>. Acesso em: 20 de março de 2022.



A utilização de conectores elétricos, quando possível, é uma excelente opção para fazer a ligação do condutor com outros elementos da instalação elétrica. Existem vários modelos disponíveis de conectores, escolhidos de acordo com a bitola do fio e a sua aplicação. A Figura 7 mostra alguns tipos de conectores elétricos disponíveis no mercado.

Figura 7 – Tipos de conectores elétricos.



Fonte: <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/embalagens/hellermann-tyton/produtos/eletroeletronica/terminais-eletricos>>. Acesso em: 12 de março de 2022.

Dimensionamentos de condutores elétricos

O dimensionamento do condutor é um procedimento para definir a seção mínima dos condutores de um circuito que seja capaz de permitir a passagem da corrente elétrica sem provocar problemas na instalação (superaquecimento dos condutores, quedas de tensão acima dos limites definidos nas normas etc.). O dimensionamento do condutor deve, além dos motivos já citados, proteger contra sobrecargas, curtos-circuitos, choques elétricos e solicitações térmicas (CAVALIN; CERVELIN, 2014). Condutores subdimensionados e/ou de má qualidade prejudicam o fluxo da corrente elétrica, superaquecem e provocam o envelhecimento acelerado da isolação e, conseqüentemente, provocam danos à instalação elétrica.



Eletródutos

Eletróduto é o elemento da instalação elétrica destinado a abrigar os condutores elétricos (condutos), protegendo-os de ações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas (Cervelin e Cavalin, 2008).

Os eletródutos utilizados em instalações elétricas podem ser metálicos rígidos ou flexíveis e de PVC (cloreto de polivinila) rígidos ou flexíveis. Eles devem ser não propagadores de chama ou antichama e seu diâmetro deve ser especificado conforme os dados do projeto elétrico. Se for utilizado de maneira embutida (teto ou parede), pode ser leve, pesado, semipesado ou reforçado, conforme a espessura da parede. Para a interconexão ou conexão com os acessórios, os eletródutos podem ser rosqueáveis ou soldáveis. A Figura 8 mostra alguns tipos de eletródutos utilizados em instalações elétricas.

Figura 8 – Tipos de eletródutos.



Fonte: elaboração própria (2022).

A opção por um tipo ou outro de eletróduto depende da sua aplicação, por exemplo: o eletróduto corrugado flexível geralmente é utilizado em paredes pela facilidade que apresenta quando da execução da instalação elétrica, enquanto o eletróduto rígido é mais utilizado em ambientes externos, lajes e pisos. O dimensionamento dos condutos será abordado adiante.

Dispositivos de comandos das instalações elétricas

Os dispositivos de comando permitem o controle dos circuitos elétricos de forma segura e eficiente. Eles permitem ligar e desligar os circuitos e são fundamentais, por exemplo, para o controle da iluminação de uma edificação. Assim, o comando é a ação



destinada a efetuar a manobra que, por sua vez, é a mudança na configuração de um circuito de forma manual ou automática. A operação de um dispositivo de comando é a movimentação dos contatos móveis do seu circuito principal de uma posição para a outra (COTRIM, 2003).

Os dispositivos de comando ou manobra podem ser classificados em: dispositivo de baixa tensão (tensão igual ou inferior a 1000 V) ou de alta tensão (para circuitos alimentados com tensão superior a 1000 V). Eles também são classificados de acordo com o meio em que seus contatos se movimentam: a ar, a óleo, a vácuo etc., e quanto ao seu número de polos (unipolares, bipolares, tripolares) (COTRIM, 2003). Em instalações elétricas residenciais, os interruptores e os disjuntores são os dispositivos de comando mais utilizados. A Figura 9 mostra alguns exemplos de interruptores e disjuntores.

Figura 9 – Dispositivos de comando - Interruptores e disjuntores.



Fonte: adaptado de: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/conheca-os-principais-tipos-de-interruptores/>>. Acesso em 22 de março de 2022.

Dispositivos de proteção das instalações elétricas

As instalações elétricas devem conter dispositivos que garantam a segurança de pessoas, animais domésticos e bens contra danos que possam resultar da sua utilização e de sua degradação. Todas as instalações elétricas estão sujeitas a ações que podem ocasionar acidentes. Assim, os dispositivos de proteção das instalações elétricas exercem um papel fundamental na garantia da funcionalidade do sistema e na segurança das pessoas e



animais domésticos em quaisquer condições de operação. Eles são classificados em dispositivos de proteção contra sobrecorrentes e contra choques elétricos (CERVELIN; CARVALIN, 2008). Alguns dispositivos de proteção podem ser vistos na Figura 10, com destaque para os fusíveis e seus diversos tipos e para os disjuntores.

Os dispositivos de proteção contra sobrecorrente devem garantir a circulação da corrente nos circuitos em condições normais e interrompê-las em condições anormais, protegendo os circuitos contra sobrecargas e/ou correntes de curto-circuito. Já os dispositivos de proteção contra choque elétricos devem garantir que pessoas e os animais estejam protegidos contra choques elétricos, seja por contato acidental com parte viva ou por falhas da instalação.

Figura 10 – Dispositivos elétricos de proteção.



Fonte: elaboração própria (2022).

Podemos classificar os dispositivos de proteção como:

1. Dispositivos que protegem apenas contra curto-circuito, como os disjuntores eletromagnéticos e os fusíveis;
2. Dispositivos que protegem apenas contra sobrecarga, como os disjuntores térmicos e os relés térmicos;
3. Dispositivos que protegem contra sobrecarga e curto-circuito, como os disjuntores térmicos e eletromagnéticos.

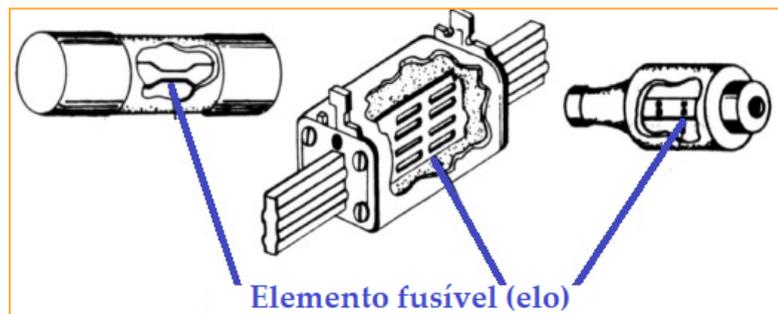
Fusíveis

Os fusíveis são os dispositivos de proteção de mais simples construção. Eles funcionam a partir da fusão do elemento fusível (elo) devido à passagem de uma elevada corrente



elétrica. O elo do fusível que se encontra internamente ao corpo do fusível pode ser visto na Figura 11. Ele é um fio ou uma lâmina, geralmente de cobre, prata, estanho, chumbo ou liga, que aparece de diversas formas, a depender de sua corrente nominal (COTRIM, 2003). Assim, quando o fusível é submetido a uma corrente superior à nominal, a sua temperatura interna se eleva. Caso esta temperatura atinja a temperatura de fusão, o elo se rompe e o fusível abre, impedindo a passagem de corrente por ele.

Figura 11 – Elemento fusível.



Fonte: elaboração própria (2022).

O preço é uma vantagem da utilização dos fusíveis, mas em compensação, eles são descartados em eventuais trocas (são descartáveis). As trocas de fusíveis podem gerar perda de tempo nas manutenções, já que é necessário requisitar os novos fusíveis antes da substituição. Eles são classificados de acordo com a tensão de operação (baixa ou alta) e de acordo com a sua resposta (rápida ou retardada).

Abaixo, você pode aprender alguns tipos de fusíveis:

1. Fusível do tipo D (Diazed) - utilizado em residências ou na indústria para correntes nominais de 2 a 63 A, capacidade de ruptura de 50 kA e tensão máxima de 500 V.
2. Fusível do tipo NH - utilizado na indústria para correntes normalizadas de 4 a 630 A, capacidade de ruptura de 120 kA e tensão máxima de 500 V.
3. Fusível Neozed - utilizado em instalações típicas residenciais, comerciais e industriais na proteção contra curto-circuito para correntes nominais de 2 a 63 A e tensão de 400 V. Ele possui tamanho reduzido com forma construtiva que proporciona proteção total contra toque acidental em sua montagem ou substituição.



4. Seccionador Minized - utilizado na manobra e proteção de circuitos elétricos, com os minifusíveis Neozed, suportam correntes nominais de até 63 A e tensão de 400 V. Eles são compactos, podendo ser: mono, bi ou tripolares.

O aspecto comercial destes fusíveis pode ser visto na *Figura 12*.

Figura 12 – Exemplos de tipo de fusíveis.



Fonte: elaboração própria (2022).

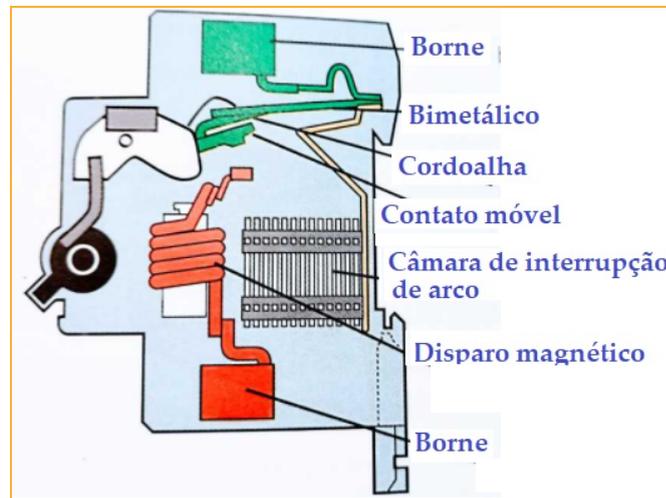
Disjuntores

Os disjuntores são dispositivos de manobra e proteção que interrompem a passagem da corrente na ocorrência de uma corrente elétrica elevada. Eles incorporam a mesma função do fusível, com a vantagem de poder ser reutilizado após um evento de desarme, o que não é possível com os fusíveis.

Os disjuntores podem abrir e fechar circuitos (dispositivo de manobra), proteger a fiação e os equipamentos das sobrecargas (dispositivo térmico) e proteger a fiação contra curto-circuito (dispositivo magnético). A *Figura 13* mostra a vista interna de um disjuntor tipo DIN.



Figura 13 – Vista interna do disjuntor tipo DIN.



Fonte: adaptado de Cervelin e Carvalin (2008).

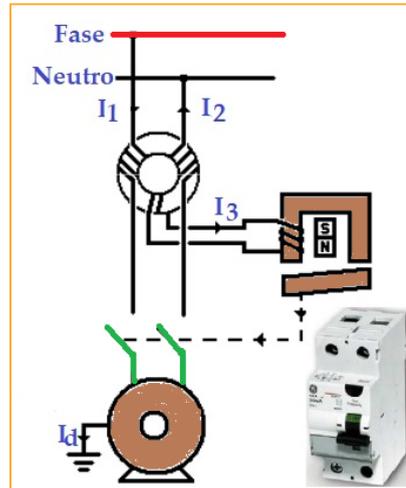
Dispositivo Diferencial Residual

O Dispositivo Diferencial Residual é utilizado para a proteção de pessoas e animais domésticos contra choques elétricos. É o único meio ativo para a proteção contra contato direto e o mais adequado para contatos indiretos, além de exercerem proteção contra incêndios e identificação da qualidade da instalação elétrica. Normalmente, eles são: Interruptores Diferenciais Residuais – IDR, Disjuntores com proteção Diferencial Residual incorporada – DDR ou blocos diferenciais acopláveis a disjuntores.

O princípio de funcionamento Dispositivo Diferencial Residual é baseado na detecção da soma vetorial das correntes dos condutores vivos (fase e neutro) em um determinado ponto do circuito. Quando essa corrente ultrapassa o valor da corrente diferencial-residual nominal do dispositivo, significa que há alguma fuga de corrente por falha no isolamento ou por toque de uma pessoa em algum condutor vivo, então ele desarma. Este dispositivo possui uma sensibilidade inversamente proporcional ao valor da corrente diferencial residual, podendo ser: de baixa sensibilidade, cuja corrente nominal é maior que 30 mA; e alta sensibilidade com corrente nominal menor ou igual a 30 mA.



Figura 14 – Disjuntor Diferencial Residual.



Fonte: elaboração própria (2022).

Quando um dispositivo DDR como da Figura 14 percebe uma corrente de falta, I_d , a corrente de retorno, I_2 , não será mais igual a corrente de entrada, I_1 . Essa diferença produz um fluxo magnético resultante diferente de zero que induz uma corrente elétrica, I_3 , no enrolamento de detecção. A corrente de detecção I_3 produz um fluxo magnético no relé maior que o gerado pelo ímã permanente, fazendo o relé atuar e, conseqüentemente, desligando o circuito.

A norma prevê a possibilidade de instalar o Disjuntor Diferencial Residual ou o Interruptor Diferencial Residual na proteção geral. Nesse caso, a proteção de todos os circuitos terminais pode ser feita com disjuntor termomagnético. Esta solução apresenta o inconveniente de desligar toda a instalação quando algum circuito apresentar corrente de fuga.

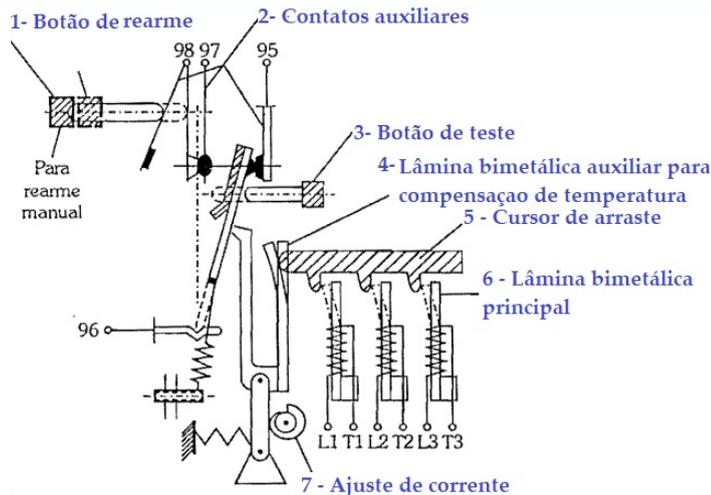
Relé térmico

O relé térmico de sobrecarga pode ser definido como um dispositivo que atua para correntes acima da corrente nele ajustada. Ele é um dispositivo que protege os motores elétricos de possíveis anomalias, como o sobreaquecimento devido a sobrecorrente. Ele funciona pelo princípio da deformação, dilatação térmica diferencial, de uma lâmina bimetálica. Assim, o relé térmico é ligado em série com as fases que alimentam o motor. Caso o valor da corrente esteja acima do valor ajustado no relé, o par bimetálico se aquecerá e se deformará, resultando na abertura dos contatos do relé e a conseqüente



abertura do circuito do motor. Os componentes principais do relé de sobrecarga são exibidos na Figura 15.

Figura 15 – Componentes do relé de sobrecarga.



Fonte: adaptado de: <https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/b/b0/Aula_5_Acionamentos_Eletricos_H7_reles_sobrecarga.pdf>. Acesso em 05 de abril de 2022.

Choque elétrico

É uma perturbação acidental que se manifesta no organismo humano, quando percorrido por uma corrente elétrica. A gravidade do acidente está ligada às características físicas da corrente e condições do acidente, tais como: natureza da corrente (contínua/alternada); frequência; resistência do corpo humano à passagem da corrente elétrica, percurso da corrente pelo corpo; e tempo de duração da passagem. Os perigos do choque elétrico podem ser mais danosos se a corrente transitar com maior intensidade pelo coração. O choque elétrico pode ser estático ou dinâmico, sendo este caracterizado por se tocar em um elemento da rede de energia elétrica. A NR-10 traz que: “...a tensão de toque é a tensão elétrica existente entre os membros superiores e inferiores do indivíduo, devido a um choque dinâmico”, conforme ilustrado na figura 16.



Figura 16 – Choque elétrico.

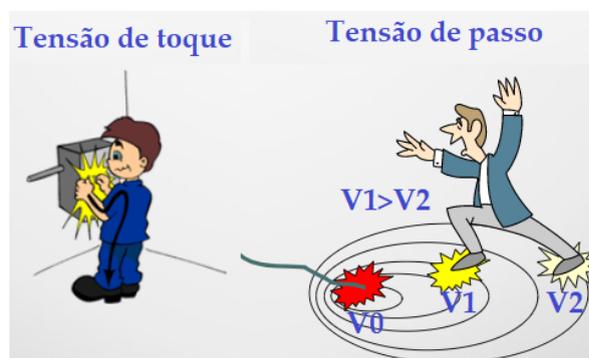


Fonte: adaptado de <<https://slideplayer.com.br/slide/1793227/>>.

Acesso em: 27 de março de 2022.

Devemos considerar como choque elétrico a tensão de passo que surge entre os pés de uma pessoa devido à diferença de potencial entre eles. A tensão de passo só ocorre em altas tensões, pois apenas ela é capaz de romper o dielétrico (isolação) do solo. Para tanto, é necessária uma descarga elétrica de grande potencial no solo em um determinado ponto, devido, por exemplo, a uma descarga atmosférica ou um cabo partido em contato com o solo. A Figura 17 apresenta exemplos de situações em que uma tensão alta ou uma descarga elétrica produzem, ao longo do seu raio de ação, uma ddp (diferença de potencial) responsável pelo choque.

Figura 17 – Tensão de toque e tensão de passo.



Fonte: adaptado de <<https://slideplayer.com.br/slide/1793227/>>.

Acesso em: 27 de março de 2022.



O mínimo de corrente elétrica que uma pessoa pode perceber é de 1 mA, quando em contato com a energia elétrica. Em situações em que uma pessoa fica submetida a corrente de 10 mA, ela perde o controle dos músculos, sendo difícil abrir as mãos para se livrar do contato. A faixa de valor mortal de corrente em nosso corpo está entre 10 mA e 3 A. A Figura 18 apresenta alguns efeitos físicos do choque elétrico em nosso corpo.

Figura 18 – Efeito físico do choque elétrico.

| Corrente (mA) | | Reações Fisiológicas habituais |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 500 mA |  | Parada cardíaca |
| 30 mA |  | Risco fibrilação cardíaca |
| 10 mA |  | Sem efeito perigoso até 5 segundos |
| 0,5 mA |  | Pequena contração muscular |
| 0,1 mA |  | Leve formigamento |

Fonte: disponível em: <http://anais.unespar.edu.br/xii_eepa/data/uploads/artigos/8-engenharia-do-trabalho/8-08.pdf>. Acesso em 01 de abril de 2022.

Prática de instalação elétrica

Ferramentas para o eletricista

Para poder trabalhar com instalações elétricas residenciais, precisamos de algumas ferramentas, necessárias para realizar os mínimos trabalhos de instalação ou reparo numa instalação elétrica. Os alicates são ferramentas indispensáveis e alguns tipos podem ser vistos na Figura 19. O alicate de bico é útil para dobrar ou puxar pontas dos conectores, o alicate de corte ajuda a cortar os cabos com habilidade e até descascá-los e o alicate universal apresenta as funções do alicate de bico e de pressão, servindo para cortar os cabos e apertar conectores.



Figura 19 – Tipos de alicates.



Fonte: elaboração própria (2022).

As chaves de fenda são importantes para conexão dos cabos nos diversos dispositivos da instalação elétrica. As pequenas são utilizadas em pequenos parafusos que prendem os condutores em terminais de interruptores e tomadas e as maiores, para os parafusos que fixam os interruptores nas caixas embutidas e os espelhos das tomadas e interruptores. As chaves estrela ajudam na instalação dos disjuntores e outros componentes das instalações elétricas. Alguns exemplos destas ferramentas são exibidos na Figura 20.

Figura 20 – Tipos de chaves.



Fonte: elaboração própria (2022).

Outras ferramentas importantes são: martelo, ferro de solda e fita isolante. O multímetro é indispensável para efetuar as medidas elétricas da instalação. A chave de teste ajuda na identificação dos condutores vivos e o alicate amperímetro nos permite



medir a corrente de uma determinada fase sem a necessidade de abrir o circuito e com segurança. Na Figura 21, podemos conhecer algumas destas ferramentas.

Figura 21 – Outras ferramentas para o eletricista.



Fonte: elaboração própria (2022).

Para passar os condutores de um cômodo ao outro através dos eletrodutos, os eletricistas e demais profissionais da área utilizam o cabo passa fio. Ele tem a função de guiar os condutores pelos eletrodutos e conduítes embutidos nas paredes, pisos e tetos da edificação. Segue um exemplo de passa fios na Figura 22.

Figura 22 – Passa fio.



Fonte: elaboração própria (2022).

O passa fio é formado por um fio chato preso a um suporte, enrolado em seu estado de repouso, com tamanhos padronizados de 10, 15, 20 e 30 metros de comprimento. A sua ponta traz um pequeno gancho para prender o condutor ou o conjunto de condutores antes de puxar por dentro dos condutos.



Utilização de esquemas elétricos

O esquema elétrico pode ser definido como a representação gráfica e simbólica dos circuitos. Em uma instalação elétrica, seja comercial, industrial ou residencial, utilizamos esquemas elétricos para elaborar e executar os projetos elétricos. Nestes, encontramos todas as informações da instalação. A finalidade de um projeto elétrico residencial é trazer a previsão detalhada da instalação; determinar os tipos, quantificar e localizar os componentes da instalação; definir o trajeto dos condutores e eletrodutos; e quantificar os materiais necessários para a sua execução (CERVELIN; CAVALIN, 2008).

Instalação de circuitos com interruptores simples duplos e triplos, paralelos e intermediários

A instalação de uma lâmpada requer um comando que determine se a lâmpada estará ligada ou desligada. Em instalações elétricas, este comando é comumente realizado por interruptores. Dependendo do esquema de ligação, o interruptor a ser utilizado para acionamento da lâmpada ou das lâmpadas pode ser: simples, duplo, triplo, paralelo ou intermediário. Nas seções seguintes, vamos detalhar algumas formas de acionamento de lâmpada que utilizam estes interruptores.

Lâmpada comandada por interruptor simples

A forma mais simples de acionar uma lâmpada é a que utiliza o esquema em que um interruptor simples comanda uma única lâmpada. A Figura 23 mostra este esquema utilizando um diagrama detalhado dos componentes do circuito e suas ligações.



Figura 23 – Diagrama multifilar do comando de uma lâmpada por um interruptor simples.

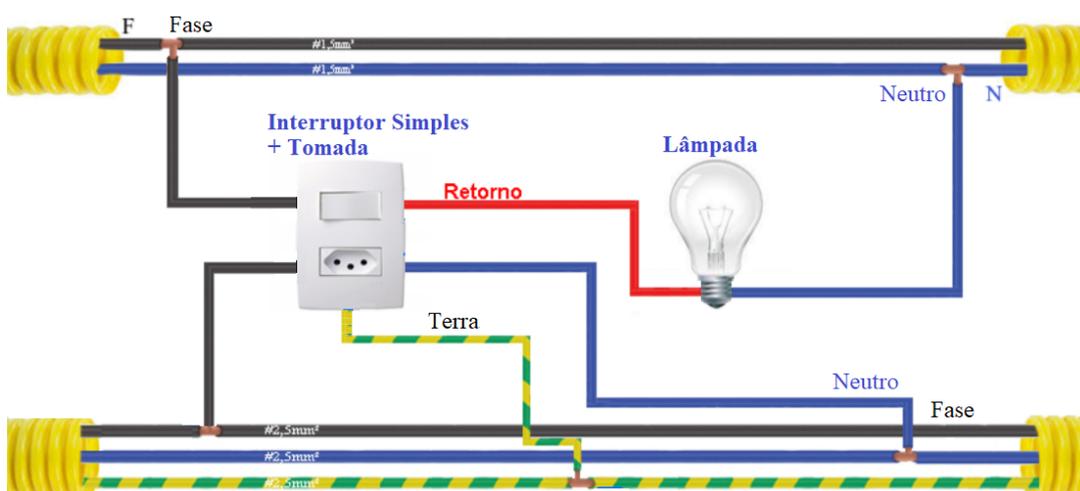


Fonte: elaboração própria (2022).

Lâmpada comandada por interruptor simples conjugado com uma tomada universal

Em alguns pontos da instalação elétrica, pode-se optar por colocar na mesma caixa um interruptor e uma tomada, ou seja, um dispositivo de comando e outro de força. Neste tipo de ligação, serão utilizados dois circuitos terminais (um para cada dispositivo), conforme diagrama elétrico apresentado na Figura 24.

Figura 24 – Interruptor e tomada conjugada acionando uma lâmpada.



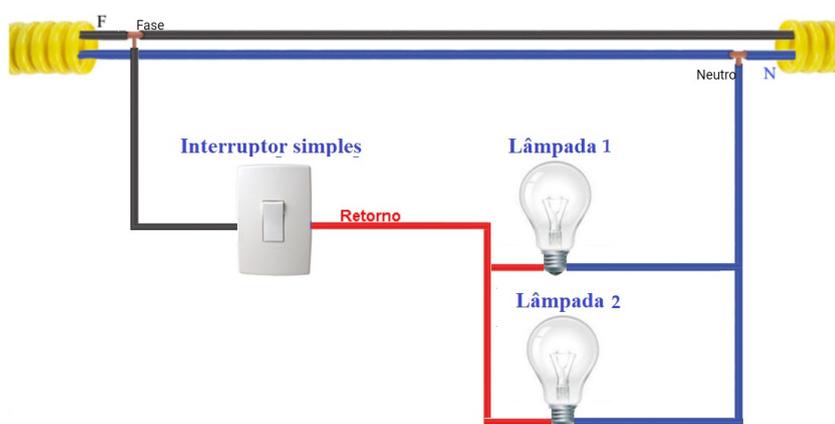
Fonte: elaboração própria (2022).



Duas ou mais lâmpadas com interruptor simples

Semelhante ao acionamento de uma lâmpada por um único interruptor, este esquema permite comandar, ao mesmo tempo, duas ou mais lâmpadas através de um único interruptor. A Figura 25 mostra, em diagrama multifilar, como executar esta ligação. Note que as lâmpadas estão ligadas em paralelo, de forma que, quando uma acender, a outra também acenderá.

Figura 25 – Interruptor simples acionando duas lâmpadas.



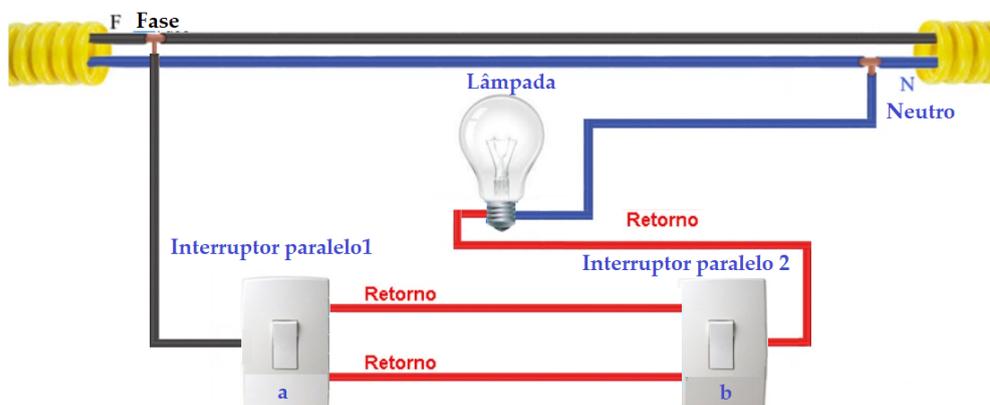
Fonte: elaboração própria (2022).

Lâmpada comandada de dois pontos (interruptores paralelos)

O esquema anterior permitia comandar, ao mesmo tempo, duas ou mais lâmpadas através de um único interruptor. Neste esquema, vamos comandar apenas uma lâmpada através de dois interruptores (*three-way*). Para isso, os interruptores não podem ser simples e sim paralelos, conforme podemos observar no diagrama multifilar mostrado na Figura 26. Na prática, este circuito é muito utilizado para acionar um ponto de luz em escadas, por exemplo. Note que neste esquema existem três retornos, uma fase e um neutro interligando os componentes desta instalação.



Figura 26 – Lâmpada comandada por dois pontos distantes.

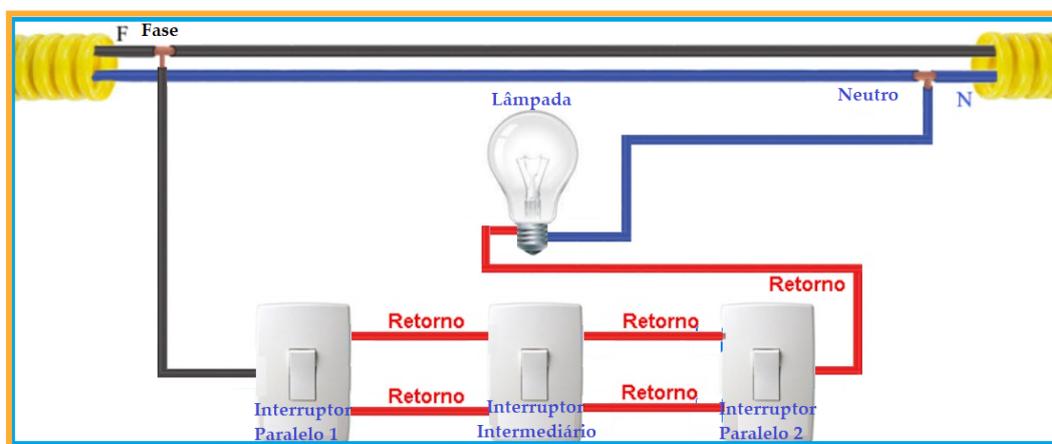


Fonte: elaboração própria (2022).

Lâmpada comandada de três ou mais pontos (paralelos + intermediários)

Com a mesma filosofia do esquema anterior, este esquema permite comandar um único ponto de luz de três interruptores diferentes, sendo dois paralelos e um intermediário (*four way*), como pode ser visto no diagrama apresentado na Figura 27. Note que neste esquema existem cinco retornos, uma fase e um neutro.

Figura 27 – Lâmpada comandada por três pontos distantes.



Fonte: elaboração própria (2022).



Acionamento de uma campainha

O esquema elétrico é semelhante ao acionamento de uma lâmpada por um interruptor simples. A diferença é que a carga não é mais uma lâmpada ou um conjunto de lâmpadas, mas sim um dispositivo sonoro, e o interruptor não é mais do tipo retentivo, mas sim do tipo pulsante. O esquema do acionamento de uma campainha pode ser conferido na Figura 28.

Figura 28 – Acionamento de uma campainha.



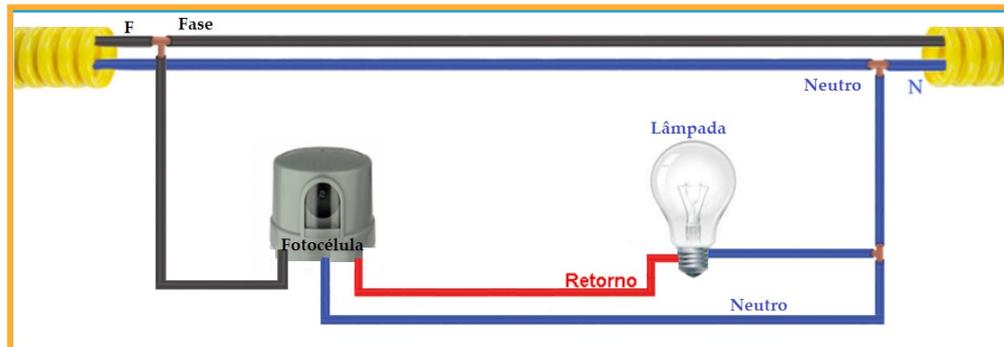
Fonte: elaboração própria (2022).

Acionamento automático de uma lâmpada

O acionamento de uma lâmpada por um sensor é semelhante ao acionamento por meio de um interruptor. A diferença é que a “chave” não é mais um interruptor, mas sim um dispositivo sensor, que percebe a presença de uma pessoa e aciona a lâmpada, de forma que ela fica acesa por um período definido pelo instalador e disponível no componente. O esquema do acionamento de uma lâmpada por sensor pode ser conferido na Figura 29.



Figura 29 – Acionamento automático da lâmpada - Fococélula.



Fonte: elaboração própria (2022).

Lâmpada comandada por interruptor simples, instalada em área externa

Este esquema de ligação segue a mesma simplicidade que vimos ao acionar uma lâmpada por um interruptor simples. A única diferença está na localização da lâmpada e seu tipo de luminária: externa ou arandela (luminária concebida para ser fixada na parede). Neste caso, o ponto de luz estará localizado externamente à casa para iluminação e/ou decoração.

Ligação de tomadas (10A e 20A)

Para ligar uma tomada, é necessário um circuito que possui três fios: o fase, o neutro e o terra. As tomadas utilizadas em instalações elétricas de baixa tensão são de 10 A ou 20 A. Elas diferem entre si pelo orifício e pelas aplicações. As tomadas de 20 A são utilizadas para alimentar equipamentos que trazem plug de 20 A e apresentam um consumo de corrente acima de 10 A, como é o caso do chuveiro elétrico. A diferença construtiva entre elas pode ser vista na Figura 30.



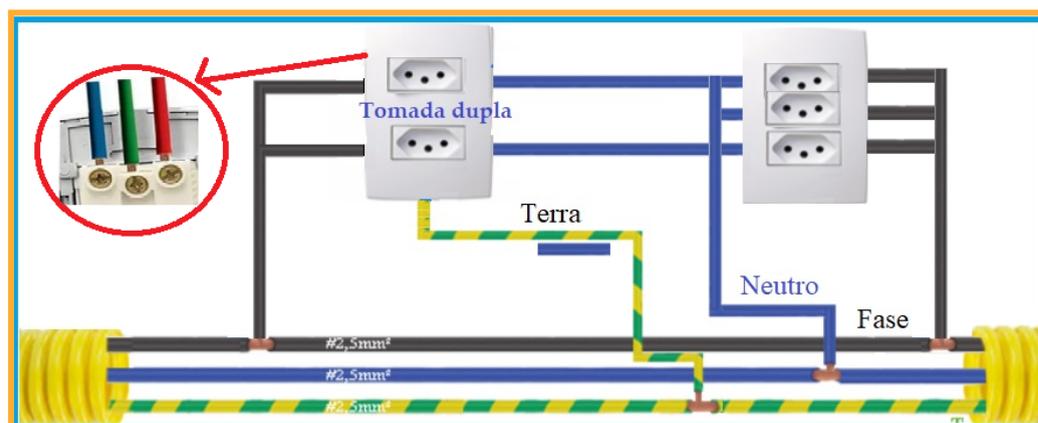
Figura 30 – Tomadas de 10A e 20A.



Fonte: elaboração própria (2022).

Para a conexão das tomadas ao circuito terminal de tomadas, conectamos cada um dos condutores (fase, neutro e terra) nos conectores aparafusados de cada tomada. Todas as tomadas devem ter as três conexões conectadas corretamente, como mostra a Figura 31.

Figura 31 – Diagrama de circuito com tomadas duplas e triplas.



Fonte: elaboração própria (2022).

No mundo, existem vários padrões de tomadas, com diferentes formas e quantidades de pinos. No Brasil, utiliza-se um padrão com três pinos, classificada com padrão tipo N, que teve sua padronização oficializada pela norma ABNT NBR 14136 em 1998 e tornou-se o único padrão brasileiro em 2011. Nas instalações elétricas, as tomadas podem ser encontradas em configurações, simples, duplas ou triplas, a depender da demanda dos ambientes. A utilização de tomadas duplas e triplas economiza espaço, caixa 2X2 e evita o uso de Benjamin (T) ou extensão.



Tomadas de Uso Geral (TUGs)

As Tomadas de Uso Geral (TUGs) são utilizadas para conectar aparelhos móveis (portáteis) nas instalações elétricas residenciais (Figura 32).

Figura 32 – Aparelhos elétricos portáteis.

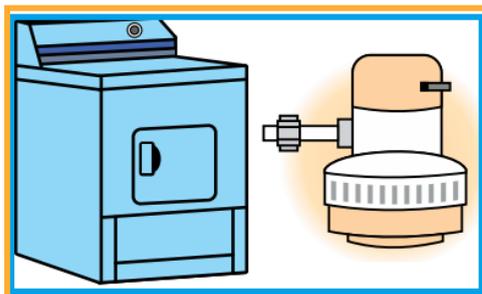


Fonte: adaptado de manual da Prysmian (2010).

Tomadas de Uso Específico (TUEs)

As Tomadas de Uso Específico (TUEs) são utilizadas para conectar aparelhos fixos nas instalações elétricas residenciais (Figura 33).

Figura 33 – Aparelhos elétricos fixos.



Fonte: adaptado de manual da Prysmian (2010).

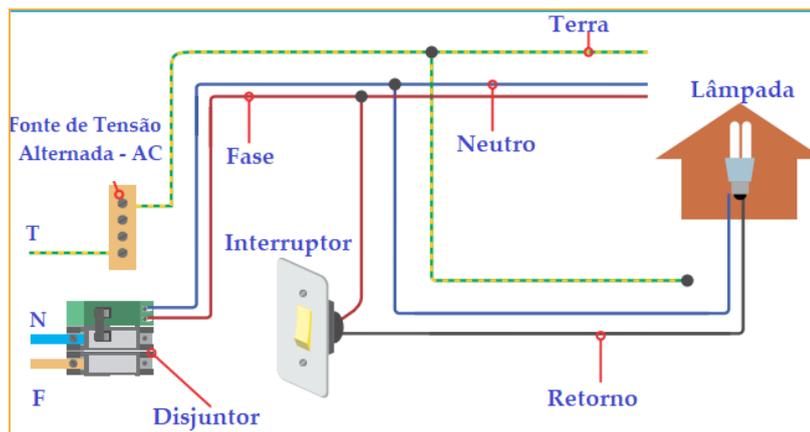
Instalação de lâmpadas

Para se alimentar uma lâmpada, de qualquer que seja o seu tipo, são necessários a fonte de alimentação de tensão ou corrente (contínua ou alternada), os condutores que levam a energia até a lâmpada e o comando da lâmpada, como um interruptor simples, por exemplo. Com todos estes elementos devidamente conectados, quando o interruptor é



fechado, a corrente flui pelos condutores até chegar à lâmpada, fazendo com que ela acenda e ilumine.

Figura 34 – Circuito de acionamento de uma lâmpada.



Fonte: adaptado de manual Prysmian. Disponível em:

<https://br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Manual_Prysmian_1_0%20%281%29.pdf>. Acesso em 23 de março de 2022.

A Figura 34 apresenta o esquema de ligação de uma lâmpada utilizada para iluminar residências. Note que a lâmpada está conectada em dois fios diferentes (neutro e retorno), de maneira que o neutro está conectado diretamente ao neutro da fonte de tensão AC e o retorno está conectado a um dos contatos do interruptor simples. Já o outro contato do interruptor simples está conectado à fase da fonte de tensão AC. Em uma instalação elétrica residencial a lâmpada pode estar fixa no teto através de luminárias, spots, etc., ou na parede, em arandelas, enquanto o interruptor geralmente encontra-se embutido nas paredes juntamente com os condutos e os condutores necessários ao funcionamento correto do circuito. Existem vários tipos de suporte para as lâmpadas, dispositivos de comando e acessórios. Nós os estudaremos mais adiante.

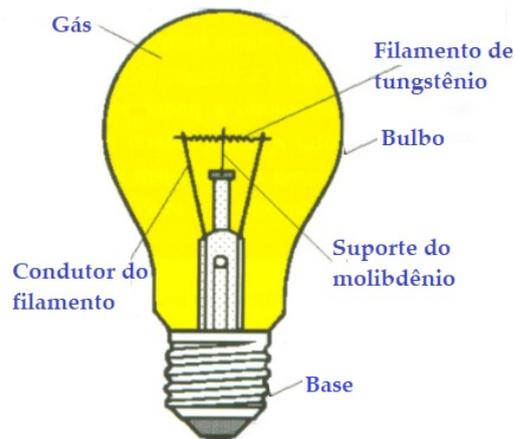
Lâmpadas incandescentes

As lâmpadas incandescentes são compostas por: filamento, ampola, gás de enchimento e base. Elas operam através do aquecimento de um fio fino de tungstênio pela passagem de corrente elétrica. A opção pelo filamento de tungstênio deve-se ao seu alto ponto de fusão e baixo ponto de vaporização. Tal filamento é espiralado para aumentar a eficiência da lâmpada. Mesmo assim, apenas dez por cento de toda a energia consumida



por essa lâmpada é transformada em luz, enquanto o resto se transforma em calor, impondo a elas uma baixa eficiência luminosa.

Figura 35 – Lâmpada incandescente.



Fonte: elaboração própria (2022).

A Figura 35 apresenta as principais partes das lâmpadas incandescentes. Nela, se destaca o elemento mecânico e de contato elétrico com receptáculo (base), feito de latão ou ferro latonado, com rosca tipo Edison. É importante lembrar que as lâmpadas incandescentes comuns foram retiradas do mercado por motivo de baixa eficiência.

As lâmpadas de halogênicos (Figura 36) são uma evolução das lâmpadas incandescentes, graças à inclusão de um halogênio no gás de enchimento e a mudança do material do invólucro para um tipo especial de quartzo. Essa modificação proporcionou a diminuição no tamanho da lâmpada, aumentando sua eficiência. O tempo de vida e a temperatura de operação desta lâmpada também aumentaram. Ela é utilizada com frequência em refletores.



Figura 36 – Lâmpadas de Halogénos.



Fonte: <<https://www.lojalabluz.com.br/lampada-halogena-150w-78mm-110v-r7s.html>>.

Acesso em 24 de março de 2022.

Existem alguns tipos de lâmpadas de halogénos, um exemplo é o tipo PAR de halogénos, que possuem uma parte refletora parabólica, a qual possibilita uma melhor uniformidade luminosa.

Lâmpadas de LED

Diferentemente das lâmpadas incandescentes, as lâmpadas LED não possuem filamento no seu interior. Elas são lâmpadas compostas por um ou mais diodos emissores de luz – LED ou chips de LEDs. Os LEDs precisam de controle de corrente contínua, sendo necessária uma fonte de alimentação apropriada ou driver. Alguns chips de LEDs necessitam de dissipador de calor, uma vez que são afetados negativamente pela alta temperatura. Este tipo de lâmpada têm uma vida útil maior, pois não produz calor elevado e sua eficiência elétrica também é melhor quando comparada às lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Tais lâmpadas estão substituindo gradativamente as lâmpadas eletrônicas no uso doméstico. As principais partes destas lâmpadas são apresentadas na Figura 38. Note que o drive (placa eletrônica) é internamente instalado nesta lâmpada.



Figura 37 – Principais elementos das lâmpadas de LED.



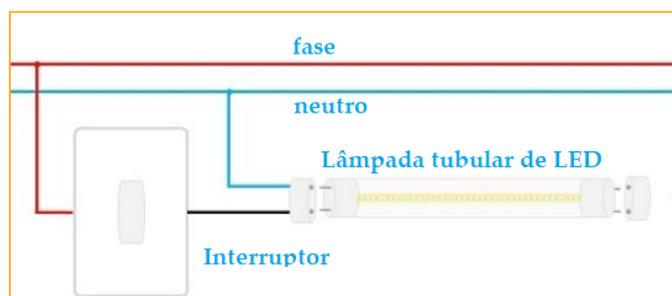
Fonte: <<https://pro-inova.com/como-funciona-uma-lampada-led/>>.

Acesso em: 13 de abril de 2022.

Lâmpadas Tubular de LED

Assim como a lâmpada de LED do tópico anterior, as lâmpadas tubulares de LED também são produzidas a base de diodos emissores de luz – LED – e alimentada pela rede elétrica com a ajuda de uma placa eletrônica chamada drive, só que no formato tubular. Atualmente, elas têm substituído as lâmpadas fluorescentes pois apresenta as seguintes vantagens: emitem o mesmo fluxo luminoso das fluorescentes com um consumo menor de energia, pois não necessitam de reatores (menor consumo implica maior eficiência). Apresenta ainda melhor qualidade da luz emitida, melhor Índice de Reprodução de Cor (IRC) e maior tempo de vida útil, quando comparado às lâmpadas fluorescentes. A Figura 38 apresenta o esquema de ligação de uma lâmpada tubular de LED.

Figura 38 – Esquema de ligação de uma lâmpada tubular de LED.



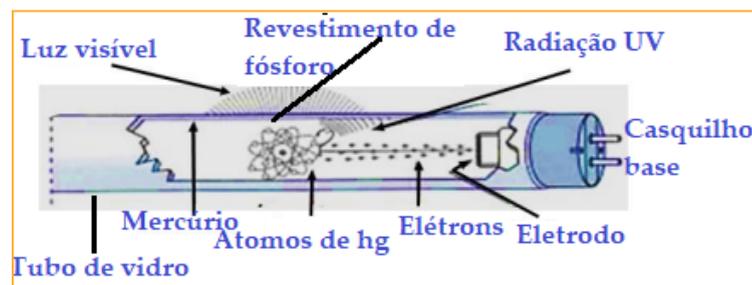
Fonte: elaboração própria (2022).



Lâmpadas fluorescentes

Lâmpadas fluorescente tubular, são lâmpadas que utilizam descarga elétrica através de um gás. É uma lâmpada de descarga de baixa pressão. Ela é formada por um tubo cilíndrico de vidro revestido de material fluorescente (cristais de fósforo) contendo vapor de mercúrio em seu interior e, em suas extremidades, eletrodos de tungstênio. Elas são produzidas na faixa de 15 a 110 W e necessitam de um reator para seu funcionamento, e alguns modelos, precisam de um starter para garantir a sua partida. Atualmente os reatores eletrônicos produzem uma frequência elevada, facilitando a partida da lâmpada. As lâmpadas fluorescentes são utilizadas na iluminação geral e seus principais elementos podem ser vistos na Figura 39.

Figura 39 – Lâmpada fluorescente.



Fonte: adaptado de <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/750/1/RESIDUOS%20DE%20L%C3%82MPADAS%20FLUORESCENTES.pdf>>. Acesso em 23 de março de 2022.

Lâmpadas fluorescente compacta e lâmpadas eletrônicas

Em sua essência, é uma lâmpada fluorescente compacta de base única formada por dois tubos finos soldados um ao outro, com o starter incorporado internamente à base. Existem vários modelos de lâmpadas fluorescentes (Figura 40), as quais possuem ou não o reator já integrado. Com reator integrado, elas são chamadas de lâmpadas eletrônicas e, caso não tenham, precisarão de reator externo para funcionar. Essas lâmpadas possuem as boas características de cor das lâmpadas incandescentes, mas com um consumo menor de energia. Assim, substituem de maneira ótima as lâmpadas incandescentes.



Figura 40 – Tipos de lâmpadas fluorescente compacta.



Fonte: <<https://www.cliquearquitectura.com.br/artigo/lampadas-fluorescentes.html>>.

Acesso em: 04 de abril de 2020.

Lâmpadas de descarga

Lâmpada vapor de mercúrio

A lâmpada de vapor de mercúrio possui bulbo semelhante ao da lâmpada incandescente e operação semelhante à fluorescente. Sua descarga elétrica acontece sob a mistura de vapor de mercúrio com pequena quantidade de argônio, atingindo altas pressões internas durante o funcionamento. Não necessitam de dispositivos especiais para serem ligadas, apenas de um reator. São usadas na iluminação pública e na iluminação de pátios, estacionamentos, áreas livres, depósitos, onde a reprodução precisa de cores não é exigida. Sua principal vantagem é o custo-benefício e tempo de vida útil.

Lâmpada vapor metálico

A lâmpada de vapor metálico é muito semelhante à lâmpada de mercúrio a alta pressão, que com a adição de iodeto de ítrio, tálio, proporciona uma melhor eficiência e reprodução de cor. Elas necessitam de um reator e um ignitor para seu funcionamento. São usadas para iluminação de campos de futebol, quadra de esportes e áreas similares.

Lâmpada de luz mista



A lâmpada de luz mista é derivada da lâmpada de mercúrio. Ela possui um filamento de tungstênio (age como reator para a descarga) associado em série com um tubo de descarga, consistindo numa ampola com gás revestida na parede interna por uma camada fluorescente. É uma lâmpada de vapor de baixo rendimento que pode ser ligada diretamente à rede elétrica, sem a necessidade de reator e/ou ignitor.

Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão

A lâmpada de vapor de sódio de alta pressão possui excesso de sódio em seu tubo de descarga que, quando em funcionamento, permite a saturação do vapor e absorção interna na superfície. Ela também possui excesso de mercúrio para facilitar sua a ignição. A sua reprodução de cor é razoável e ela pode ser utilizada para substituir as lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão. A Tabela 1 apresenta um comparativo entre as características de algumas lâmpadas de descargas.

Tabela 1 – Comparativo entre lâmpadas de vapor.

| | REPRODUÇÃO DE COR IRC | REATOR | IGNITOR | COR APARENTE | TEMPO PARA AQUECER | EFICIÊNCIA LM/W | POTÊNCIA W |
|-----------------------------|-----------------------|--------|---------|------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|
| VAPOR DE MERCÚRIO | Moderada | Sim | Não | Branco azulado Intermediária | 3 minutos | 40 a 63 | 50 a 2.000 |
| VAPOR METÁLICO | Excelente | Sim | Sim | Branca Fria | 3 minutos | 75 a 95 | 250 a 2.000 |
| LUZ MISTA | Moderado | Não | Não | Intermediária | 0 a 2 minutos | 19 a 28 | 160 a 500 |
| VAPOR DE SÓDIO ALTA PRESSÃO | Pobre | Sim | Sim | Branca quente | 5 minutos | 70-130 | 50 a 1.000 |

Fonte: elaboração própria (2022).

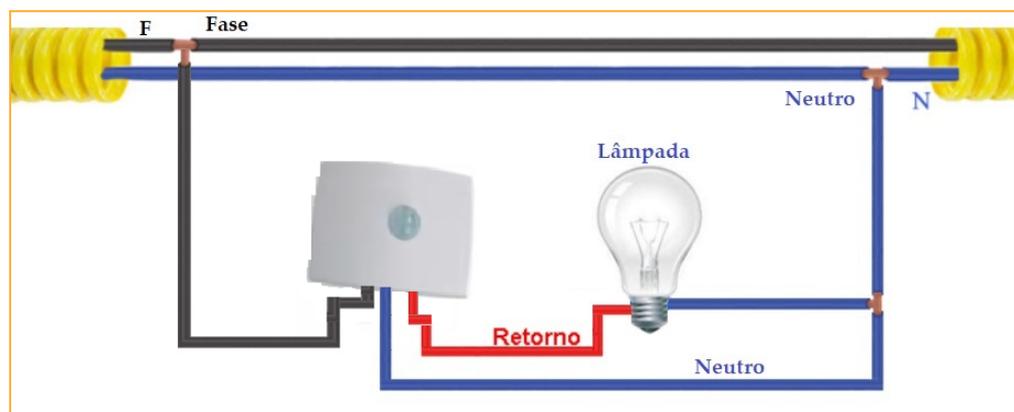
Instalação de sensores de presença

Em instalações elétricas, um sensor de presença é um interruptor automático. Um dispositivo eletrônico capaz de captar, através de um sensor infravermelho, a radiação de calor de pessoas, animais, automóveis etc., possibilitando o comando automático da iluminação. Ele deve ser instalado num local protegido, onde os raios solares não incidam diretamente sobre ele. A Figura 41 mostra o sensor de presença



conectado como acionador da lâmpada. Note que ele possui três condutores conectados, sendo dois nos condutores fase e neutro da rede elétrica e outro conectado direto na lâmpada, que é o retorno. Ao perceber movimento o condutor fase, o sensor fará o contato elétrico com o retorno, ligando a lâmpada.

Figura 41 – Esquema de ligação do sensor de presença.



Fonte: elaboração própria (2022).

Instalação de acessórios

Luminárias

As luminárias são acessórios da iluminação que, com as lâmpadas conectadas, servem para complementar a luz do ambiente, escondendo ou dando ênfase a detalhes do cômodo, da decoração, etc... As luminárias podem ser de sobrepor ou de embutir, mas ambas são conectadas eletricamente ao neutro e a fase da instalação elétrica. Os modelos mais comuns de luminárias para as residências são: plafon, pendente, lustres, spots, arandelas, luminárias de chão e de mesa.

Plafon

O plafon é aquele tipo de luminária que é instalada bem próxima ao teto. Para instalar um plafon, parafusam-se os condutores fase e neutro da instalação nos conectores do receptáculo do acessório, em seguida acomoda-se os condutores na caixa de passagem no teto e prende-se o plafon na alvenaria ou gesso.



Pendentes

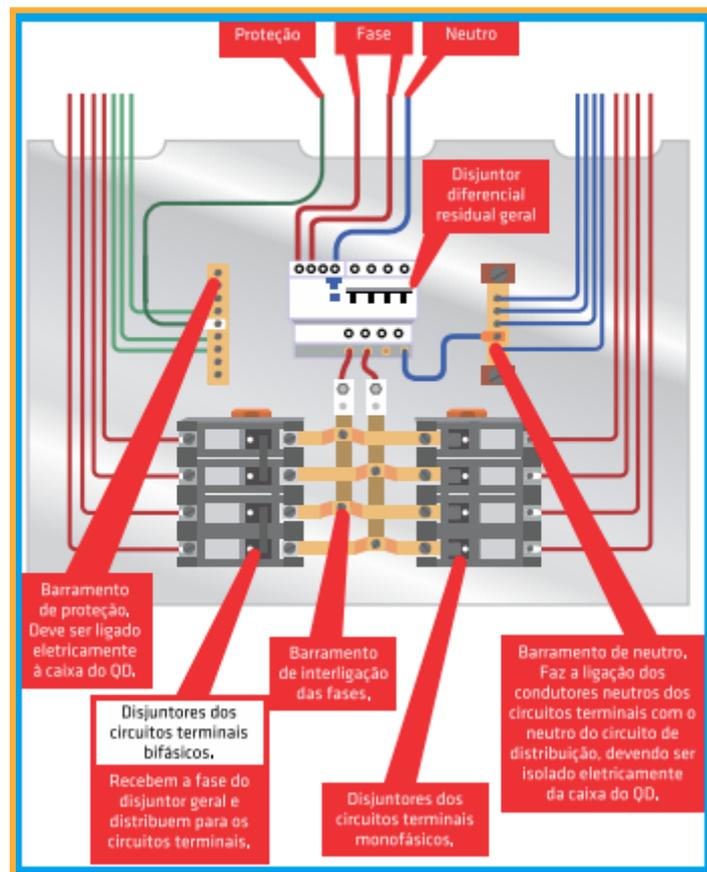
A instalação de pendentes é muito parecida com a instalação dos plafon, a diferença é que o receptáculo dos pendentes é localizado mais afastado do teto e mais próximo dos pontos a serem iluminados, devido aos longos fios que possui. Eles também são conectados a dois fios, o neutro e o retorno da instalação.

Instalação de quadro de distribuição

A norma NBR-5410 recomenda que todas as instalações elétricas devem conter no mínimo um Quadro de Distribuição de Circuitos (QDC). A instalação do quadro de distribuição é um capítulo à parte na instalação elétrica. É a etapa final da instalação, quando você interliga todos os circuitos terminais aos circuitos de distribuição através dos dispositivos de proteção. O quadro de distribuição conta com vários acessórios para facilitar as conexões e a organização de todos os dispositivos instalados. Ele deve estar localizado em ambiente de fácil acesso, com visibilidade e segurança e todos os seus circuitos de distribuição devidamente identificados. A Figura 42 apresenta em detalhes o quadro de distribuição, suas conexões, circuitos e dispositivos.



Figura 42 – Quadro de distribuição.



Fonte: Manual Prysmian (2010).

Normas brasileiras sobre instalações elétricas de baixa tensão

A norma brasileira que se aplica às instalações elétricas de baixa tensão é a NBR 5410. Ela estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens. A NBR 5410 é aplicada principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas. Ela também se aplica às instalações elétricas:



1. Em áreas descobertas das propriedades, externas às edificações;
2. Em reboques de acampamento (trailers), locais de acampamento (campings), marinas e instalações análogas; e
3. Em canteiros de obra, feiras, exposições e outras instalações temporárias.

A NBR 5410 se limita:

1. Aos circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1500 V em corrente contínua;
2. Aos circuitos elétricos, que não os internos aos equipamentos, funcionando sob uma tensão superior a 1000 V e alimentados através de uma instalação de tensão igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada (por exemplo, circuitos de lâmpadas a descarga, precipitadores eletrostáticos etc.); e
3. A toda fiação e a toda linha elétrica que não seja coberta pelas normas relativas aos equipamentos de utilização; e às linhas elétricas fixas de sinal (com exceção dos circuitos internos dos equipamentos).

Projeto elétrico

O projeto elétrico deve quantificar, determinar os tipos e localizar os pontos de utilização de energia elétrica; dimensionar, definir o tipo e o caminhamento dos condutores e condutos, bem como os dispositivos de medição, comando e proteção. O objetivo do projeto elétrico é garantir a transferência de energia da fonte às cargas (pontos de luz, tomadas de uso geral ou específico que alimentam os equipamentos residenciais, comerciais e industriais) de forma segura, econômica e de acordo com as normas técnicas aplicáveis.

O projeto elétrico deve estar atento a pelo menos 3 critérios:

1. **Acessibilidade:** locais perfeitamente acessíveis para manobra e manutenção;
2. **Flexibilidade e reserva de carga:** reserva para acréscimos de carga e algumas alterações; e
3. **Confiabilidade:** perfeito funcionamento dos componentes, visando a integridade física dos usuários e estreita obediência às normas.



Algumas informações preliminares são importantes para a concepção do projeto elétrico, podendo ser encontradas:

1. Na planta de situação (acessos, fonte de energia etc.);
2. No projeto arquitetônico (plantas, cortes, detalhes, fachadas, dimensões dos recintos, áreas externas etc.); e
3. Nos projetos complementares (projeto estrutural, projetos de instalações sanitárias, de águas pluviais, sonorização etc.).

Além das informações acima, devemos observar a existência e localização das vigas, pilares, tubulações hidráulicas, etc., como restrições do projeto. Não menos importante que as informações preliminares, as informações do proprietário da obra ajudam na determinação dos pontos de utilização, na previsão de cargas atuais e futuras na e existência de aparelhos especiais e de uso específicos antes de iniciarmos as etapas dos projetos.

As etapas do projeto elétrico

1. Levantamento da previsão de cargas do projeto: quantidade de pontos e potência envolvida (previsão de tomadas, previsão de Iluminação e previsão de cargas especiais) para a avaliação da potência de cada ponto;
2. Cálculo de demanda;
3. Determinação da categoria de atendimento;
4. Determinação do padrão de atendimento;
5. Divisão da carga em circuitos parciais;
6. Desenho das plantas com: pontos de utilização; localização dos quadros de luz quadros de força;
7. Desenho das tubulações dos circuitos e traçado da fiação;
8. Dimensionamento dos condutores elétricos;
9. Dimensionamento dos eletrodutos;
10. Dimensionamento dos alimentadores;
11. Dimensionamento da proteção dos circuitos;
12. Diagrama unifilar dos quadros de distribuição;
13. Verificação da lista de materiais;
14. Elaboração de detalhes construtivos;
15. Elaboração de memorial descritivo e memorial de cálculo;
16. Elaboração das especificações técnicas;



17. Detalhamento de materiais com especificações técnicas;
18. Elaboração de serviços a serem executados e procedimentos de execução;
19. ART – Anotação de Responsabilidade Técnica;
20. Aprovação pela concessionária.

É importante lembrar alguns conceitos importantes muito utilizados nos projetos elétricos.

1. Carga ou potência instalada ou potência total - É a soma das potências nominais de todos os aparelhos elétricos existentes em uma instalação elétrica ou sistema.

A carga instalada deve ser calculada com base na declaração fornecida pelo consumidor e nas potências médias dos equipamentos padronizadas pela concessionária. Algumas concessionárias possuem a opção de preenchimento e cálculo on-line da carga instalada para um consumidor individual (Figura 43).

Figura 43 – Cálculo da carga instalada para instalação de um novo consumidor – Padrão Cosern.

| | Grupo | Descrição | Qtde. | Potência(W) |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------|--------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Iluminação e Tomadas | LÂMPADAS ELETRÔNICAS | 5 | 15 |
| <input type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | CHUVEIRO ELÉTRICO 127 V | 0 | 4200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | CHUVEIRO ELÉTRICO 220 V | 3 | 6000 |
| <input type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | CONDICIONADOR DE AR 12.000 BTU | 0 | 1450 |
| <input type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | CONDICIONADOR DE AR 30.000 BTU | 0 | 3520 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | CONDICIONADOR DE AR 9.000 BTU | 3 | 1250 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | FORNO DE MICROONDAS | 1 | 1200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | GELADEIRA | 1 | 150 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | GELAGUA | 1 | 125 |
| <input type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | IMÓVEL DE 1 QUARTO | 0 | 1800 |
| <input type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | IMÓVEL DE 2 QUARTOS | 0 | 2500 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | IMÓVEL DE 3 QUARTOS | 1 | 3000 |
| <input type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | IMÓVEL DE 4 QUARTOS | 0 | 3300 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | TELEVISOR ACIMA DE 30 POLEGADAS | 1 | 200 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Eletrrodomésticos | VENTILADOR GRANDE 50 CM | 1 | 250 |
| <input type="checkbox"/> | Motores e Equipamentos Especiais | BOMBA D'AGUA TRIFASICO 7,5 CV | 0 | 5520 |
| Total da Carga Instalada | | | | 26750 Watts |

Fonte: <<https://servicos.neoenergiacoelba.com.br/servicos-ao-cliente/Pages/RenovaLigacaoNova.aspx>>. Acesso em: 30 de março de 2022.



O cálculo da carga instalada de uma unidade consumidora é efetuado pelo somatório das potências nominais da iluminação, aparelhos eletrodomésticos, motores e demais equipamentos elétricos em condições de entrar em operação e seu resultado expresso na potência ativa em kW (NEOENERGIA, 2021) (ver tabela constante na Figura 43).

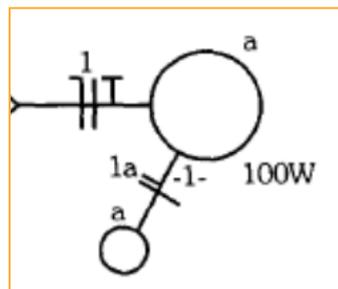
2. Demanda: É a potência elétrica realmente absorvida (consumida) em um determinado instante por um aparelho ou sistema.
3. Provável demanda ou potência de alimentação: É a demanda máxima da instalação. Este é o valor utilizado para dimensionar os condutores, os dispositivos de proteção e fazer a classificação do tipo de consumidor e do padrão de atendimento.

Diagramas de instalações elétricas

Diagramas unifilar

A palavra unifilar significa um fio (todos os fios e cabos elétricos serão representados por símbolos sobre um só traço no diagrama). As plantas de instalações elétricas prediais utilizam este tipo de diagrama. Nele, o trajeto dos condutores é representado por um único traço, sendo este trajeto por eletroduto ou não. Esse tipo de diagrama apresenta a posição física dos componentes da instalação, define as suas principais partes e permite a identificação do tipo de instalação, número de circuitos, número de condutores, dimensionamento de eletrodutos, condutores, lâmpadas e tomadas e os interruptores que são utilizados. Porém, este diagrama não traz, com clareza, o funcionamento e a sequência funcional dos circuitos.

Figura 44 – Exemplo de diagrama unifilar.



Fonte: adaptado de: <http://www.lapsi.eletr.ufrgs.br/~luizfg/disciplinas_IEPrediais_arquivos/ENG04482_aula_11_Esquemas_Instalacoes.pdf>.

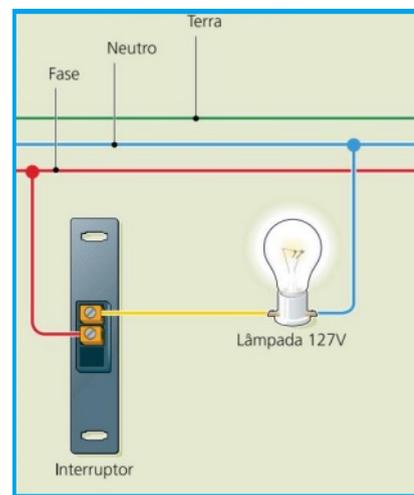
Acesso em: 30 de março de 2022.



Multifilar

O diagrama multifilar apresenta os componentes da instalação e os seus contatos de forma próxima e alinhados, em que a representação dos condutores se mostra mais detalhada. Com ela, é possível visualizar todas as ligações de um componente aos demais itens da instalação. A desvantagem deste tipo de representação aparece em circuitos mais complexos. A Figura 45 apresenta o diagrama multifilar do acionamento de uma lâmpada por um único comando. Note que, neste diagrama, cada condutor é representado por um traço que será utilizado na ligação de outros componentes.

Figura 45 - Diagrama multifilar.



Fonte: elaboração própria.

Previsão de cargas: iluminação e pontos de tomada

Para se iniciar um projeto elétrico, deve-se fazer um levantamento das potenciais de cada elemento da instalação (iluminação e tomadas) a ser instalado, possibilitando, assim, determinar a potência total prevista para a instalação. A previsão de cargas do circuito deve seguir as prescrições da NBR 5410.

A determinação da potência de alimentação é essencial para a concepção econômica e segura de uma instalação, dentro de limites adequados de elevação de temperatura e de queda de tensão.

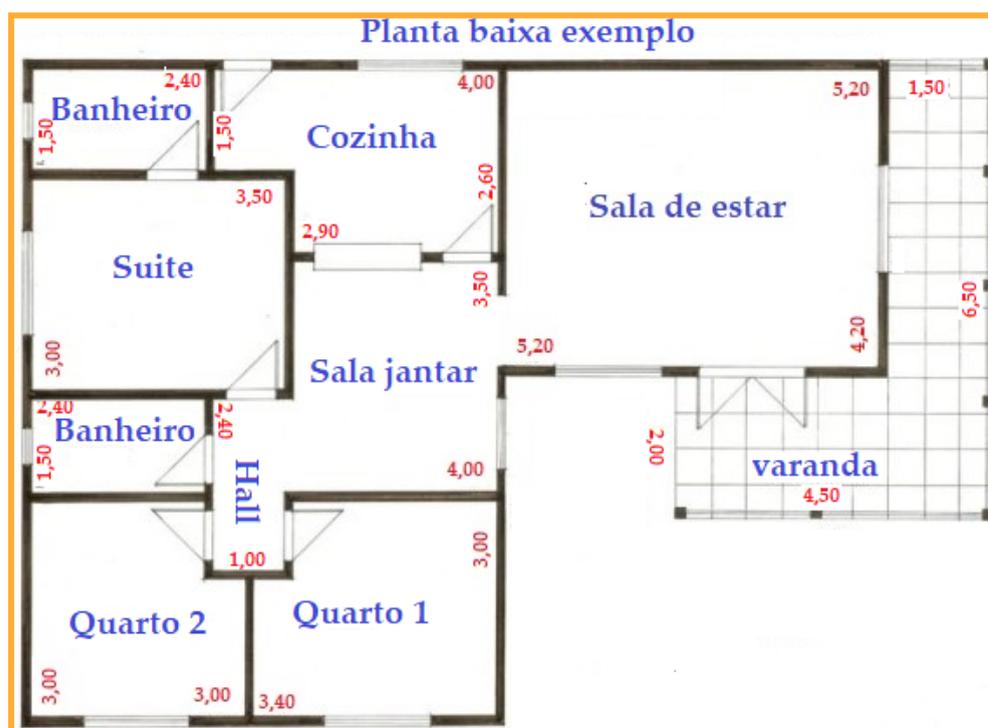
Na determinação da potência de alimentação de uma instalação ou de parte de uma instalação devem ser computados os equipamentos de



utilização a serem alimentados, com suas respectivas potências nominais e, em seguida, consideradas as possibilidades de não-simultaneidade de funcionamento destes equipamentos, bem como capacidade de reserva para futuras ampliações (NBR 5410).

Para melhor entender a previsão de cargas, o cálculo de demanda e elaboração do projeto elétrico, vamos usar a planta baixa da Figura 46 como exemplo.

Figura 46 – Planta baixa do exemplo.



Fonte: adaptado de: <<https://www.tudoconstrucao.com/plantas-de-casas-modelos-planta-baixa-projetos/>>. Acesso em: 30 de março de 2022.

Seguindo a NBR 5410:

1. A potência nominal absorvida dada pelo fabricante de cada carga deve ser a considerada;
2. As cargas de iluminação devem ser determinadas como resultado da aplicação da ABNT NBR 5413;
3. Para os aparelhos fixos de iluminação a descarga, a potência nominal a ser considerada deve incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares;



4. Os critérios mínimos fixados para pontos de iluminação em locais de habitação são:
- Prever pelo menos um ponto de luz no teto, comandado por um interruptor de parede;
 - Nas áreas externas, a determinação da quantidade de pontos de luz fica a critério do instalador;
 - Arandelas no banheiro devem estar distantes, no mínimo, 60 cm do limite do box ou da banheira, para evitar o risco de acidentes com choques elétricos;
 - A carga de iluminação é feita em função da área do cômodo da residência. Em área igual ou inferior a 6 m^2 , atribui-se no mínimo 100 VA. Em área superior a 6 m^2 , atribui-se no mínimo 100 VA nos primeiros 6 m^2 , acrescidos de 60 VA para cada aumento de 4 m^2 inteiros. A norma NBR 5410 deixa para o projetista os critérios de iluminação de áreas externas em residências.

Tabela 2 – Carga de iluminação da planta exemplo.

| CÔMODO | MEDIDAS (m) | ÁREA (m^2) | CRITÉRIO | PONTOS DE LUZ | POTÊNCIA (VA) |
|----------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|---------------|---------------|
| BANHEIRO | 2,40 X 1,50 | 3,6 | Área < 6 m^2 | 1 | 100 |
| BANHEIRO | 2,40 X 1,50 | 3,6 | Área < 6 m^2 | 1 | 100 |
| COZINHA | 4,00 X 1,50 +1,10 X 2,90 | 9,2 | $6\text{ m}^2 < \text{Área} < 10\text{ m}^2$ | 1 | 100 |
| HALL | 1,00 X 2,40 | 2,4 | Área < 6 m^2 | 1 | 100 |
| QUARTO 1 | 3,00 X 3,40 | 10,2 | Área > $6 + 4\text{ m}^2$ | 2 | 160 |
| QUARTO 2 | 3,00 X 3,00 | 9,00 | Área > $6 + 4\text{ m}^2$ | 2 | 160 |
| SALA DE ESTAR | 4,20 X 5,20 | 21,84 | Área > $6+4+4+4\text{ m}^2$ | 4 | 280 |
| SALA DE JANTAR | 3,50 X 4,00 | 14 | Área > $6 + 4 + 4\text{ m}^2$ | 3 | 220 |
| SUÍTE | 3,50 X 3,00 | 10,5 | Área > $6 + 4\text{ m}^2$ | 2 | 160 |
| VARANDA | 2,00 X 4,50 + 4,50 X 1,50 | 15,75 | NBR não traz | 3 | 220 |
| TOTAL | - | 89,89 | - | 21 | 1.600 |

Fonte: elaboração própria (2022).



Na Tabela 2, podemos acompanhar os cálculos das áreas de cada cômodo, seus respectivos números de pontos de luz e a potência de iluminação de cada cômodo conforme a NBR 5410. Nesta fase, é preciso atentar para a geometria das áreas para não errar nos cálculos e para a definição dos pontos de luz das áreas externas (varanda), que conforme a NBR 5410, ficam a critério do instalador/projetista.

1. As tomadas de uso geral se destinam à ligação de equipamentos móveis e não se destinam à ligação de equipamentos específicos. Os pontos de tomada de uso geral (TUGs) devem ser determinados e dimensionados de acordo com:
 - Banheiros (local com banheira e/ou chuveiro) de qualquer área, que deve conter no mínimo 1 tomada junto ao lavatório de 600 VA a uma distância de no mínimo 60cm da banheira ou do box. Se optar por mais de uma tomada, a potência mínima será de 600VA por tomada;
 - Cozinha, copa, copa-cozinha, área de serviço, lavanderia e locais similares de qualquer área devem conter no mínimo 1 tomada para cada 3,5m ou fração de perímetro. Devendo-se considerar 600 VA por ponto de tomada, até a 3 unidade, e 100 VA por ponto unidade adicional. Acima de cada bancada, deve haver no mínimo dois pontos de tomada de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;
 - Varanda de qualquer área deve conter no mínimo 1 tomada de 100 VA. Admite-se que o ponto de tomada não seja instalado na própria varanda, mas próximo ao seu acesso, quando, por causa da construção, ela não comportar ponto de tomada;
 - Salas e dormitórios devem conter no mínimo 1 tomada para cada 5m, ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível. No caso de salas de estar, é possível que um ponto de tomada seja usado para alimentação de mais de um equipamento. Por isso, é recomendável equipá-las com a quantidade de tomadas necessárias;
 - Demais dependências devem conter no mínimo 1 ponto de tomada para cada 5m, ou fração de perímetro, se a área da dependência for superior a 6m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível. Quando a área do cômodo ou da dependência for igual ou inferior a 2,25m², admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou à dependência, no máximo a 80 cm da porta de acesso;



- Para halls de serviço, salas de manutenção e salas de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada de uso geral. Aos circuitos terminais respectivos deve ser atribuída uma potência de no mínimo 1000VA;

Tabela 3 – Potência instalada das Tomadas de Uso Geral.

| CÔMODO | MEDIDAS (M) | PERÍMETRO (M) | CRITÉRIO | TUGS | POTÊNCIA (VA) |
|----------------|---------------------|---------------|------------------------|------|---------------|
| BANHEIRO | 2,40 X 1,50 | 7,8 | Área < 6m ² | 1 | 600 |
| BANHEIRO | 2,40 X 1,50 | 7,8 | Área < 6m ² | 1 | 600 |
| COZINHA | 4,00x1,50+1,10x2,90 | 13,1 | 3,5m+3,5m+3,5m+2,6m | 4 | 1900 |
| HALL | 1,00 X 2,40 | 6,8 | Área < 6m ² | 1 | 100 |
| QUARTO 1 | 3,00 X 3,40 | 12,8 | 5m+5 m+2,8m | 3 | 300 |
| QUARTO 2 | 3,00 X 3,00 | 12 | 5m+5m+2m | 3 | 300 |
| SALA DE ESTAR | 4,20 X 5,20 | 18,8 | 5m+5m+5m+3,8m | 4 | 400 |
| SALA DE JANTAR | 3,50 X 4,00 | 15 | 5m + 5m + 5m | 3 | 300 |
| SUÍTE | 3,50 X 3,00 | 13 | 5m + 5m + 3m | 3 | 300 |
| VARANDA | 2,00x4,50+4,50x1,50 | 22 | - | 1 | 100 |
| TOTAL | - | - | - | 24 | 4.900 |

Fonte: elaboração própria (2022).

- As tomadas de uso específico (TUEs) são destinadas à ligação de equipamentos fixos e estacionários, como é o caso de chuveiros, aparelhos condicionadores de ar, etc. Quando um ponto de tomada for previsto para uso específico, deve ser a ele atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado ou à soma de todas as potências nominais dos equipamentos a serem alimentados. Se os valores precisos não forem conhecidos, a potência atribuída ao ponto de tomada deve seguir um dos dois seguintes critérios: a potência ou soma das potências dos equipamentos mais potentes que o ponto pode vir a alimentar, ou a potência calculada com base na corrente de projeto e na tensão do circuito respectivo;



OBSERVAÇÃO

Às vezes, estes pontos não são tomadas, mas apenas caixas de ligação, como é possível constatar nos pontos para chuveiros elétricos.

A Tabela 4 apresenta o valor nominal das potências de entrada de alguns equipamentos utilizados em residências, contudo elas podem ser diferentes das potências nominais dos aparelhos a serem realmente utilizados. Recomenda-se sempre verificar os valores informados pelo fabricante.

Tabela 4 – Potência média de alguns aparelhos elétricos.

| APARELHOS | POTÊNCIAS NOMINAIS TÍPICAS |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| Aquecedor de água central (boiler) | |
| 50 a 100 litros | 1.000 W |
| 150 a 200 litros | 1.250 W |
| 250 litros | 1.500 W |
| 300 a 350 litros | 2.000 W |
| 400 litros | 2.500 W |
| Aquecedor de água de passagem | 4.000 a 8.000 W |
| Aquecedor de ambiente (portátil) | 500 a 1.500 W |
| Aspirador de pó | 500 a 1.000 W |
| Geláqua | 100 W |
| Batedeira | 100 a 300 W |
| Cafeteira | 1.000 W |
| Centrífuga | 150 a 300 W |
| Churrasqueira elétrica | 3.000 W |
| Chuveiro elétrico | 2.500 a 7.500 W |
| Condicionador de ar central | 8.000 W |
| Condicionador de ar janela 7.100 BTU/h | 900 W |
| Condicionador de ar janela 8.500 BTU/h | 1.300 W |
| Condicionador de ar janela 10.000 BTU/h | 1.400 W |
| Condicionador de ar janela 12.000 BTU/h | 1.600 W |
| Condicionador de ar split 7.500 BTU/h | 1000 W |



| APARELHOS | POTÊNCIAS NOMINAIS TÍPICAS |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| Condicionador de ar split 10.000 BTU/h | 1.350 W |
| Condicionador de ar split 12.000 BTU/h | 1.450 W |
| Condicionador de ar split 15.000 BTU/h | 2.000 W |
| Condicionador de ar split 18.000 BTU/h | 2.100 W |
| Congelador/freezer | 350 a 500 VA |
| Cortador de grama | 800 a 1.500 W |
| Depurador de ar | 100 a 500 W |
| Esterilizador | 200 W |
| Exaustor de ar para cozinha residencial | 300 a 500 VA |
| Ferro de passar roupa | 800 a 1.650 W |
| Fogão elétrico – potência por boca | 2.500 W |
| Forno elétrico | 4.500 W |
| Forno de micro-ondas | 1.200 VA |
| Geladeira | 150 a 500 VA |
| Grelha | 1.200 W |
| Lavadora de pratos | 1.200 a 2.800 VA |
| Lavadora de roupas | 770 VA |
| Liquidificador | 270 W |
| Máquina de costura | 60 a 150 W |
| Microcomputador | 200 a 300 VA |
| Máquina de lavar roupas | 600 a 2.000 W |
| Retroprojektor | 1.200 W |
| Secador de cabelo | 500 a 1.200 W |
| Secadora de roupas | 2.500 a 6.000 W |
| Televisor | 75 a 300 W |
| Torradeira | 600 a 1.600 W |
| Torneira | 2.800 a 4.500 W |
| Torradeira | 500 a 1.200 W |
| Triturador de lixo | 300 W |
| Ventilador portátil | 60 a 100 W |

Fonte: elaboração própria (2022).



Note que a potência nominal fornecida nos aparelhos por alguns fabricantes já é a potência ativa. Nesses casos, podemos utilizá-la diretamente no cálculo da potência total.

Segundo o Guia-Eletricista-Residencial-Completo: Potência ativa, que é a parcela da potência aparente efetivamente transformada em potência mecânica, potência térmica e potência luminosa e cuja unidade de medida é o watt (W). A essa parcela dá-se o nome de fator de potência (Fp).

Potência reativa, que é a parcela da potência aparente transformada em campo magnético, necessário ao acionamento de dispositivos como motores, transformadores e reatores e cuja unidade de medida é o volt-ampère reativo (VAR). (Schneider, 2009).

Tabela 5 – Potências instaladas de equipamentos de uso específico.

| CÔMODO | MEDIDAS (M) | TUES | POTÊNCIA |
|----------------|-------------------|------|----------|
| Banheiro | Chuveiro elétrico | 1 | 5.500 W |
| Banheiro | Chuveiro elétrico | 1 | 5.500 W |
| Cozinha | - | 0 | 0 |
| Hall | - | 0 | 0 |
| Quarto 1 | Ar-condicionado | 1 | 1.000 W |
| Quarto 2 | Ar-condicionado | 1 | 1.000 W |
| Sala de estar | - | 0 | 0 |
| Sala de jantar | - | 0 | 0 |
| Suíte | Ar-condicionado | 1 | 1.000 W |
| Varanda | - | 0 | 0 |
| Total | - | 7 | 14.000 W |

Fonte: elaboração própria (2022).

- Os pontos de tomada de uso específico devem ser localizados no máximo a 1,5m do ponto previsto para a localização do equipamento a ser alimentado;
- Os pontos de tomada destinados a alimentar mais de um equipamento devem ser providos com a quantidade adequada de tomadas.



Com os valores calculados de potência de iluminação e de tomadas de uso geral (TUGs), convertemos de potência aparente (VA) para potência Ativa (W) e adicionamos a potência de tomadas de uso específico (TUEs), para se calcular a potência total (Tabela 6).

$$\text{Potência Aparente (VA)} \times \text{Fator de Potência} = \text{Potência Ativa (W)}$$

Tabela 6 – Potências totais.

| CARGA | POTÊNCIA (VA) | FATOR DE POTÊNCIA | POTÊNCIA (W) |
|--------------|---------------|-------------------|--------------|
| Iluminação | 1.600 | 1,00 | 1.600 W |
| Tomadas TUGs | 5.500 | 0,8 | 4.400 W |
| Tomadas TUEs | - | - | 14.000 W |
| Total | - | - | 20.000 W |

Fonte: elaboração própria (2022).

A potência instalada em kW é básica para a determinação da categoria de atendimento da unidade consumidora (NEOENERGIA, 2021). Para o nosso exemplo, cuja potência ativa total foi calculada em 20 kW, a categoria de atendimento será bifásica.

Cálculo de demanda, fator de demanda e fator de diversidade

A potência instalada calculada em nosso exemplo (20 kW) seria verificada apenas se todos os circuitos funcionassem ao mesmo tempo com a carga máxima para a qual foram projetados. Contudo, na prática isso não ocorre. Por isso, usa-se o fator de demanda correspondente à potência instalada para encontrar a demanda máxima (a máxima potência que realmente será utilizada simultaneamente) e posteriormente dimensionar os componentes da instalação. O fator de demanda é a razão entre a demanda máxima de potência registrada num intervalo de tempo especificado, ou potência de alimentação, e a potência instalada na unidade consumidora, conforme Resolução Normativa nº 414/2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Em nosso caso, o fator de demanda é um índice adimensional que varia de 0 a 1



e representa a simultaneidade de uso dos equipamentos desta instalação ao indicar em que quantidade eles são usados ao mesmo tempo.

A Tabela 6 apresenta os fatores de demanda para iluminação e pontos de tomada registrado da CT64 do COBEI (Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações). Note que para o nosso exemplo, o fator de demanda a ser utilizado é o de 0,75.

Tabela 7 – Fator de demanda para os circuitos de iluminação e tomadas de uso geral.

| POTÊNCIA | FATOR DE DEMANDA |
|---------------|------------------|
| 0 a 1.000 | 0,86 |
| 1.001 a 2.000 | 0,75 |
| 2.001 a 3.000 | 0,66 |
| 3.001 a 4.000 | 0,59 |
| 4.001 a 5.000 | 0,52 |
| 5001 a 6000 | 0,45 |
| 6.001 a 7.000 | 0,40 |
| 7.001 a 8.000 | 0,35 |
| 8.001 a 9.000 | 0,31 |
| 9.001 a 10000 | 0,27 |
| > 10.000 | 0,24 |

Fonte: elaboração própria a partir de <<http://cobei.org.br/>> e <<https://www.neoenergia.com>>. Acesso em: 29 de março de 2022.

IMPORTANTE

Diversas literaturas e concessionárias apresentam procedimentos específicos para o cálculo das demandas. Dessa forma, cabe ao projetista a escolha do procedimento que mais se aproxime da situação em estudo e em consonância com a realidade da região, regulamentos e normas da concessionária.



Aqui, utilizaremos o fator de demanda da seguinte forma:

Demanda máxima dos circuitos de iluminação e de pontos de tomadas (VA) = Fator de demanda x Potência Instalada (W)

$$\text{Demanda máxima} = 0,75 \times (1.600 + 4.400) = 4.500 \text{ W}$$

Dessa forma, obtemos que a demanda máxima dos circuitos de iluminação e tomadas de uso geral do nosso exemplo é 4.500 W.

O fator de demanda dos circuitos independentes é atribuído do número de circuitos independentes previstos no projeto. Ele é, também, um índice adimensional tabelado previsto na NBR 5410, conforme visto na Tabela 9.

Tabela 8 – Fator de demanda para os circuitos de tomadas de uso específicos.

| NÚMERO DE CIRCUITOS INDIVIDUAIS | FATOR DE DEMANDA |
|---------------------------------|------------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 1 |
| 3 | 0.84 |
| 4 | 0.76 |
| 5 | 0.70 |
| 6 | 0.65 |
| 7 | 0.60 |
| 8 | 0.57 |
| 9 | 0.54 |
| 10 | 0.52 |
| 11 | 0.49 |

Fonte: elaboração própria a partir da NBR 5410 (2022).

Demanda máxima dos circuitos de pontos de tomadas específicas (VA) = Fator de demanda x Potência Instalada (W)

$$\text{Demanda máxima} = 0,7 \times 14.000 = 9.800 \text{ W}$$



Desta forma, encontramos que a demanda máxima das tomadas de uso específico é 9.800W.

Reeditando a Tabela 6 após a utilização dos fatores de demanda, temos o resultado apresentado na Tabela 8.

Tabela 9 – Demanda máxima.

| CARGA | POTÊNCIA (W) | FATOR DE DEMANDA | DEMANDA MÁXIMA |
|-------------------|--------------|------------------|----------------|
| Iluminação + TUGs | 6.000 W | 0,75 | 4.500 |
| Tomadas TUEs | 14.000 W | 0,70 | 9.800 |
| Total | 20.000 W | - | 14.300 |

Fonte: elaboração própria (2022).

O valor de 14.300 W corresponde a um valor de potência ativa. Mas, para encontrar a corrente da nossa instalação é preciso transformar a potência ativa (W) em potência aparente (VA). Para isso, devemos utilizar o seguinte:

$$\text{Potência Aparente (VA)} = \text{Potência Ativa (W)} / \text{Fator de potência}$$

$$\text{Potência Aparente (VA)} = 14.300 / 0,95 = 15.052 \text{ VA}$$

Com a potência aparente da instalação do nosso exemplo, calculamos a corrente I_c . Para isso utilizamos a Lei de Ohm.

$$I_c \text{ (A)} = \text{Potência Aparente (VA)} / V \text{ (V)}$$

$$I_c \text{ (A)} = 15.052 \text{ VA} / 220 \text{ (V)} = 68,42 \text{ A}$$

Em circuitos com mais de um nível de tensão de alimentação, utilize sempre a maior tensão fornecida.



Distribuição de circuitos e quadro de cargas

Segundo a NBR 5410, a instalação elétrica de uma residência deve ser dividida em circuitos terminais. A divisão da instalação facilita a manutenção e reduz interferências entre pontos de luz e tomadas. Dimensionar um circuito terminal é determinar a seção dos condutores e a corrente nominal do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes. As recomendações para estabelecer a quantidade de circuitos independentes são:

1. Os circuitos de iluminação devem ser separados dos circuitos de Tomadas de Uso Geral (TUGs) e dos Circuitos de Tomadas de Uso Específico (TUEs);
2. Pontos de tomadas localizados em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais semelhantes devem ser alimentados por circuitos terminais exclusivos;
3. Todo ponto de tomada com utilização prevista para alimentar equipamento com corrente nominal superior a 10 A, de modo exclusivo ou ocasional, deve constituir um circuito independente;
4. As dificuldades referentes à execução da instalação precisam ser consideradas.

Para o nosso exemplo, dividimos a nossa instalação em 10 circuitos terminais, com detalhes exibidos na Tabela 10, da seguinte forma:

1. Dois circuitos de iluminação, uma vez que facilitam a manutenção, evitando desligar toda a iluminação, nesse caso.
2. Três circuitos de tomadas visando não misturar no mesmo circuito os pontos de tomada da cozinha, do corredor e do banheiro com os pontos de tomada da sala e quartos (exceto a suíte por opção de projeto), conforme a recomendação da norma ABNT NBR 5410.
3. Seis circuitos independentes, um para cada chuveiro elétrico e um para cada aparelho de ar-condicionado.

É importante lembrar que a divisão de circuitos foi feita seguindo as orientações da NBR 5410. Em um projeto prático, pode-se optar por uma quantidade menor de circuitos



conforme a necessidade. A Tabela 10 também apresenta o cálculo das correntes de projeto de cada circuito terminal.

Tabela 10 – Circuitos terminais.

| CIRCUITO TERMINAL | CÔMODOS | POTÊNCIA (VA) | CORRENTE DE PROJETO CALCULADA - IC |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| 1- Iluminação | Sala de estar, Sala de jantar, Cozinha e Varanda | $280 + 220 + 100 + 220 = 820$ | $820/220 = 3,72 \text{ A}$ |
| 2- Iluminação | Quarto 1, Quarto 2, Suíte, Hall e Banheiros | $160 + 160 + 160 + 100 + 100 + 100 = 780$ | $780/220 = 3,54 \text{ A}$ |
| 3- Tomadas | Cozinha | 1.900 | $1.900 / 220 = 8,63 \text{ A}$ |
| 4- Tomadas | Quarto 1, Quarto 2, Sala de estar, Sala de jantar e Varanda | $300 + 300 + 400 + 300 + 100 = 1.400$ | $1.400 / 220 = 6,36 \text{ A}$ |
| 5- Tomadas | Suíte, Hall e Banheiros | $300 + 100 + 600 + 600 = 1.600$ | $1.600 / 220 = 7,27 \text{ A}$ |
| 6- Circuito Independente | Chuveiro | $5.600 / 1$ | $5.600 / 220 = 25,45 \text{ A}$ |
| 7- Circuito Independente | Chuveiro | $5.600 / 1$ | $5.600 / 220 = 25,45$ |
| 8- Circuito independente | Condicionador de Ar | $1.000 / 0,92$ | $1.087 / 220 = 4,95 \text{ A}$ |
| 9- Circuito independente | Condicionador de Ar | $1.000 / 0,92$ | $1.087 / 220 = 4,95 \text{ A}$ |
| 10- Circuito independente | Condicionador de Ar | $1.000 / 0,92$ | $1.087 / 220 = 4,95 \text{ A}$ |

Fonte: elaboração própria (2022).

Antes de efetuar o cálculo das correntes de projeto para os circuitos independentes dos aparelhos condicionadores de ar, utilizou-se o fator de potência de 0,92 para transformar de potência ativa em potência aparente. Para os circuitos independentes



dos chuveiros elétricos, por se tratar de carga resistiva, o fator de potência considerado foi 1.

Simbologia em diagramas elétricos

Nas plantas baixas das edificações, utilizamos símbolos gráficos nos diagramas unifilares. Nesse tipo de planta, é indicada a localização exata dos circuitos de iluminação, de força, do quadro de distribuição, pontos de iluminação, etc.

A NBR 5444/1989 – era a norma brasileira que tratava dos símbolos gráficos para instalações elétricas prediais, mas ela foi cancelada pela ABNT em 10/11/2014, que atualmente recomenda a utilização das normas internacionais: NBR IEC 60617 e NBR IEC 60417 em substituição. Contudo, a NBR 5444 continua sendo referência na simbologia elétrica residencial, pela sua facilidade de compreensão, por não existir outra norma brasileira que a substitua e pela inexistência das normas NBR IEC 60617 e NBR IEC em português. Porém, a utilização da NBR 5444 ou da NBR IEC 60617 e NBR IEC 60417 não é uma obrigação. Afinal, como toda simbologia deve ser especificada na legenda do projeto, então o profissional pode optar por utilizar uma simbologia própria. Aqui utilizaremos a NBR 5444.

Tabela 11 – Simbologia de acordo com a NBR 5444.

| ELEMENTO | SÍMBOLO | EXEMPLO | ELEMENTO | SÍMBOLO | EXEMPLO |
|--------------------------------------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|---------|
| Quadro Geral de Luz e Força aparente ou embutida | | | Ponto de Tomada baixa | | |
| Quadro parcial de Luz e Força aparente | | | Ponto de Tomada meia altura | | |
| Ponto de Luz no teto | | | Ponto de Tomada alta | | |
| Ponto de Luz na parede | | | Interruptor simples | | |



| | | | | | |
|---------------------------------------------------------------|--|--|------------------------------------------|--|--|
| Ponto de luz embutido no teto | | | Interruptor paralelo | | |
| Campainha | | | Interruptor intermediário | | |
| Eletroduto que sobe Eletroduto que desce | | | Interruptor duplo | | |
| Eletroduto que passa descendo Eletroduto que passa subindo | | | Interruptor Triplo | | |
| Condutores: Neutro Fase Terra Retorno | | | Eletroduto embutido no teto ou na parede | | |
| | | | No piso | | |
| | | | Tubulação campainha, som... | | |

Fonte: elaboração própria (2022).

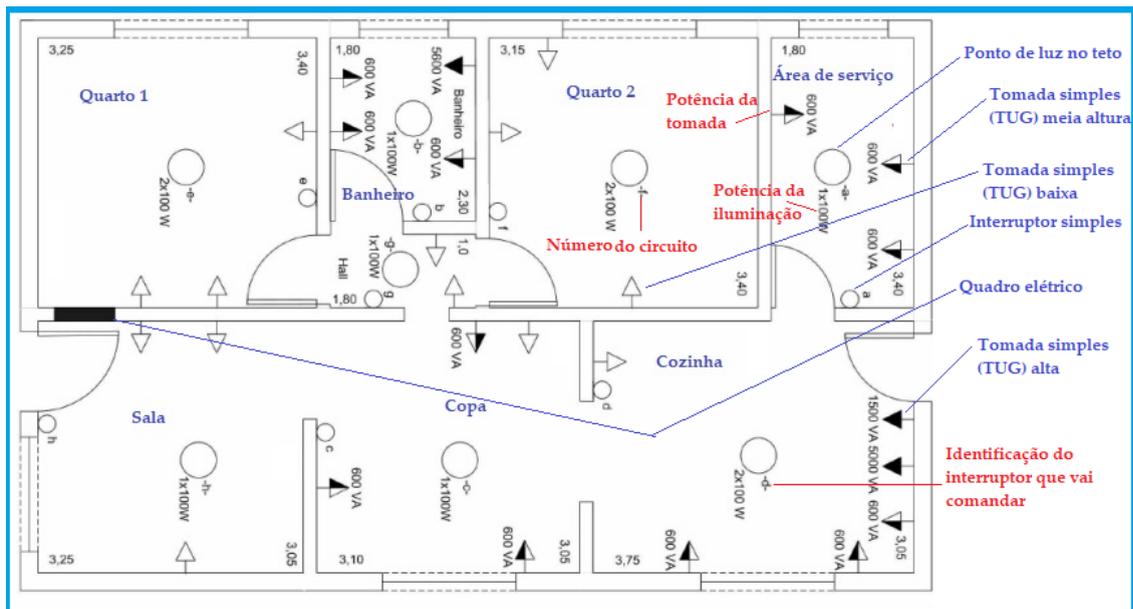
Roteiro para executar a distribuição elétrica em planta

Em um projeto de instalações elétricas é necessário apresentar, de forma clara, a localização das tomadas, dos pontos de iluminação, dos quadros geral e terminal, dos percursos dos eletrodutos e dos condutores, distribuição da carga, proteções etc. Assim, na planta baixa, devemos no mínimo representar, em diagrama unifilar:



1. A localização dos pontos de consumo de energia elétrica, seus comandos e indicações dos circuitos a que estão ligados e a localização dos quadros e centros de distribuição (Figura 47); e

Figura 47 – Localização das cargas na planta baixa.

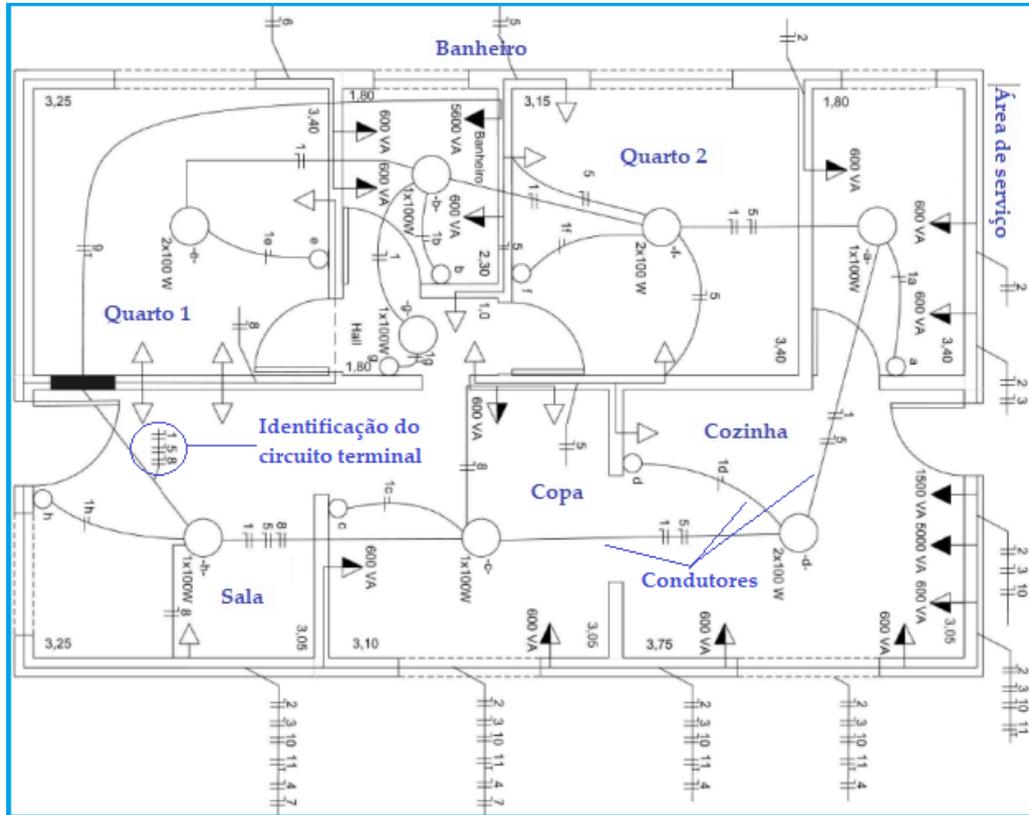


Fonte: adaptado de

<http://www.lapsi.eletr.ufrgs.br/~luzifg/disciplinas_IEPrediais_arquivos/ENG04482_aula_11_Esquemas_Instalacoes.pdf>. Acesso em: 01 de abril de 2020.

2. Localização e trajeto dos condutores e condutos com as identificações dos circuitos terminais a que pertencem.

Figura 48 – Localização dos condutores e circuitos na planta baixa.



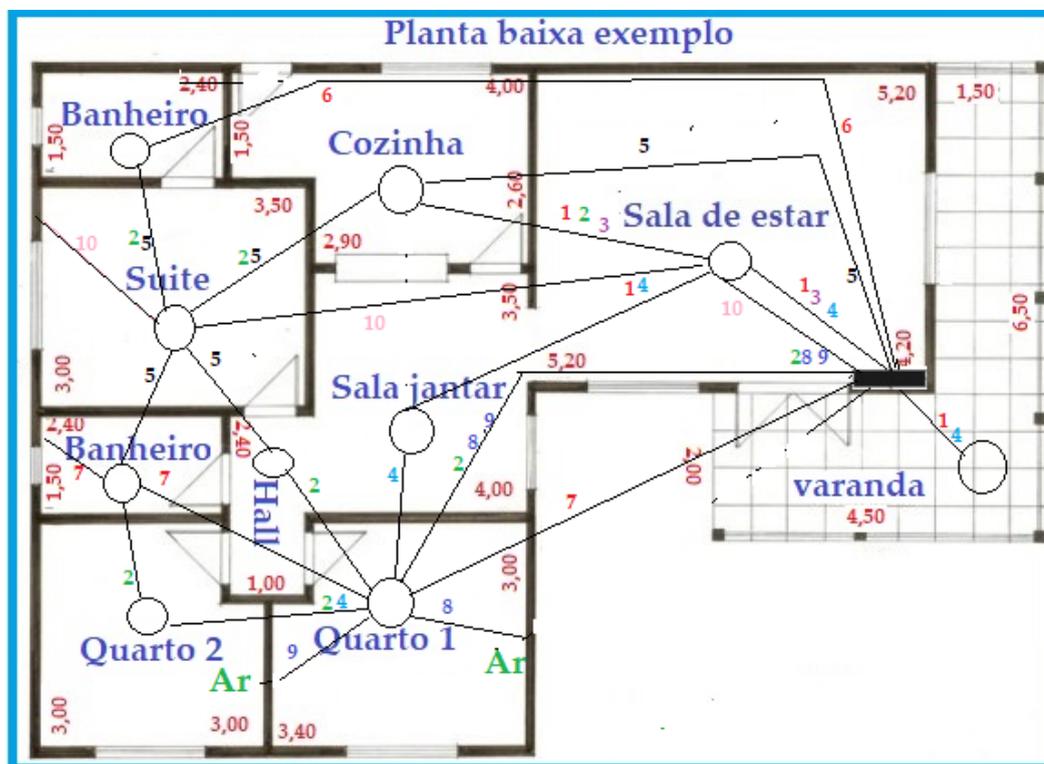
Fonte: adaptado de <http://www.lapsi.eletroufrgs.br/~luizfg/disciplinas_IEPrediais_arquivos/ENG04482_aula_11_Esquemas_Instalacoes.pdf>. Acesso em: 01 de abril de 2020.

Especificação da cablagem e eletrodutos dos circuitos internos

Após a localização e trajeto dos condutores e condutos, precisamos informar as suas respectivas seções e dimensões e os tipos e valores nominais dos dispositivos de manobra e proteção, com as correntes de projeto calculadas (I_c) de cada circuito terminal, apresentadas na Tabela 10, e seus respectivos fatores de agrupamento. O fator de agrupamento de um circuito é encontrado em função do maior número de circuitos que estão agrupados em um mesmo eletroduto.



Figura 49 – Planta com circuitos terminais e localização dos condutores.



Fonte: elaboração própria (2022).

Para o nosso exemplo, e conforme distribuição dos circuitos (Figura 49), o agrupamento dos circuitos ficou como mostrado na Tabela 12.

Tabela 12 – Agrupamento dos circuitos.

| CIRCUITO TERMINAL | CÔMODOS | MAIOR Nº DE CIRCUITOS AGRUPADOS NO MESMO ELETRODUTO | FATOR DE AGRUPAMENTO |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|
| 1- Iluminação | Sala de estar, Sala de jantar, Cozinha e Varanda | 3 | 0,70 |
| 2- Iluminação | Quarto 1, Quarto 2, Suíte, Hall e Banheiros | 3 | 0,70 |
| 3- Tomadas | Cozinha | 1 | 1 |
| 4- Tomadas | Quarto 1, Quarto 2, Sala de estar, Sala de jantar e Varanda | 3 | 0,70 |
| 5- Tomadas | Suíte, Hall e Banheiros | 2 | 0,80 |



| CIRCUITO TERMINAL | CÔMODOS | MAIOR Nº DE CIRCUITOS AGRUPADOS NO MESMO ELETRODUTO | FATOR DE AGRUPAMENTO |
|---------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 6- Circuito Independente | Chuveiro | 1 | 1 |
| 7- Circuito Independente | Chuveiro | 1 | 1 |
| 8- Circuito independente | Condicionador de Ar | 2 | 0,80 |
| 9- Circuito independente | Condicionador de Ar | 2 | 0,80 |
| 10- Circuito independente | Condicionador de Ar | 1 | 1 |
| Circuito de distribuição | Alimenta o quadro de distribuição vindo do medidor | 1 | 1 |

Fonte: elaboração própria (2022).

Na construção da Tabela 12, usou-se os fatores de agrupamento em função do número de circuitos agrupados, conforme definido pela NBR 5410 e apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – Fator de agrupamento dos circuitos.

| NÚMERO DE CIRCUITOS AGRUPADOS | FATOR DE AGRUPAMENTO |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 0,80 |
| 3 | 0,70 |
| 4 | 0,65 |
| 5 | 0,60 |
| 6 | 0,56 |
| 7 | 0,55 |

Fonte: elaboração própria, conforme delimitado pela NBR 5410 (2022).



Para determinar o valor da corrente de projeto corrigida (I_b), dividimos a corrente (I_c) dos circuitos terminais, calculada anteriormente, pelo respectivo fator de agrupamento encontrado.

Tabela 14 – Corrente de projeto I_b corrigida.

| CIRCUITO TERMINAL | CORRENTE DE PROJETO CALCULADA - I_c | FATOR DE AGRUPAMENTO | CORRENTE DE PROJETO CORRIGIDA- I_b |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1 - Iluminação | 3,72 A | 0,70 | 5,30 A |
| 2 - Iluminação | 3,54 A | 0,70 | 5,05 A |
| 3 - Tomadas | 8,63 A | 1 | 8,63 A |
| 4 - Tomadas | 6,36 A | 0,70 | 9,08 A |
| 5 - Tomadas | 7,27A | 0,80 | 9,08 A |
| 6 - Circuito independente | 25,45 A | 1 | 25,45 A |
| 7 - Circuito independente | 25,45 A | 1 | 25,45 A |
| 8 - Circuito independente | 4,95 A | 0,80 | 6,20 A |
| 9 - Circuito independente | 4,95 A | 0,80 | 6,20 A |
| 10 - Circuito independente | 4,95 A | 1 | 4,95 A |
| 11 - Circuito de distribuição | 68,42 A | 1 | 68,42 A |

Fonte: elaboração própria (2022).

Com a corrente de projeto (I_b) de todos os circuitos terminais e de distribuição devidamente calculada, dimensionamos adequadamente os condutores para cada um deles. Para isso, utilizaremos a Tabela 15, que apresenta alguns tipos de linhas elétricas segundo critérios da NBR 5410, onde se encontra o método de referência para se instalar condutores numa instalação residencial.



Tabela 15 – Tipos de linhas elétricas.

| MÉTODO DE INSTALAÇÃO | ESQUEMA ILUSTRATIVO | DESCRIÇÃO | MÉTODO DE REFERÊNCIA |
|----------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 3 | | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto | B1 |
| 4 | | Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto | B2 |
| 5 | | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede | B1 |
| 7 | | Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria | B1 |
| 8 | | Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria | B2 |
| 22 | | Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção | B2: $1,5D_e \leq V \leq 20D_e$ B1: $V \geq 20D_e$ |
| 61 | | Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a) | D |
| 61A | | Cabos unipolares em eletroduto (de seção não-circular ou não) ou em canaleta não ventilada enterrado(a) | D |
| 63 | | Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional | D |
| 71 | | Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura | A1 |

Fonte: adaptado de tipos de linhas elétricas da Norma ABNT 5410.



Para o nosso projeto exemplo, vamos considerar que eletrodutos são de seção circular e estão embutidos nas lajes e paredes de alvenaria e que estamos utilizando condutores isolados. Dessa forma, usa-se o método de instalação 7 da Tabela 14, cujo método de referência é B1. Para o circuito de distribuição, o método de instalação é o 61A da Tabela 15 e método de referência D.

Após a definição do método de referência, utilizamos a Tabela 16 para encontrar a seção mínima dos condutores para cada circuito terminal.

Tabela 16 – Capacidades de condução de corrente em relação aos métodos de referência B1, B2 e D.

| SEÇÕES NOMINAIS (MM) ² | MÉTODOS DE REFERÊNCIA CONFORME INDICADO NA TABELA | | | | | |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|------|------|----|-----|----|
| | B1 | | B2 | | D | |
| | NÚMERO DE CONDUTORES CARREGADOS (ENERGIZADOS) | | | | | |
| | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE EM AMPÈRES | | | | | | |
| 0,5 | 9 | 8 | 9 | 8 | 12 | 10 |
| 0,75 | 11 | 10 | 11 | 10 | 15 | 12 |
| 1 | 14 | 12 | 13 | 12 | 18 | 15 |
| 1,5 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15 | 22 | 18 |
| 2,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 29 | 24 |
| 4 | 32 | 28 | 30 | 27 | 38 | 31 |
| 6 | 41 | 36 | 38 | 34 | 47 | 39 |
| 10 | 57 | 50 | 52 | 46 | 63 | 52 |
| 16 | 76 | 68 | 69 | 62 | 81 | 67 |
| 25 | 101 | 89 | 90 | 80 | 104 | 86 |

Fonte: elaboração própria com base em Manual Schneider (2009).

A Tabela 16 é uma versão resumida da tabela existente na norma NBR 5410, contando apenas com os valores mais comuns em instalações residenciais. Os dados desta tabela se aplicam a condutores de cobre com isolamento de PVC e temperaturas de 70°C nas temperaturas ambiente de referência: 30°C (ar) e 20°C (solo).



IMPORTANTE

Nesta tabela, a quantidade de condutores carregados no circuito é a quantidade de condutores fases ou neutros!

De posse das correntes corrigidas de cada circuito terminal (Tabela 14) e sabendo que o método de referência que devemos utilizar é B1, encontramos os valores de seção mínima para cada circuito terminal (Tabela 17). Porém, a norma NBR 5410 determina a prevalência do critério que define as seções mínimas para os condutores de acordo com a sua utilização, ou seja: 1,5mm² para Iluminação e 2,5mm² para alimentação de pontos de tomadas, circuitos independentes e distribuição.

Tabela 17 – Seção mínima dos condutores dos circuitos.

| CIRCUITO TERMINAL | NÚMERO DE CONDUTORES CARREGADOS | CORRENTE DE PROJETO CORRIGIDA IB (A) | SEÇÃO NOMINAL MÍNIMA (MM) ² | SEÇÃO NOMINAL MÍNIMA SEGUNDO SUA UTILIZAÇÃO (MM) ² |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1 - Iluminação | 2 | 5,30 | 0,5 | 1,5 |
| 2 - Iluminação | 2 | 5,05 | 0,5 | 1,5 |
| 3 - Tomadas | 2 | 8,63 | 0,5 | 2,5 |
| 4 - Tomadas | 2 | 9,08 | 0,75 | 2,5 |
| 5 - Tomadas | 2 | 9,08 | 0,75 | 2,5 |
| 6 - Circuito independente | 2 | 25,45 | 4,0 | 4,0 |
| 7 - Circuito independente | 2 | 25,45 | 4,0 | 4,0 |
| 8 - Circuito independente | 2 | 6,20A | 0,5 | 2,5 |
| 9 - Circuito independente | 2 | 6,20 | 0,5 | 2,5 |
| 10 - Circuito independente | 2 | 4,95 | 0,5 | 2,5 |
| 11 - Circuito de distribuição | 3 | 68,42 | 25 | 25 |

Fonte: elaboração própria, a partir da ABNT 5410 (2022).



IMPORTANTE

Quando o quadro de distribuição ou quadro do medidor estiverem localizados distantes da casa, deve-se verificar o comprimento máximo do condutor em função da queda de tensão!

Nas instalações elétricas residenciais, os condutores neutro e de proteção acompanham a mesma seção dimensionada para os circuitos terminais. Contudo, a NBR 5410 permite a utilização de condutores de neutro e de proteção com seção menor que a obtida no dimensionamento em alguns casos, de acordo com a Tabela 18.

1. Condutor de neutro: em circuitos trifásicos em que a seção obtida no dimensionamento seja igual ou maior que 35 mm²;
2. Condutor de proteção: em circuitos em que a seção obtida seja igual ou maior que 25mm².

Tabela 18 – Seções mínimas dos condutores: neutro e proteção.

| SEÇÃO DOS CONDUTORES DIMENSIONADOS (MM ²) | SEÇÃO DO CONDUTOR NEUTRO (MM ²) | SEÇÃO DO CONDUTOR DE PROTEÇÃO (MM ²) |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 25 | 25 | 16 |
| 35 | 25 | 16 |
| 50 | 25 | 25 |
| 70 | 35 | 35 |
| 95 | 50 | 50 |

Fonte: elaboração própria a partir da NBR 5410 (2022).

Com as seções dos condutores dos circuitos terminais dimensionadas, o passo seguinte é dimensionar os eletrodutos. O valor nominal dos eletrodutos é o tamanho do seu diâmetro externo. Recomenda-se que os condutores não ocupem mais que 40% da área útil dos eletrodutos, de forma que possa permitir com facilidade a passagem dos condutores no seu interior.



Figura 50 – Definição do diâmetro do eletroduto.



Fonte: adaptado de Senai (2008).

Os parâmetros importantes na definição do diâmetro do eletroduto são o número de condutores que passarão por eles e a maior seção nominal destes condutores. Assim, para se determinar qual o diâmetro externo dos eletrodutos, utilizamos a Tabela 19.

Tabela 19 – Definição do diâmetro do eletroduto.

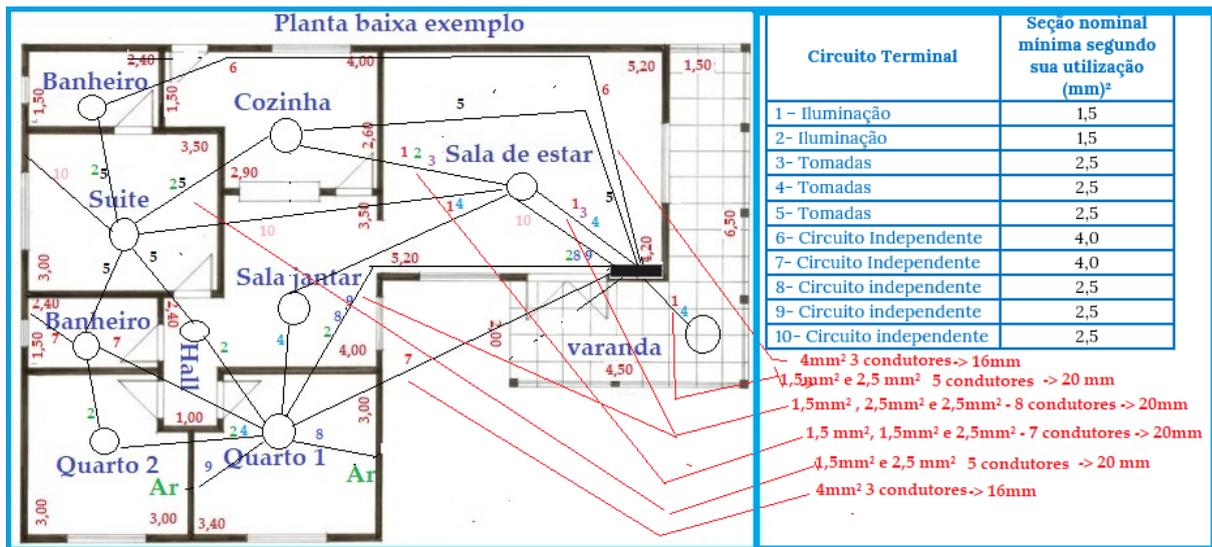
| SEÇÃO NOMINAL (MM ²) | NÚMERO DE CONDUTORES DENTRO DO ELETRODUTO | | | | | | | | | | Tamanho nominal do eletroduto (mm) |
|----------------------------------|-------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|------------------------------------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1,5 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 20 | 20 | 20 | | |
| 2,5 | 16 | 16 | 16 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | | |
| 4 | 16 | 16 | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | | |
| 6 | 16 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | | |
| 10 | 20 | 20 | 25 | 25 | 32 | 32 | 32 | 40 | 40 | | |
| 16 | 20 | 25 | 25 | 32 | 32 | 40 | 40 | 40 | 40 | | |
| 25 | 25 | 32 | 32 | 40 | 40 | 40 | 50 | 50 | 50 | | |
| 35 | 25 | 32 | 40 | 40 | 50 | 50 | 50 | 50 | 60 | | |
| 50 | 32 | 40 | 40 | 50 | 50 | 60 | 60 | 60 | 75 | | |
| 70 | 40 | 40 | 50 | 60 | 60 | 60 | 75 | 75 | 75 | | |
| 95 | 40 | 50 | 60 | 60 | 75 | 75 | 75 | 85 | 85 | | |
| 120 | 50 | 50 | 60 | 75 | 75 | 75 | 85 | 85 | | | |
| 150 | 50 | 60 | 75 | 75 | 85 | 85 | | | | | |
| 185 | 50 | 75 | 75 | 85 | 85 | | | | | | |
| 240 | 60 | 75 | 85 | | | | | | | | |

Fonte: elaboração própria, adaptada de NBR 5410 (2022).



O dimensionamento dos eletrodutos do nosso exemplo apontou para eletrodutos de 20 mm na maioria dos trechos, conforme Figura 51.

Figura 51 – Dimensionamento dos eletrodutos.



Fonte: elaboração própria (2022).

Especificação dos dispositivos de seccionamento, proteção e aterramento;

Para o dimensionamento do disjuntor, a sua corrente nominal (I_n) deve ser maior que a corrente de projeto do circuito corrigida (I_b) e igual ou menor que a corrente máxima (I_z) do condutor escolhido.

Para o dimensionamento do DR, a sua corrente nominal (I_n) deve ser maior ou igual à corrente do disjuntor. Na maioria das vezes, nas instalações elétricas residenciais ou similares, a corrente diferencial residual nominal (ID_n) do dispositivo DR é de 30 mA.



Tabela 20 – Dimensionamento dos dispositivos de proteção.

| CIRCUITO TERMINAL | CORRENTE DE PROJETO CORRIGIDA IB (A) | SEÇÃO NOMINAL MÍNIMA SEGUNDO SUA UTILIZAÇÃO (MM)² | CORRENTE MÁXIMA IZ (A) | CORRENTE NOMINAL DO DISJUNTOR (IN) A | CORRENTE NOMINAL DO DR (IDN) A |
|------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 - Iluminação | 5,30 | 1,5 | 17,5 | 16 | 25 |
| 2- Iluminação | 5,05 | 1,5 | 17,15 | 16 | 25 |
| 3- Tomadas | 8,63 | 2,5 | 24 | 20 | 25 |
| 4- Tomadas | 9,08 | 2,5 | 24 | 20 | 25 |
| 5- Tomadas | 9,08 | 2,5 | 24 | 20 | 25 |
| 6- Circuito Independente | 25,45 | 4,0 | 32 | 32 | 40 |
| 7- Circuito Independente | 25,45 | 4,0 | 32 | 32 | 40 |
| 8- Circuito independente | 6,20A | 2,5 | 24 | 20 | 25 |
| 9- Circuito independente | 6,20 | 2,5 | 24 | 20 | 25 |
| 10- Circuito independente | 4,95 | 2,5 | 24 | 20 | 25 |
| 11- Circuito de distribuição | 68,42 | 25 | 86 | 70 | - |

Fonte: elaboração própria (2022).

Os valores de corrente máxima que cada circuito suporta (I_z) foram obtidos a partir da Tabela 16.

Categoria de atendimento e entrada de serviço

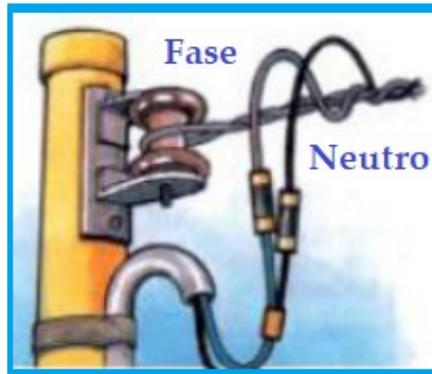
Monofásico

O fornecimento monofásico é feito por meio de dois condutores, sendo um fase e outro neutro, com valores nominais de tensão de 127 V ou 220 V. Este tipo de fornecimento, normalmente, é utilizado nos casos em que a potência ativa total da instalação é inferior



a 10 kW para tensão de fornecimento 220/127 V e 15 kW para tensão de fornecimento 380/220 V (NEOENERGIA, 2021).

Figura 52 – Fornecimento monofásico.

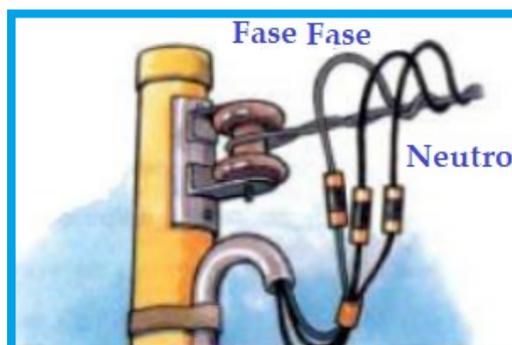


Fonte: adaptado de: <https://www.ufjf.br/ivo_junior/files/2010/12/ENE065_26_03_20121.pdf>. Acesso em: 02 de abril de 2020.

Bifásico

O fornecimento bifásico é feito a três por meio de dois condutores fases e um condutor neutro, com tensão nominal de 110 ou 127 V entre fase e neutro e de 220 V entre fase e fase. Normalmente, é utilizado nos casos em que a potência ativa total da instalação é maior que 18 kW para tensão de fornecimento 220/127 V e inferior a 40 kW para tensão de fornecimento 380/220 V (NEOENERGIA, 2021).

Figura 53 – Fornecimento bifásico.



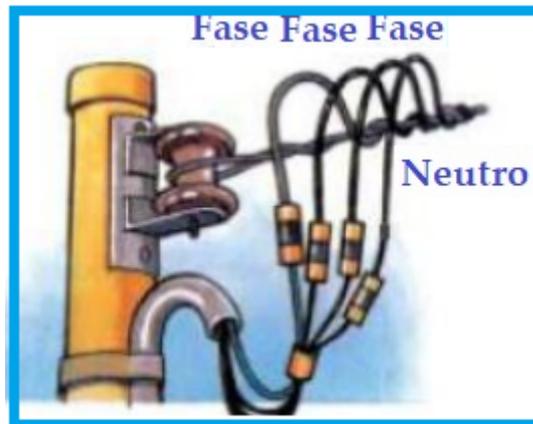
Fonte: adaptado de: <https://www.ufjf.br/ivo_junior/files/2010/12/ENE065_26_03_20121.pdf>. Acesso em: 02 de abril de 2020.



Trifásico

O fornecimento trifásico é feito por meio de quatro condutores, sendo três condutores fase e um condutor neutro, com tensão de 110 ou 127 V entre fase e neutro e de 220 V entre fase e fase. Normalmente, é utilizado nos casos em que as instalações possuem carga instalada até 75 kW e demanda de 75 kVA para tensão de fornecimento 220/127 V ou 380/220 V. Equipamentos que apresentam potências superiores às definidas nas normas da Cosern são submetidos a estudo específico para o fornecimento (NEOENERGIA, 2021).

Figura 54 – Fornecimento trifásico.



Fonte: adaptado de: <https://www.ufjf.br/ivo_junior/files/2010/12/ENE065_26_03_20121.pdf>. Acesso em 02 de abril de 2020.

Entrada de serviço

Uma vez determinado o tipo de fornecimento, pode-se determinar também o padrão de entrada. A entrada de serviço compreende desde o ponto de derivação na rede de distribuição secundária até o ponto de conexão nos bornes do medidor (NEOENERGIA, 2021). Cada unidade consumidora é atendida através de uma única entrada de serviço e um só ponto de entrega. Com o padrão de entrada pronto e definido, de acordo com as normas técnicas, é dever da concessionária fazer uma inspeção. Se a instalação estiver correta, a concessionária instala e liga o medidor e o ramal de ligação.



O ponto de entrega

O ponto de entrega é a conexão do sistema elétrico da concessionária com as instalações de energia do cliente, sendo o ponto até o qual a concessionária se responsabiliza pela execução dos serviços, pela operação e manutenção, devendo situar-se no local onde forem instalados os equipamentos de medição.

Padrão de entrada

O padrão de entrada é a instalação que compreende o ramal de entrada, poste particular ou pontalete, caixa de medição, dispositivo de proteção, eletrodo de aterramento e ferragens, preparada de forma a permitir a ligação de uma unidade consumidora à rede da concessionária.

Ramal de ligação

O ramal de ligação e os equipamentos de medição (medidores, transformadores de corrente e acessórios) são de responsabilidade da concessionária de energia. Já a entrada de serviço (poste, caixa para medição, eletrodutos, condutores do ramal de entrada, dispositivo de proteção, armação secundária, isolador e outros) são de responsabilidade do consumidor. A Figura 55 mostra o ponto de entrega, o ramal de ligação, circuito de distribuição e circuitos terminais, medidor e ponto de aterramento de uma instalação elétrica residencial.

Ramal de entrada

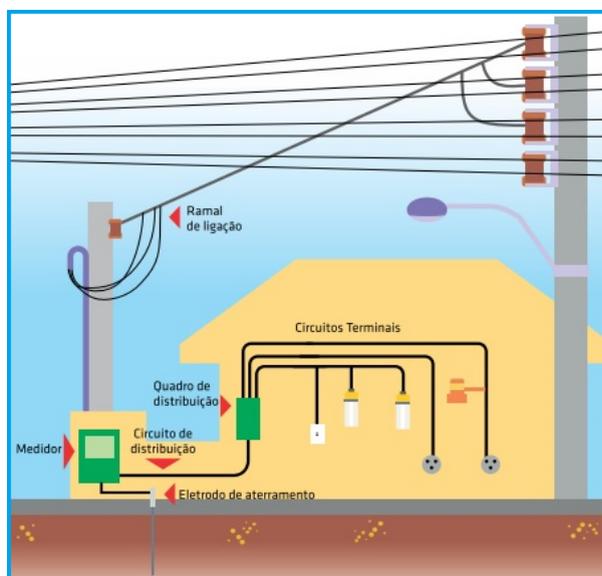
O ramal de entrada é o conjunto de condutores e acessórios que liga o ponto de entrega à medição.

Terminal de aterramento principal

O terminal de aterramento principal é o barramento necessário à realização da ligação equipotencial principal.



Figura 55 – Ponto de entrega padrão – Neoenergia.



Fonte: <https://br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Manual_Prysmian_1_0%20%281%29.pdf>. Acesso em: 05 de abril de 2020.

Com o padrão de entrada feito e o medidor e ramal de serviço ligados, a energia elétrica fornecida pela concessionária estará disponível e poderá ser utilizada.

Aterramento elétrico

Aterramento é a ligação intencional de um condutor à terra. Ele objetiva assegurar sem perigo o escoamento das correntes de falta e fuga para terra, satisfazendo as necessidades funcionais das instalações e de segurança das pessoas. Em uma instalação elétrica, o aterramento pode ser de dois tipos: aterramento funcional e aterramento de proteção.

Tipos de aterramento

Aterramento funcional consiste na ligação à terra de um dos condutores do sistema (o neutro), com o objetivo de garantir o funcionamento correto, seguro e confiável da instalação.

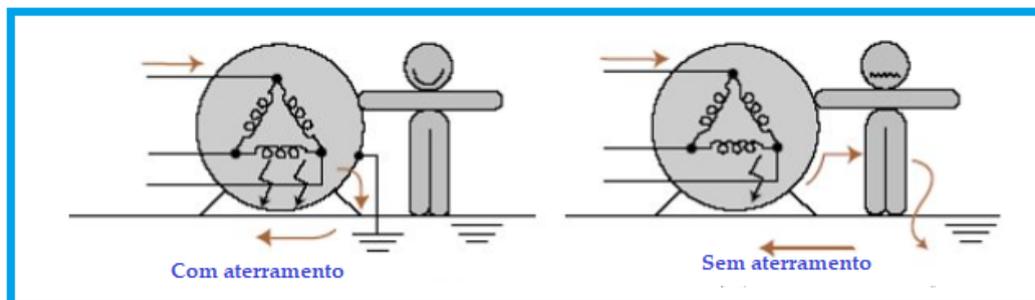


Aterramento de proteção consiste na ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação (carcaças dos motores e transformadores, quadros metálicos etc.), com o único objetivo de proporcionar proteção contra choque elétrico por contatos indiretos.

IMPORTANTE

A massa é a parte condutora de um componente ou de uma instalação que pode ser tocada facilmente e que normalmente não é energizada, mas que pode tornar-se energizada em condições de faltas ou defeito (Cervelin, 2013).

Figura 56 – Percurso da corrente de fuga com o aterramento e sem o aterramento.



Fonte: adaptado de: <<https://docente.ifrn.edu.br/jeangaldino/disciplinas/2015.1/instalacoes-eletricas>>. Acesso em 04 de abril de 2022.

Esquemas de aterramento

A NBR 5410 designa os esquemas de aterramento através de um conjunto de letras, em que cada uma delas possui um significado na composição do nome do tipo de aterramento:

- A primeira letra indica a situação da alimentação em relação à terra, em que **T** é usado para um ponto diretamente aterrado e **I** quando todas as partes vivas estão isoladas



em relação à terra ou através de uma impedância de aterramento, a fim de limitar a corrente de curto-circuito para a terra.

- A segunda letra indica a situação das massas em relação à terra, em que **T** é o usado quando as massas são diretamente aterradas, independentemente de eventual aterramento de um ponto de alimentação, e **N** quando as massas são ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado, normalmente, é o ponto neutro.
- Outras letras eventualmente são usadas para indicar a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, que são: **S**, usado quando as funções de neutro e de condutor de proteção são realizadas por condutores distintos, separados; e **C**, quando as funções de neutro e de condutor de proteção são combinadas num único condutor, denominado condutor PEN. A Tabela 19 apresenta os esquemas de aterramento de forma simplificada.

Tabela 21 – Identificação dos esquemas de aterramento.

| PRIMEIRA LETRA | SITUAÇÃO DA ALIMENTAÇÃO EM RELAÇÃO AO TERRA |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|
| T | para um ponto diretamente aterrado |
| I | Isolação de Fase e Neutro em relação ao Terra |
| Segunda Letra | Situação das massas da instalação em relação ao terra |
| T | para massas diretamente aterradas |
| N | massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado |
| Letra Adicional | disposição do condutor neutro e do condutor de proteção |
| S | neutro e proteção são condutores diferentes |
| C | neutro e proteção são combinadas em um único condutor |

Fonte: elaboração própria (2022).

Esquemas TN

O esquema TN possui um ponto da alimentação diretamente aterrado e as massas são ligadas a esse ponto por meio de condutores de proteção. Existem três variações do esquema TN, conforme disposição dos condutores neutro e de proteção.

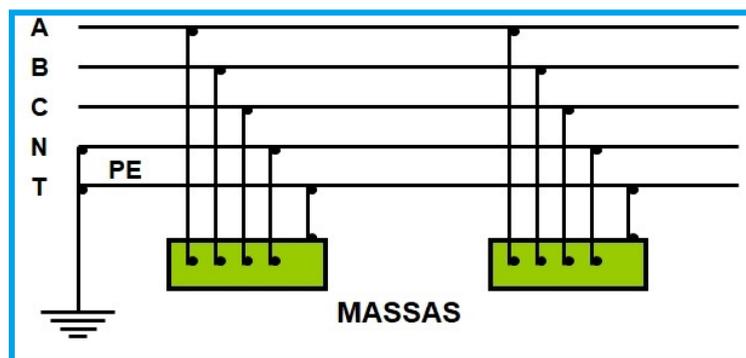
Esquema TN-S

No esquema TN-S, os condutores neutro e proteção são distintos (N e PE). Esse esquema é comumente utilizado em instalações elétricas prediais, por torná-las mais eficientes e seguras, favorecendo a atuação dos dispositivos de proteção (dispositivos



DR). A Figura 57 apresenta este esquema de ligação. Nela, é possível perceber a separação entre os condutores N e PE e a conexão das massas diretamente no condutor PE.

Figura 57 – Esquema de aterramento TN-S.

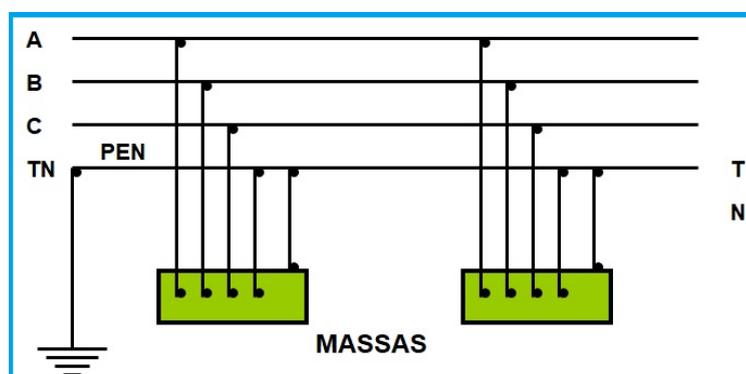


Fonte: adaptado de: <<https://eletricidadeseemsegredosblog.wordpress.com/2018/01/12/esquemas-de-aterramento-nbr-5410/>>. Acesso em: 28 de março de 2022.

Esquemas TN-C

No esquema TN-C, as funções de neutro e proteção são combinadas em um único condutor em toda instalação, conforme pode ser visto na Figura 58.

Figura 58 – Esquema TN-C.



Fonte: adaptado de: <<https://eletricidadeseemsegredosblog.wordpress.com/2018/01/12/esquemas-de-aterramento-nbr-5410/>>. Acesso em: 28 de março de 2022.

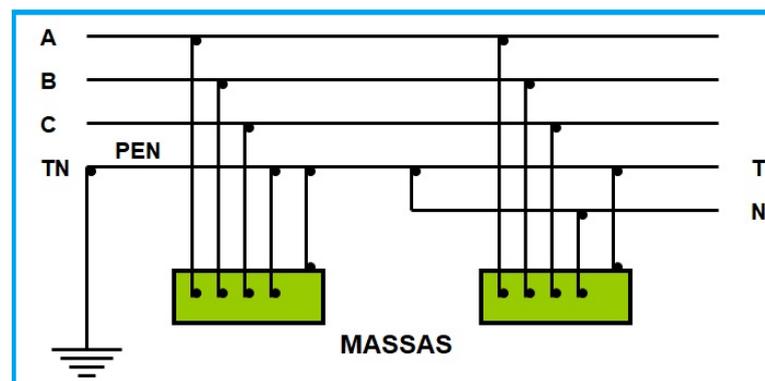


A NBR 5410 admite o uso de um mesmo e único condutor para as funções de condutor de proteção e neutro (PEN) somente em instalações fixas, desde que sua seção não seja inferior a 10mm². O esquema TN-C não admite o uso de dispositivos DR e apresenta perigo em situações de rompimento do condutor PEN, uma vez que existe a possibilidade de energização da massa do equipamento.

Esquema TN-C-S

No esquema TN-C-S, as funções neutro e proteção são combinadas em um único condutor em determinado trecho do circuito e separadas posteriormente, conforme pode ser visto na Figura 59.

Figura 59 – Esquema de aterramento TN-C-S.



Fonte: adaptado de: <<https://eletricidadeemsegredosblog.wordpress.com/2018/01/12/esquemas-de-aterramento-nbr-5410/>>. Acesso em 28 de março de 2022.

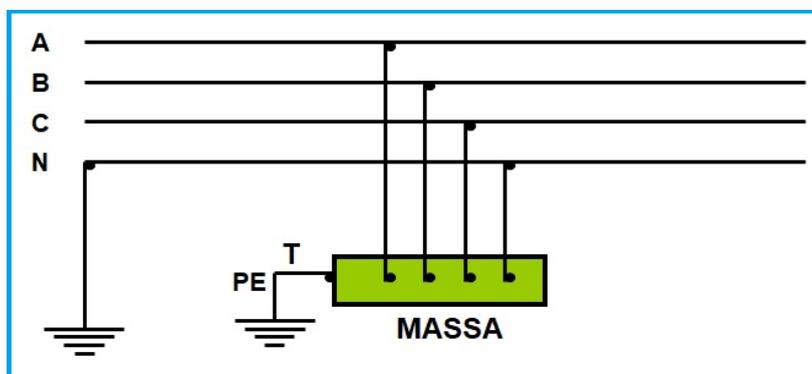
O esquema TN-C nunca deve ser utilizado a jusante do sistema TN-S e sua proteção deve ser garantida por dispositivos DR, por ser o único meio adequado para proteção contra choques elétricos.

Esquemas TT

No esquema TT, o ponto de alimentação do condutor neutro está diretamente aterrado e as massas da instalação estão ligadas a um ou mais eletrodos de aterramento independentes do aterramento da alimentação. Na Figura 60, é possível verificar a independência entre o aterramento da entrada e o aterramento da massa.



Figura 60 – Esquema TT.



Fonte: adaptado de: <<https://eletricidadeseemsegredosblog.wordpress.com/2018/01/12/esquemas-de-aterramento-nbr-5410/>>. Acesso em: 28 de março de 2022.

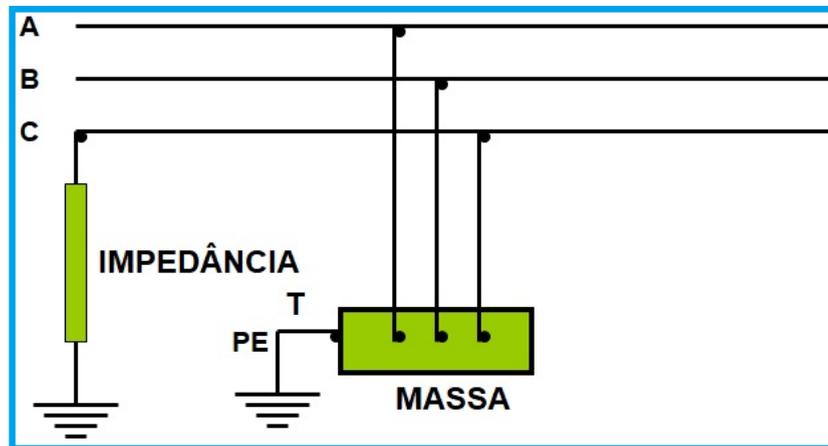
No esquema TT, a corrente de curto-circuito depende da qualidade do aterramento da fonte e da massa. Além disso, todas as massas devem estar protegidas contra contatos indiretos, sendo ligadas a um único ponto, para evitar falhas e surgimento de tensões de passo. Se o aterramento não for bom, a proteção pode não atuar ou demorar muito, colocando em risco a segurança humana. Este tipo de aterramento é recomendado quando a fonte de alimentação e a carga estiverem distantes umas da outra.

Esquema IT

No esquema IT, não existe ponto da alimentação diretamente aterrado, de forma que ele é isolado da terra ou aterrado por uma elevada impedância (Z) e as massas são aterradas diretamente por eletrodos, como se pode notar na Figura 61.



Figura 61 – Esquema IT.



Fonte: adaptado de <<https://eletricidadeseemsegredosblog.wordpress.com/2018/01/12/esquemas-de-aterramento-nbr-5410/>>. Acesso em: 28 de março de 2022.

No esquema IT, a corrente resultante de uma falta fase-massa não possui, geralmente, intensidade suficiente para fazer a proteção atuar, o que pode representar risco de choque por contato indireto em caso de toque na massa energizada, devido às capacitâncias da linha em relação à terra, principalmente se forem considerados alimentadores longos, sendo o DR o dispositivo mais indicado para a proteção contra contatos indiretos. Neste esquema, a proteção deverá atuar em uma falta de fase-massa em duas fases distintas. O seu uso é recomendado onde é indispensável a continuidade do serviço (hospitais, indústrias etc).

Aterramento com relação à ligação na concessionária

Segundo as normas da concessionária local, o condutor de proteção destinado ao aterramento de massa da instalação interna do consumidor deve estar de acordo com a norma ABNT NBR 5410 e deve ser instalado próximo da caixa para medição, a uma distância até 0,50 m em relação à projeção da parte frontal do compartimento da proteção geral da caixa (em qualquer sentido). O aterramento deve ser feito com cantoneira de aço-carbono com revestimento de zinco por imersão a quente, de 25 x 25 x 5 mm com 2 400 mm de comprimento ou com haste de aço revestido



de cobre de 13 mm de diâmetro (mínimo) e 2.400 mm de comprimento e demais características conforme ABNT NBR 13571. O ponto de ligação do condutor de aterramento na haste deve estar protegido com massa e deve existir a conexão do condutor de aterramento com o neutro. O aterramento do neutro e das massas é obrigatório para todas as instalações elétricas, conforme estabelecido na ABNT NBR 5410. A concessionária local exige que toda unidade consumidora, incluindo as destinadas ao fornecimento provisório ou temporário, deve ser dotada de sistema de aterramento (NEOENERGIA, 2020).

Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas - SPDA

O SPDA é um sistema completo destinado a proteger uma estrutura contra os efeitos das descargas atmosféricas, encaminhando a energia do raio desde o ponto em que ele atinge a estrutura até o aterramento, da maneira mais rápida e segura possível. Ele é composto de um subsistema de captores (para-raios, terminais etc), subsistema de condutores de descida (ou interligação) e o subsistema de aterramento (hastes, cabos, etc.), conforme resumo mostrado na Tabela 22 e exemplificado na Figura 62.

IMPORTANTE

O para-raio é um SPDA que tem como objetivo encaminhar a energia do raio, desde o ponto que ele atinge a edificação até o aterramento, o mais rápido e seguro possível.



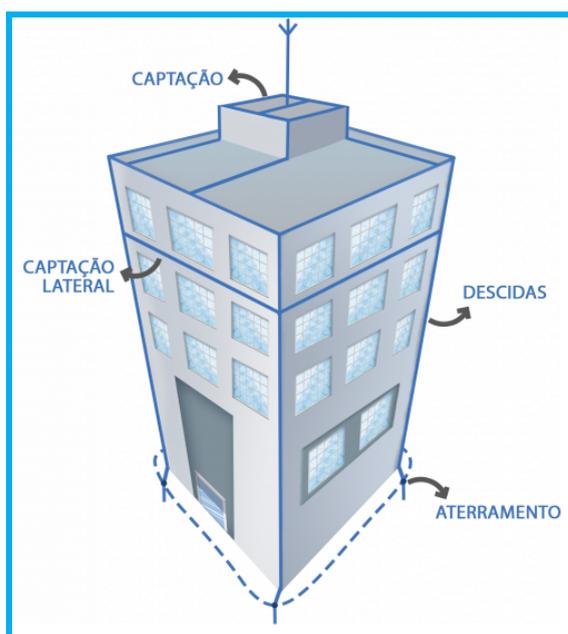
Tabela 22 – Constituição de um SPDA.

| | |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| TIPOS DE CAPTORES | Hastes ou Pontas Franklin (Para-raios do tipo Franklin); |
| | Hastes ionizantes (Para-raios radioativos) |
| | Gaiola de Faraday |
| CONDUTORES DE INTERLIGAÇÃO OU DESCIDA | Cabos; |
| | Fitas; |
| | Estrutura prediais (metálica ou ferragens) |
| SISTEMAS DE ATERRAMENTO MAIS COMUM | Eletrodo vertical (haste); |
| | Múltiplos eletrodos verticais; |
| | Eletrodos horizontais (cabos); |
| | Múltiplos eletrodos horizontais (sistema radial ou anel) |
| | Combinado de eletrodos verticais e horizontais (em malha) |

Fonte: elaboração própria com base em Cavalin e Cervelin (2014).

Existem três maneiras de projetar um sistema de captação segundo a NBR 5419-3:2015, quais sejam: o método por ângulo de proteção, o método das malhas e o método da esfera rolante. Todos podem ser aplicados separadamente ou em conjunto.

Figura 62 – Subsistemas que compõem um sistema de proteção.



Fonte: disponível em <<https://tel.com.br/engenharia/>>. Acesso em: 04 de abril de 2020.

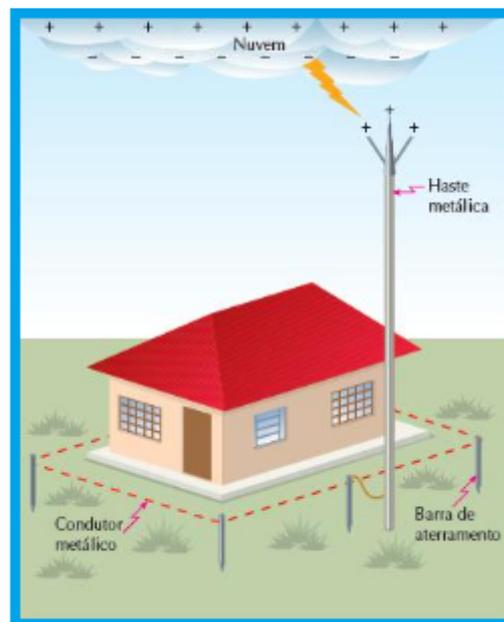


O projetista é quem define o método de captação considerando a arquitetura e impacto visual do SPDA sobre a edificação; a existência de volumes sobre a cobertura e de elementos metálicos naturais como telhas metálicas e a necessidade de manutenção (CEVERLIN; CAVALIN, 2013).

Método do ângulo de proteção (Franklin)

É fundamentado no princípio de que uma descarga piloto descendente pode ser interceptada por uma descarga ascendente iniciada a partir de um dos captores instalados na edificação. Assim, a circulação da corrente de descarga se daria pelos condutores previstos no SPDA, não atingindo a edificação que se deseja proteger.

Figura 63 – Para-raios tipo Franklin.

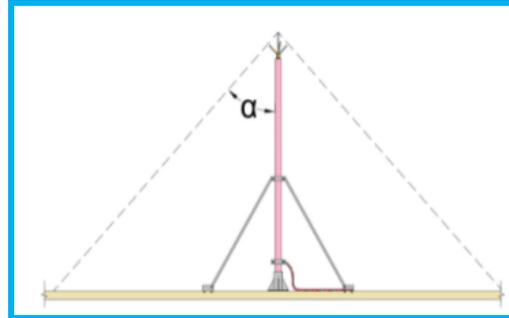


Fonte: disponível em: <<https://redes.moderna.com.br/2012/01/17/a-versatilidade-de-benjamin-franklin/>>. Acesso em: 04 de abril de 2022.

Este método consiste em considerar uma projeção do captor, com base em um ângulo predefinido pelo nível de proteção, em que todos os elementos internos ao cone imaginário, gerado pelo ângulo de proteção, são considerados protegidos Figura 64.



Figura 64 – Captação pelo método do ângulo de proteção.

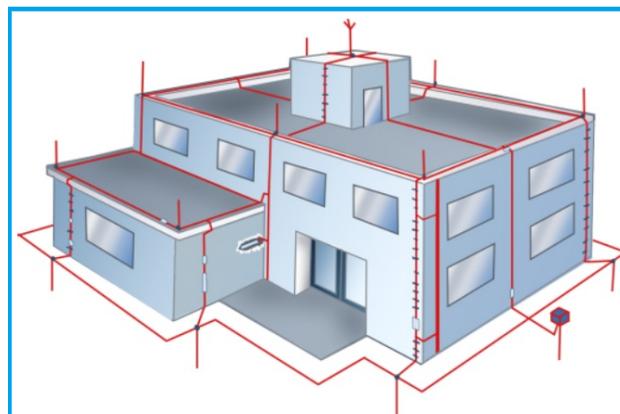


Fonte: disponível em: <https://tel.com.br/wp-content/uploads/2015/11/apostila_spda2021.pdf>. Acesso em: 04 de abril de 2020.

Método das malhas ou Método Faraday

O método de Faraday é indicado para edificações com uma grande área horizontal, nas quais seria necessária uma grande quantidade de captos do tipo Franklin. Esse método é fundamentado na teoria pela qual o campo eletromagnético é nulo no interior de uma estrutura metálica ou envolvida por uma superfície metálica ou por malha metálica, quando são percorridas por uma corrente elétrica de qualquer intensidade. Ele consiste em envolver a parte superior da construção com uma malha de condutores elétricos sem encapamento, cuja distância entre eles é em função do nível de proteção desejado, interligados aos condutores de descida que estão conectados às hastes de aterramento.

Figura 65 – Método gaiola de Faraday.



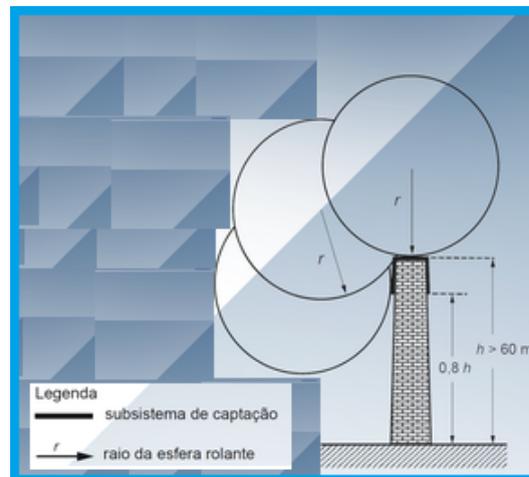
Fonte: disponível em: <<https://www.bravoautomacao.com.br/noticia/entenda-o-que-e-SPDA>>. Acesso em: 04 de abril de 2020.



Método esfera rolante

O método da esfera rolante se baseia na delimitação do volume de proteção dos captadores de um SPDA. Em geral, é o método utilizado para a proteção de subestações de potências em áreas externas.

Figura 66 – Método da esfera rolante.



Fonte: adaptado de <<https://www.bravoautomacao.com.br/noticia/entenda-o-que-e-SPDA>>. Acesso em: 04 de abril de 2020.

Sistemas híbridos

Aos sistemas de proteção que utilizam uma mescla dos métodos apresentados acima (BARBOSA, 2014).

Na proteção de uma edificação como um prédio comercial ou residencial, temos o uso predominante da Gaiola de Faraday. Porém, a proteção através de uma gaiola “pura” raramente pode ser implementada, já que na cobertura desses prédios, muitas vezes encontramos corpos elevados como caixas d’água, chaminés, antenas e outros. Assim, complementa-se a proteção provida pela Gaiola de Faraday com um captor tipo Franklin, disposto no topo da edificação. Esse captor é conectado aos cabos de proteção de borda, módulos da Gaiola de Faraday e todas as descidas disponíveis (BARBOSA, 2014).



CUIDADOS NA EXECUÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA.

Ao executar uma instalação elétrica, ou durante sua manutenção, procure tomar os seguintes cuidados:

1. Antes de qualquer intervenção, desligue a chave geral (disjuntor ou fusível);
2. Teste sempre o circuito antes de trabalhar com ele, para ter certeza de que não está energizado;
3. Desconecte os plugues durante a manutenção dos equipamentos;
4. Leia sempre as instruções das embalagens dos produtos que serão instalados;
5. Utilize sempre ferramentas com cabo de material isolante (borracha, plástico, madeira etc). Dessa maneira, se a ferramenta que você estiver utilizando encostar acidentalmente em uma parte energizada, o risco de choque elétrico será menor;
6. Não use jóias ou objetos metálicos, tais como relógios, pulseiras e correntes, durante a execução de um trabalho de manutenção ou instalação elétrica;
7. Use sempre sapatos com solado de borracha. Nunca use chinelos ou calçados do gênero – eles aumentam o risco de contato do corpo com a terra e, conseqüentemente, o risco de choques elétricos;
8. Nunca trabalhe com as mãos ou os pés molhados;
9. Utilize capacete de proteção sempre que for executar serviços em obras onde houver andaimes ou escadas.



Resumo

Prezado aluno, você saberia identificar os componentes elétricos de uma instalação? Você saberia calcular as bitolas dos fios de uma instalação elétrica? Como fazer para dimensionar os disjuntores de um circuito elétrico de uma residência? Como reparar uma instalação com defeito? Essas e muitas perguntas, que são parte do fazer de um eletricista instalador de baixa tensão, são estudadas neste material, o qual aborda os conceitos e procedimentos para projetar, executar e reparar uma instalação elétrica de baixa tensão conforme as normas técnicas, em especial a ABNT 5410. Durante o texto, exploram-se os conteúdos fundamentais para o dimensionamento dos itens constantes de uma instalação elétrica, bem como as suas características técnicas e funcionais. A instalação elétrica é apresentada desde o ponto de entrega da concessionária até os dispositivos de proteção, aterramento e SPDAs.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13571** - Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14039** - Instalações Elétricas em Média Tensão. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410** - Instalações Elétricas em Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5418** - Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419** - Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5444** - Símbolos elétricos para instalações prediais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6533** - Estabelecimentos dos Efeitos da Corrente Elétrica do Corpo Humano. Rio de Janeiro, 1981.



BARBOSA, Tássia. **Proteção contra descargas atmosféricas de edificações utilizando a ferragem estrutural**. Monografia. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG. Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica, 2014, 56f. Disponível em: <https://www2.dee.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/18/2017/11/TCC_2014_2_TDBarbosa.pdf>. Acesso em 04 de abril de 2022.

CEVERLIN, S., CAVALIN, G. **Instalações Elétricas Prediais, Teoria e Prática**. Editora Erica. Ed. 21ª, 2013.

COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES. **Norma regulamentadora nº 10** – Instalações e Serviços em Eletricidade, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>. Acesso em 04 de abril de 2022.

COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES. **Norma regulamentadora nº 17** – Ergonomia, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-17-atualizada-2021.pdf>>. Acesso em 04 de abril de 2022.

COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES. **Norma regulamentadora nº 26** – Sinalização de Segurança, 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-26.pdf>>. Acesso em 04 de abril de 2022.

COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES. **Norma regulamentadora nº 5**, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-05-atualizada-2021-1-1.pdf>>. Acesso em 04 de abril de 2022.

COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES. **Norma regulamentadora nº 6** – Equipamento de Proteção Individual, 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-06.pdf>>. Acesso em 04 de abril de 2022.



COTRIM, A. A. M. B. **Instalações elétricas**. Prentice-Hall. 4ª ed. São Paulo, 2003.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. Livros Técnicos e Científicos. 14ª ed. Rio de Janeiro, 2002.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco elétrico nacional**.

<<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. Acesso em: 27 de março de 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz elétrica e energética**. Disponível em:

<<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 27 de março de 2022.

SILVA, S. F. de P. **Esquemas de aterramento**. 11 slides. Disponível em:

<http://www.joinville.ifsc.edu.br/~luis.nodari/Aterramento%20el%C3%A9trico/Esquemas_de_Aterramento.pdf>. Acesso em 03 de abril de 2022.

MAMEDE Filho, J. **Instalações elétricas industriais**. Livros Técnicos e Científicos. 6ª ed. Rio de Janeiro, 2001..

NEOENERGIA. **Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição a Edificações Individuais**, 2021. Disponível em:

<<https://www.neoenergiaelektro.com.br/Media/Default/normas-tecnicas/DIS-NOR-030%20-%20REV%2001%20-%20Fornecimento%20de%20Energia%20Elétrica%20em%20Tensão%20Secundária%20de%20Distribuição%20a%20Edificações%20Individuais.pdf>>. Acesso em 04 de abril de 2022.

NEOENERGIA. **Neenergia Cosern**, 201X. Disponível em: <<https://www.neoenergia.com/pt-br/sobre-nos/linhas-de-negocios/redes/distribuicao/Paginas/cosern.aspx>>.

Acesso em 03 de abril de 2022.

SCHNEIDER ELECTRIC BRASIL LTDA. **Manual e catálogo do eletricista residencial**. São Paulo, 2009.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Página principal**. Disponível em: <www.schneider-electric.com.br/bipbop>.

Acesso em 27 de março de 2022.



EJA INTEGRADA - EPT
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte