

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Unidade 1

### DIMENSIONAMENTO DO PROJETO

#### Aula 1

Elementos de Projeto

#### Elementos de Projeto



##### Este conteúdo é um vídeo!

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Ressaltamos, aqui, a importância do projeto elétrico nas implementações de sistemas com eletricidade. Além de nortear todo trabalho, este permite ter listas de materiais, seguir as normas, e documentar tudo, conferindo padronização, confiabilidade e segurança.

Nesta aula, vamos abordar os elementos de projeto, que é a etapa inicial e altamente relevante para a boa compreensão dos conceitos, sendo eles:

- Normas técnicas;
- Dados para elaboração do projeto;
- Concepção do projeto;
- Graus de proteção;
- Proteção contra riscos de incêndio e explosão;
- Cálculos elétricos;
- Simbologia.

#### Ponto de Partida

Estudante, nós desejamos boas-vindas neste momento de aprendizado sobre Elementos de Projeto na disciplina de Instalações Elétricas e Segurança em Eletricidade!

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Em eletricidade, o nascimento de todo o sistema que está envolvido nesta área se baseia no projeto elétrico. Instalar o material elétrico para implementar qualquer sistema, seja de iluminação, motores, aquecimento ou refrigeração, deve passar pelo processo da elaboração de um projeto. Sem um projeto, qualquer tipo de serviço executado apresenta riscos de insucesso ou até mesmo pode provocar acidentes fatais. Sendo assim, o nascimento de qualquer concepção de instalação elétrica precisa ser realizado por meio de um projeto elétrico.

Diante desse cenário, nesta aula, nós vamos conhecer os elementos que permitirão agregar o conhecimento e começar a introduzir o conceito de projetos e como estão inseridas as normas técnicas nesse contexto.

Procure compreender ao máximo esses conceitos teóricos iniciais, pois, além de serem muito interessantes, certamente vão colaborar muito para a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver realizando os seus próprios projetos.

## Vamos Começar!

### Conceitualização dos Elementos de Projetos

#### 1.0 Elaboração do projeto

O projeto elétrico é o conjunto de todas as informações necessárias para realizar determinado trabalho: cálculos, desenhos, gráficos, materiais e tudo mais que se refere a uma instalação ou equipamento elétrico baseado em normas técnicas.

Um projeto elétrico é um conjunto de documentos técnicos que especifica a instalação elétrica de uma construção, infraestrutura ou maquinário.

#### 1.1 Concepção do projeto

A fase de concepção de um projeto de instalação elétrica é uma etapa inicial e importante para o desenvolvimento do objeto. Nessa etapa, são elencados os requisitos e as especificações do projeto, além de determinar a melhor abordagem para atender às normas técnicas e de segurança do trabalho. Na fase de concepção é realizada a avaliação detalhada dos requisitos do projeto, que pode ser baseado em uma especificação de um contrato ou definição do cliente. Essa avaliação passa pela análise das necessidades da distribuição de energia elétrica de cada área da edificação, seja ela destinada para qualquer atividade fim (industrial, comercial, hospitalar, entre outras).

#### 1.2 Dados de projetos

Para desenvolver qualquer tipo de projeto, precisamos estabelecer, coletar e tratar os dados, pois é deles que se advém todos os processos necessários para esse processo. Os dados de projeto são

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

necessários para: desenvolver os cálculos das previsões de cargas; determinar demanda provável; dimensionar eletrodutos, cabeamento, dispositivos de proteção, entre outros.

## 1.3 Normas técnicas

Pelo próprio nome já podemos compreender a função principal de uma norma, que é estabelecer padrões e regras para tratar um tema ou o exercício de uma função. Existem normativas estabelecidas para vários tipos de atividades e assuntos, mas nesta aula vamos enfatizar as normas técnicas para serviços em eletricidade e segurança do trabalho, pois são as mais adequadas para essa formação profissional.

## 2.0 Proteção

A proteção em projetos elétricos é um aspecto fundamental que visa garantir a segurança de pessoas, equipamentos e o funcionamento confiável dos sistemas elétricos.

### 2.1 Proteção contra riscos de incêndio e explosão

As indústrias e ambientes classificados (com risco de explosão devido aos reagentes petroquímicos, armazenamento de gases inflamáveis, entre outros), possuem áreas que precisam ser protegidas, pois existem riscos elevados de acidentes com incêndios e explosões (normalmente seguidas de incêndios de grandes proporções).

### 2.2 Graus de proteção

Podemos dizer que é uma medida de segurança que confere o nível de proteção que um equipamento ou material elétrico oferece contra a entrada de objetos, líquidos e outros elementos que podem causar danos ou curtos-circuitos em suas áreas internas.

## 3.0 Identificação do projeto

O projeto elétrico é elaborado para a execução adequada e segura das instalações elétricas. Ele deve conter desenhos, especificações, manuais, entre outros. Antes de tudo, se faz necessário realizar os cálculos dos dimensionamentos dos elementos que serão aplicados para complementar as suas simbologias.

### 3.1 Cálculos elétricos

Após a análise dos requisitos, fase de concepção e levantamento dos dados de projetos, os projetistas passam para a fase de desenvolvimento do projeto propriamente dito. Nesse momento, são criados os esquemas elétricos e diagramas de circuitos que indicam como a energia elétrica deve ser aplicada na área destinada ao projeto. Nessa etapa também são definidos os equipamentos e demais insumos adequados, como estes serão dispostos, conectados e instalados.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## 3.2 Símbologia

Na sequência da etapa de cálculos, passamos para o momento da disposição dos componentes elencados para o projeto. Como a planta baixa deve receber instruções gráficas desses componentes (luminárias, quadros de distribuição, disjuntores, eletrodutos, condutores etc.) se faz necessário estabelecer símbolos para que visualmente seja fácil e padronizado para o time de execução; realizar as instalações físicas de modo adequado e seguro.

## Siga em Frente...

### As Normas Técnicas e o Projeto

#### Elaboração do projeto

#### Concepção do projeto

Nessa etapa, se faz necessário conhecer a quantidade necessária de energia para iluminação, equipamentos, entre outros. Também é importante considerar as normas e os regulamentações locais e nacionais relacionados às instalações elétricas correspondentes para cada atividade.

#### Dados para elaboração

O projeto elétrico é desenvolvido com base nas normas técnicas para que seja eficiente e conta com o apoio de normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho (NRs) para a sua implementação segura. Os projetos elétricos podem ser parte da documentação técnica exigida por entidades regulatórias, governamentais e bancárias (seguros).

#### Normas técnicas

Existem normas técnicas nacionais que abrangem todo o nosso Território Nacional, bem como também as normas técnicas internacionais, que nós no Brasil nos embasamos para criar e atualizar as nossas. No Brasil, temos a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e a mais conhecida internacionalmente é a IEC - *International Electrotechnical Commission*, organização mundial líder que prepara e publica normas internacionais para as áreas elétrica, eletrônica e telecomunicações.

### Proteção

#### Proteção contra riscos de incêndio e explosão

Com o objetivo de proteger essas áreas contra os diferentes tipos de ocorrências, nós seguimos as normas para redução desses riscos e buscar incessantemente eliminar possíveis. Para essa

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

finalidade, podemos mencionar a NR 10 – Segurança em Trabalho com Eletricidade, além de outras normas.

## Graus de proteção (IP)

É representado por um código IP (*Ingress Protection*) composto por dois dígitos, sendo o primeiro referente à proteção contra objetos sólidos e o segundo à proteção contra líquidos. Quanto maior o número do IP, maior é o nível de proteção do equipamento. A classificação do grau de proteção é importante na seleção e instalação de equipamentos elétricos em ambientes específicos, para garantir a segurança e o desempenho adequados.

## Identificação

### Cálculos elétricos

Todos esses processos se baseiam nas demandas, disposições, premissas do projeto e que resultam em cálculos para a determinação adequada dos condutores, dimensionamento dos tipos de proteção, quantidades etc. Para essa etapa, realiza-se esses dimensionamentos, cálculos dos circuitos e proteções, baseando-se principalmente por meio das orientações da NBR 5410 e outras que sejam cabíveis.

### Cálculos de demanda

A definição da demanda é essencial para que se possa dimensionar todos os elementos do projeto. Dessa forma, utilizamos a curva de carga conforme mostra a Figura 1.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

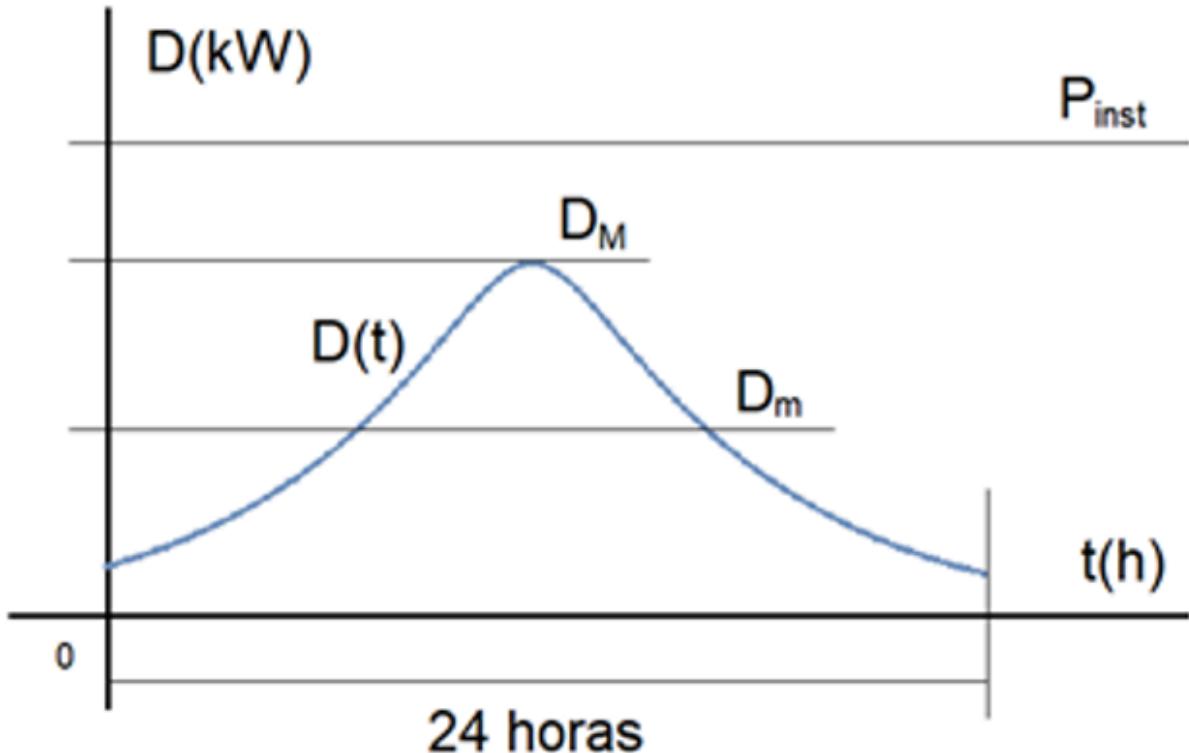


Figura 1 | Curva de carga. Fonte: elaborado pelo autor.

D<sub>M</sub>: Demanda Máxima; D<sub>m</sub>: Demanda média; P<sub>inst</sub>: Potência instalada.

Nota: a demanda é medida em kW - kilowatt.

A medição da demanda é realizada a cada 15 minutos pelo medidor de energia elétrica, sob comando da concessionária. Por meio de um software interno (firmware) o medidor registra a integração da curva de carga e demonstra a demanda máxima mensal, entre outras informações.

A área sob a curva de carga traçada entre os eixos da demanda e do período é a energia consumida dentro do período. A ordenada máxima seria a demanda máxima (D<sub>M</sub>) e a demanda média é a altura do retângulo, e essa base é o período T = 24 horas e a área é a energia total, conforme a equação:

$$D_m = \frac{E}{T}$$

## Simbologia

Para a representação visual no diagrama elétrico, se utiliza a NBR 5444: Simbologia gráfica para instalações elétricas prediais, que normaliza a simbologia dos elementos elétricos em um projeto de instalações elétricas (NUNES, 2019).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

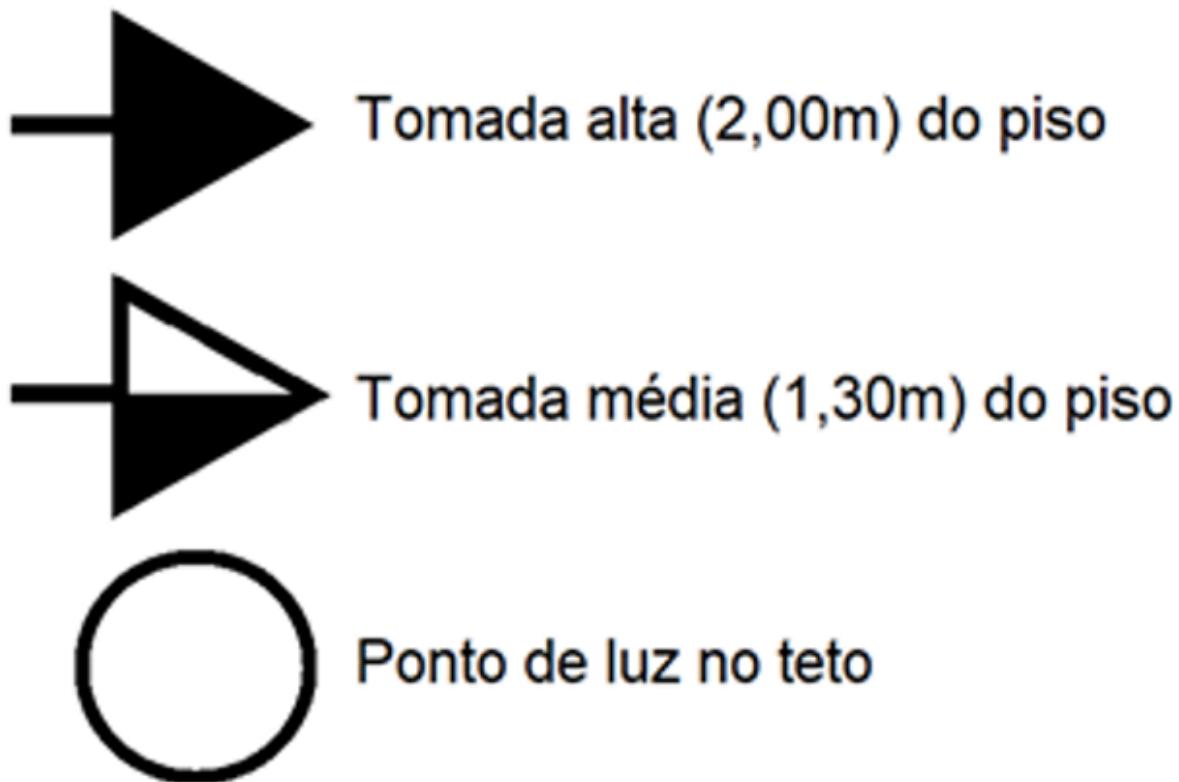


Figura 2 | Exemplo de simbologia em instalações elétricas. Fonte: elaborado pelo autor.

No desenho do diagrama elétrico, o projetista utiliza o padrão de simbologia e, ao final, desenvolve uma legenda explicativa para colaborar para o claro entendimento do projeto de instalações elétricas.

## Vamos Exercitar?

### Elementos de Projeto na Prática

#### Elaboração do projeto

##### A concepção adequada do projeto

Conhecemos a importância de conceber o projeto, pois desse ponto se desdobram todos os elementos que permitirão desenvolver os cálculos, e determinar e quantificar o material necessário para a execução da obra. Essa fase pode e deve ser revisada, pois o escopo pode sofrer alterações ao longo do tempo e a sua concepção deverá ser revisitada.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## A importância da coleta adequada dos dados do projeto

Constantemente verificamos na mídia a respeito de acidentes fatais, danos ao patrimônio e até inoperabilidade de sistemas devido a instalações que acontecem sem nenhum tipo de acompanhamento profissional e sem a elaboração de projetos documentados e aprovados por pessoal qualificado.

## Normas técnicas e os RTMs

A maioria das normas técnicas não são obrigatorias, mas vários organismos e empresas adotam com a finalidade de manter a qualidade em seus produtos e a segurança das suas operações. O INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia Normalização, por exemplo, estabelece os RTMs – Regulamentos Técnicos Metrológicos que são compulsórios no Brasil. Um exemplo disso são os medidores de energia elétrica, as balanças comerciais, os medidores de água etc. Nesses casos, como esses equipamentos de medida são utilizados para faturamento, o INMETRO elaborou os RTMs justamente para tornar compulsório o que preconiza as normas técnicas.

## Proteção

### Proteção contra riscos de incêndio e explosão na prática

Estamos lidando com a vida humana acima de qualquer coisa. A NR 10 – Segurança em Serviços com Eletricidade preconiza principalmente que: todas as partes das instalações elétricas devem ser projetadas, executadas e conservadas de forma a prevenir os riscos de incêndios e explosões. As instalações elétricas sujeitas a maior risco de incêndio e explosão devem ser projetadas para ter dispositivos automáticos de proteção contra sobrecorrente e sobretensão, de deteção, alarme e extinção de incêndios. Entre outros aspectos igualmente relevantes, esses são os pontos mais marcantes que se aplicam na área de projetos.

## Aplicação dos graus de proteção

A energia elétrica é invisível quando está submetida a um funcionamento normal, com as instalações elétricas adequadas, pois normalmente não produzem faíscas, fagulhas, ruídos e nem odores. Sendo assim, os condutores, elementos de seccionamento (disjuntores, chaves de comando etc.), barramentos de distribuição e suas conexões em geral precisam estar protegidas contra algum toque acidental, ações mecânicas (contatos de objetos), intempéries etc. Dessa forma, os quadros de distribuição, as caixas de passagens, as cabines etc., recebem proteções de acordo com o nível de exigência requerido pela área de exposição.

Os graus de proteção são expressos por meio de um código composto pelas letras IP, nos quais se apresentam dois números. O primeiro campo é o algarismo que informa o grau de proteção quanto à penetração de corpos sólidos e contatos não intencionais. Já o segundo campo é um algarismo que informa o grau de proteção contra o ingresso de água no interior do compartimento ou invólucro.

## Exemplo de aplicação

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Um equipamento elétrico com IP67 resiste a um mergulho em um tanque com água por 30 minutos, enquanto um outro com IP68 pode submergir em até 3 metros por tempo indeterminado.

## A importância dos cálculos e simbologia no projeto elétrico

Já sabemos da importância do projeto elétrico e a aquisição de seus dados para o seu sucesso. Uma instalação elétrica executada sem a elaboração de um projeto acarreta problemas para a edificação. A falta de padronização, de documentação (com desenhos e simbologia) e o não embasamento em normas técnicas e de segurança do trabalho potencializam os riscos de acidentes e aumentam as probabilidades de ter insucesso na execução das instalações elétricas.

## Saiba mais

Aqui poderá obter acesso às normas técnicas vigentes no país:

[\*\*ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas\*\*](#)

Aqui poderá obter acesso às normas regulamentadoras (Segurança do Trabalho) vigentes no país:

[\*\*Ministério do Trabalho e Previdência - Normas Regulamentadoras \(NRs\)\*\*](#)

Aqui poderá obter acesso aos Regulamentos Técnicos Metrológicos (RTMs) do INMETRO:

[\*\*INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia Normalização\*\*](#)

Com o seguinte livro, você poderá obter excelentes referências adicionais sobre os temas estudados nesta aula:

**Livro disponível da Biblioteca Virtual:**

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 20 a 31.

## Referências

CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Aula 2

Iluminação Industrial

### Iluminação Industrial



#### Este conteúdo é um vídeo!

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

A iluminação é importante em qualquer ambiente de trabalho. Dependendo do tipo de atividade, uma iluminação inadequada pode provocar falta de produtividade e até acidentes fatais. Portanto, no ambiente industrial devemos tomar todo cuidado e seguir as normas técnicas para oferecer um projeto de luminotécnica bem-sucedido.

Nesta aula, vamos abordar os elementos de iluminação industrial:

Dispositivos: lâmpada elétrica e luminárias.

Dispositivos de controle de iluminação.

Modalidades de iluminação: interiores, exteriores e de emergência.

### Ponto de Partida

Estudante, nós lhe desejamos boas-vindas neste momento de aprendizado sobre iluminação industrial na disciplina de Instalações Elétricas e Segurança em Eletricidade!

A iluminação industrial é importante para garantir um ambiente de trabalho seguro, eficiente e produtivo. Ela permite que os trabalhadores realizem suas atividades com clareza e precisão, evitando erros e acidentes. Além disso, uma iluminação adequada contribui para o conforto visual dos funcionários, reduzindo a fadiga ocular, o estresse e a fadiga geral. Isso pode ajudar a melhorar a qualidade de vida no trabalho e a reduzir a taxa de absenteísmo.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A iluminação também pode ter um impacto significativo nos custos operacionais de uma empresa. Uma iluminação inadequada pode resultar em desperdício de energia e custos adicionais, enquanto esta é usada de modo eficiente pode reduzir o consumo de energia e os custos associados.

Diante desse cenário, nesta aula, nós vamos conhecer os processos luminotécnicos que permitirá agregar o conhecimento e lhe preparar para projetos de iluminação eficientes e adequados para cada tipo de operação.

Procure compreender ao máximo esses conceitos teóricos iniciais, pois, além de serem muito interessantes, certamente vão colaborar muito para a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver atuando profissionalmente.

## Vamos Começar!

## Dispositivos de Iluminação

### Dispositivos de iluminação

#### Lâmpada elétrica

As lâmpadas são fontes luminosas artificiais, que podem ser classificadas por tipos, modelos e características, tratando-se de sistemas de iluminação. Além disso, para a operação segura com as lâmpadas, vamos aprender sobre as luminárias e os complementos utilizados. Basicamente, nós encontramos três tipos de lâmpadas: incandescentes, de descarga e as LEDs.

#### Lâmpadas incandescentes

Nesse tipo, que também é chamado de “Lâmpada de Filamento”, a corrente elétrica passa por um filamento (resistência) que gera luz e calor por conta da passagem de elétrons. Temos dois tipos de filamentos: tungstênio e halogênio. Além de emitir luz e calor, esses materiais também produzem radiação infravermelha.

#### Lâmpadas de descarga

Nesse modelo ocorre uma descarga no seu bulbo, como se fosse um raio, no qual se produz luz quando os elétrons se chocam com as moléculas do gás existente no interior da lâmpada. Podemos dizer que as lâmpadas de descarga são mais eficientes por gerar mais luz visível com a mesma energia.

#### Lâmpadas LED

Trata-se originalmente de um componente eletrônico que sofreu aperfeiçoamento para servir como lâmpada. Estamos falando do LED (em inglês *Lighting Emitted Diode* ou, em português, diodo emissor de luz) que produzem luz eletroluminescente.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

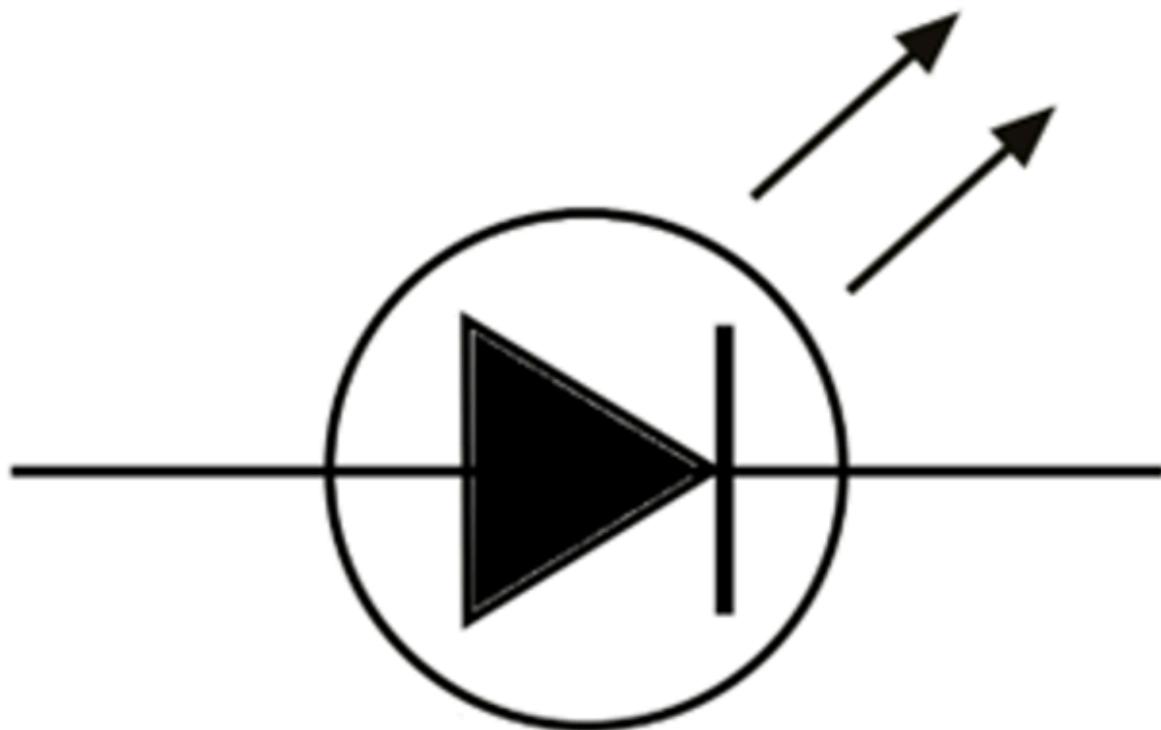


Figura 1 | Símbolo do componente LED. Fonte: elaborado pelo autor.

## Luminárias

A luminária confere segurança e proteção para as lâmpadas e promove o direcionamento do foco luminoso. Temos diferentes tipos e escolhas para cada projeto. O conceito de luminária é de um equipamento de iluminação completo, incluindo a fonte de luz (a lâmpada), o soquete (ou suporte), defletor, lentes, suspensão, materiais de instalação (elementos de fixação, fios e terminais), entre outros.

## Dispositivos de controle de iluminação

Temos diversos tipos de controle, que começam desde os mais simples, como interruptores (seccionamento pontual), disjuntores (seccionamento e controle geral) até os mais sofisticados, utilizando-se de *dimmers* (dispositivos de controle de luminosidade), relés fotossensíveis, dispositivos IOT (do inglês Internet *Of Things* ou, traduzindo para o português, internet das coisas) que permite o controle da iluminação de um ambiente por smartphones ou comandos de voz.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Modalidades de iluminação

### Iluminação de interiores

Temos como referência a norma ABNT NBR 5413 que objetiva especificar valores mínimos de iluminância em ambientes internos em que se realizam diversas atividades. A iluminância é uma grandeza de luminosidade que mede a quantidade de luz em uma superfície e a sua unidade é o *lux* e informa o grau de luminosidade adequado para cada tipo de atividade laboral.

### Iluminação de exteriores

Nas áreas externas, a preocupação é mais direcionada com a boa luminosidade adequada para o tráfego de pessoas e veículos. Uma boa iluminação externa também confere segurança patrimonial para as pessoas e empresas.

No caso de vias públicas, se utilizam luminárias IP – Iluminação Pública, normalmente controladas por relés fotossensíveis, que apagam as luzes durante o dia e religam ao anoitecer.

### Iluminação de emergência

Em instalações industriais é primordial que o sistema de iluminação de emergência seja dimensionado de maneira adequada, com a finalidade de garantir a segurança e evitar acidentes ou falta de produtividade no ambiente. Temos a norma ABNT NBR 10898 que oferece padronização, definindo as regras para iluminação, detalhando os equipamentos necessários, orientando o dimensionamento desses sistemas, ou seja, definindo as regras para que o projeto de iluminação seja bem-sucedido.

## Siga em Frente...

## Sistemas de Iluminação

### Dispositivos de iluminação: a lâmpada elétrica e as suas luminárias

Cada tipo de lâmpada possui características e modos de funcionamento específicos. Por isso, suas aplicações são direcionadas para cada necessidade específica. Como exemplos de aplicação, temos: iluminação de um galpão de armazenamento, uma área produtiva, montagem de circuitos eletrônicos, sala de cirurgia etc. Normalmente, utilizamos as luminárias para acondicionar, proteger e direcionar os focos das lâmpadas. Vamos interpretar melhor os conceitos aprendidos no bloco anterior.

### Lâmpadas incandescentes

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Para as lâmpadas incandescentes, que também são chamadas de “Lâmpada de Filamento”, a corrente elétrica passa por um filamento (resistência) que gera luz e calor por conta da passagem de elétrons. Temos dois tipos de filamentos: tungstênio e halogênio. Além de emitir luz e calor, esses materiais também produzem radiação infravermelha.

## Lâmpadas de descarga

Nesse cenário, temos alguns tipos de lâmpadas de descarga: fluorescentes, a vapor, luz mista, mercúrio, vapor de sódio, multivapores metálicos etc. Cada uma delas possui uma aplicação específica, como em rodovias, calçamentos, corredores de passagens de pedestres, entre outros.

## Lâmpadas LED

Além das lâmpadas de LED, contamos também com os painéis, LEDs, OLEDs (LEDs orgânicos) e PLEP (do inglês *Polymer Light Emission Plasma*) que utiliza uma capa de polímero). Com o aperfeiçoamento da tecnologia, nós também encontramos os LEDs em ambientes públicos, ruas etc.

## Luminárias

Outras aplicações para as luminárias são para ambientes externos, inclusive conferindo a elas o IP – Índice de Proteção adequado para evitar o ingresso de materiais e líquidos, conforme nós estudamos na aula anterior.

## Dispositivos de controle de iluminação

Para iluminação de áreas comuns, também temos os relés fotossensíveis que podem ligar e desligar as lâmpadas em função da luz do dia (muito utilizado em IP – Iluminação Pública) e os sensores de presença com temporizadores, que fazem o controle da iluminação ao se detectar a presença de uma pessoa no recinto. Abaixo, podemos observar o esquema de ligação de um relé fotoelétrico, que faz a lâmpada acender quando anoitece e desligar ao amanhecer.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

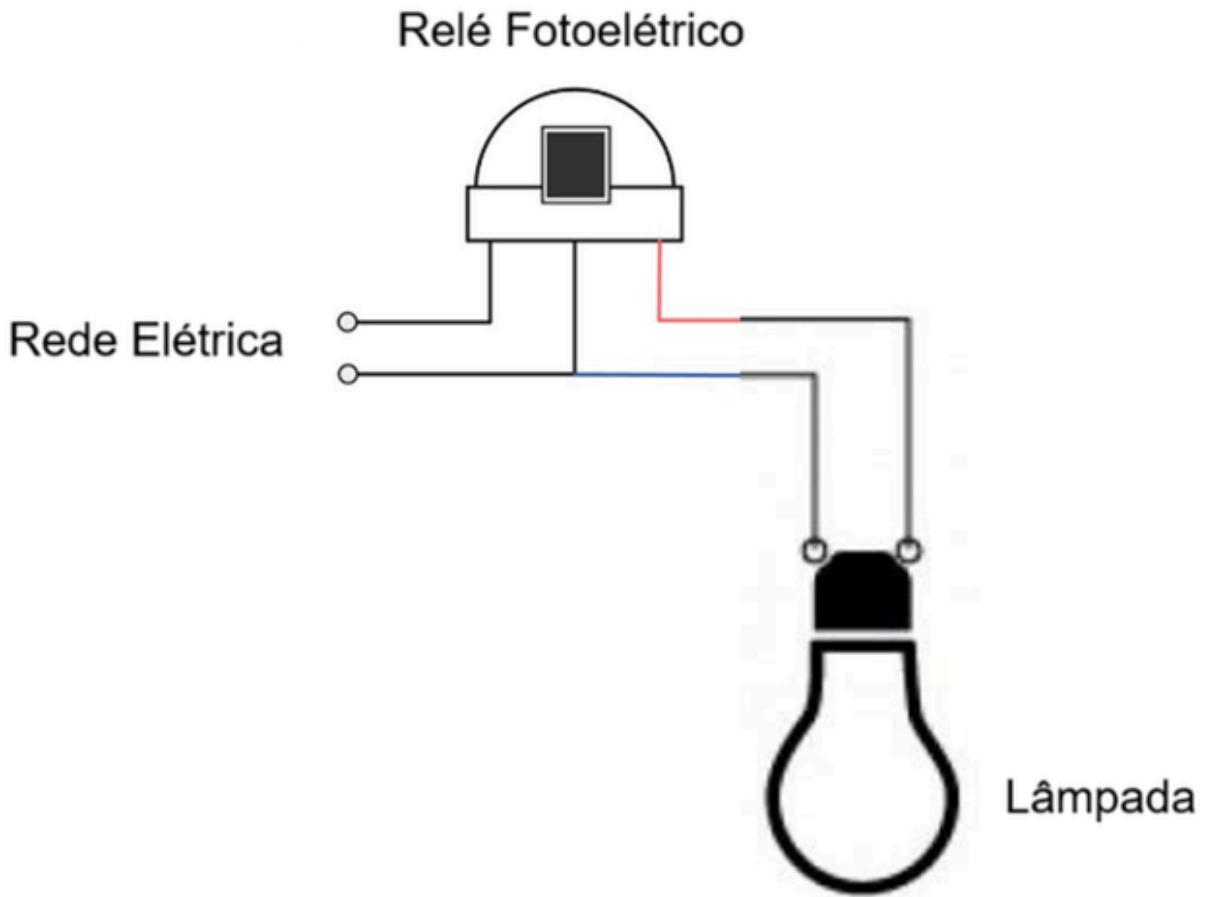


Figura 2 | Esquema de ligação de um relé fotoelétrico. Fonte: elaborado pelo autor.

## Modalidades de iluminação

### Iluminação de interiores

Outra norma importante para a iluminação é a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que visa normalizar a iluminação em ambientes laborais, tais como: escritórios, indústrias, subestações, hospitais, entre outros. Que confere segurança e conforto visual para cada área destinada a trabalhos específicos.

### Iluminação de exteriores

As lâmpadas a vapor de sódio possuem, em seu interior, sódio no lugar do mercúrio, e, por conta disso, um tubo de cerâmica no lugar do tubo de quartzo. A sua luz é extremamente forte e amarelada, oferecendo um baixo índice de reprodução de cores. Porém, confere economia de energia, emitindo um fluxo luminoso de alta intensidade e, por isso, são aplicadas em ambientes

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

externos, nos quais não precisamos de bom índice de reprodução de cores, apenas boa iluminação para tráfego seguro de pessoas e/ou veículos.

## Iluminação de emergência

Também podemos dizer que a iluminação de emergência é um sistema de controle, pois confere o seccionamento ao sistema quando ocorre a falta de energia para as lâmpadas. Nesse caso, o funcionamento é análogo a um *nobreak*, mas a sua função é específica para ativar as lâmpadas de emergência e mantê-las ligadas até que a energia seja retomada ou até que as suas baterias se esgotem se a energia elétrica extrapolar o tempo de autonomia das baterias internas do sistema.

## Vamos Exercitar?

## Iluminação Industrial na Prática

### Aplicações das lâmpadas elétricas e luminárias

Cada tipo de lâmpada possui a sua aplicabilidade específica. Outra aplicação das luminárias se dá para ambientes agressivos (químicos, como, por exemplo, os ácidos) ou petroquímicos (com risco de explosão, as luminárias são certificadas para essas áreas classificadas) para evitar centelhamentos em ambientes ricos em gases ou líquidos inflamáveis.

Normalmente, essas luminárias e os seus dispositivos de controle, bem como o material de interligação (eletrodutos, caixas de passagens, quadros de distribuição etc.) recebem certificação “Ex” para que possam ser utilizadas nesses ambientes classificados.

A unidade de medida de iluminância é o Lúmens (lm). Ele indica a quantidade de fluxo luminoso, que é a (quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa). Ao consultar um catálogo de lâmpadas, uma das grandezas fotométricas fornecidas pelo representante é o fluxo luminoso da lâmpada. As luminárias permitem o máximo aproveitamento dele, por meio de seus refletores e lentes.

### Dispositivos de controle de iluminação automáticos

Além dos relés fotoelétrico, que realizam o controle automático de luminosidade, podemos citar também o controle de iluminação por IoT (Internet das Coisas), que permite gerenciar remotamente sistemas de iluminação usando dispositivos conectados à internet. Isso possibilita o ajuste de intensidade, horários de funcionamento e até mesmo a automação com base em sensores, resultando em economia de energia e maior conveniência. Em uma indústria, por exemplo, esse tipo de controle pode ajustar automaticamente a iluminação dos ambientes, de acordo com o planejamento da produção. Dessa forma, pode-se colaborar com a redução dos custos de energia elétrica, além de promover um melhor conforto visual para os operadores, proporcionando a melhoria da produtividade e reduções de acidentes.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Modalidades de iluminação

### Aspectos de segurança em iluminação de interiores e exteriores

A iluminação também pode ser aplicada com a finalidade decorativa. Realçar obras de arte, fachadas de prédios, estátuas, plantações etc. A iluminação paisagística, por exemplo, destina-se a realçar os volumes da vegetação, o caule das árvores, entre outros. Também serve para marcar caminhos (tráfego).

A segurança patrimonial e humana também é muito importante, em especial quando se trata de vias públicas. A iluminação ineficiente nessas áreas pode propiciar os atos de vandalismo, roubos e outras ações de natureza violenta ou criminal. Entendemos que projetar sistemas de iluminação de ambientes interiores e paisagens depende de muito conhecimento técnico, criatividade e bom senso. O resultado de um bom projeto luminotécnico pode aumentar a qualidade estética de um ambiente. Mesmo que ele tenha sido muito bem decorado, a iluminação adequada destaca os seus atributos. Isso se aplica também para ambientes industriais, pois o conforto visual também precisa estar presente.

### Iluminação de emergência

O sistema de iluminação de emergência é constituído basicamente de um banco de baterias, um circuito (inversor/comutador/carregador) e as lâmpadas. O controle ocorre quando o circuito detecta a falta de alimentação e comuta/inverte a energia canalizada das baterias. Quando a energia é restabelecida, o circuito retoma a comutação para a rede e entra em ação novamente o circuito inversor para recarregar o banco de baterias. Quando a carga da bateria se esgota, o sistema desliga as lâmpadas. Por isso é muito importante realizar o dimensionamento adequado da autonomia do sistema de iluminação de emergência, com base no histórico de tempo de quedas de energia da região atendida pela concessionária.

Importante ressaltar que as baterias estacionárias têm vida útil, portanto os sistemas de iluminação de emergência possuem dispositivos de autoteste que devem ser acionados com certa periodicidade.

Até a iluminação de emergência deve ser corretamente dimensionada, veja que para cada local temos especificados os graus de iluminância (lux) mínima que deve ser atendida (MAMEDE FILHO, 2010):

- Para auditórios e salas de recepção: 5 lux.
- Para corredores, refeitórios, salões ou iluminação externa: 10 lux.
- Para almoxarifados, escritórios, escadas, entradas em locais com desníveis: 20 lux.
- Para corredores de saída pessoal, centro de processamentos de dados, subestação ou salas de máquinas: 50 lux.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Saiba mais

Aqui poderá obter acesso às normas técnicas vigentes no país:

[\*\*ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas\*\*](#)

Com o seguinte livro, você poderá obter excelentes referências adicionais sobre os temas estudados nesta aula (luminotécnica):

**Livro disponível da Biblioteca Virtual:**

OSAKI, C. M. N. **Luminotécnica**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

## Referências

CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

OSAKI, C. M. N. **Luminotécnica**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

## Aula 3

Fios e Cabos Condutores Elétricos

### Fios e Cabos Condutores Elétricos

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



## Este conteúdo é um vídeo!

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Olá, estudante!

Ressaltamos a importância do dimensionamento dos condutores elétricos nas implementações dos projetos executivos, isso é importante para a garantia da segurança, oferecer eficiência e desempenho adequados.

Nesta aula, vamos abordar as técnicas de dimensionamento de condutores elétricos, que é uma etapa fundamental para determinar capacidades de cargas e distribuição dos circuitos.

Diante desse cenário, serão abordados os tópicos:

- Fios e cabos condutores;
- Sistema de distribuição;
- Critérios básicos para divisão de circuitos;
- Critérios para dimensionamento da seção mínima do condutor fase.

## Ponto de Partida

Estudante, nós desejamos boas-vindas neste momento de aprendizado sobre dimensionamento de condutores na disciplina de Instalações Elétricas e Segurança em Eletricidade!

A etapa que visa conhecer os fios e condutores de eletricidade é importante para garantir o funcionamento seguro, eficiente e produtivo nas operações com os sistemas elétricos. O domínio dos fios e condutores elétricos em um projeto é importante para a garantia da segurança, oferecer eficiência e desempenhos adequados. Os condutores realizam o transporte da corrente elétrica em um sistema. O erro no dimensionamento dos condutores pode acarretar a uma série de problemas, tais como: sobrecargas, quedas de tensão, com elevados riscos de incêndio e explosão.

Procure compreender ao máximo esses conceitos teóricos iniciais, pois, além de serem muito interessantes, certamente vão colaborar muito para a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver realizando seu projeto elétrico.

## Vamos Começar!

## Conceitos de Dimensionamento de Condutores

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Fios e cabos condutores de energia

A função dos condutores é realizar o transporte da eletricidade de um ponto a outro. Assim, para que seja aplicado de modo correto e desempenhar a função com a devida segurança, é sumariamente importante a realização do dimensionamento adequado e é preciso verificar se as premissas são atendidas (REIS *et al.*, 2017).

A operação dos condutores deve ocorrer abaixo da temperatura e da queda de tensão. Precisam suportar correntes que estejam acima da capacidade de atuação dos sistemas de proteção (corrente de curto-círcuito e sobrecarga) por um período necessário. Para que possa atender a esses requisitos, é necessário analisar três critérios básicos definidos pela norma ABNT NBR 5410, que são: (a) capacidade de condução de corrente (ou ampacidade); (b) queda de tensão; (c) seção mínima.

Os condutores de eletricidade são dotados de materiais que possuem a capacidade de permitir o fluxo de eletricidade (corrente elétrica). Eles possuem elétrons livres que são capazes de se mover facilmente por meio do material quando uma diferença de potencial é aplicada. Internamente pode ser feito de cobre, alumínio, prata, ouro e ferro e, por fora, pode ou não receber uma capa protetora (dielétrica).

## Sistema de distribuição

Atualmente, possuímos cerca de 77 concessionárias que atuam na transmissão de energia elétrica no Brasil. São muitas concessionárias por causa da nossa vasta extensão territorial (ABRADEE, 2017). O sistema de distribuição de eletricidade é responsável por conduzir a energia aos consumidores finais. Para isso é necessário reduzir o nível de tensão das linhas de transmissão a níveis de tensão primária e secundária. Nesse cenário, nos conectamos ao sistema de distribuição para o projeto de instalações elétricas industriais.

## Critérios básicos

Neste tópico, abordaremos os critérios básicos para ajudar a compreender as divisões de circuitos elétricos e o dimensionamento da seção mínima do condutor fase.

### Divisão de circuitos

Uma instalação industrial deve apresentar uma divisão dos circuitos desde a subestação até as áreas produtivas, área externa, estacionamento, restaurante, e as suas subdivisões em força, tomadas e iluminação em circuitos menores para facilitar a manutenção e a operação. A hierarquia segue pelo seccionamento dos circuitos por quadros de distribuição principais para alimentar os quadros de distribuição de cada área.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 1 | Exemplo de distribuição dos circuitos em Quadros de Distribuição (QD) em uma indústria. Fonte: elaborado pelo autor.

Esse tipo de distribuição hierarquizado colabora inclusive para a determinação e o dimensionamento adequados para o sistema de proteção e seletividade dos circuitos distribuídos de forma uniforme e com o balanço de cargas.

## Dimensionamento da seção mínima do condutor fase

Os condutores devem possuir seção mínima de  $1,5 \text{ mm}^2$ , no caso de circuitos de iluminação,  $2,5 \text{ mm}^2$  nos casos de circuitos de potência e seção de  $0,5 \text{ mm}^2$  em circuitos de sinalização.

O procedimento para dimensionar o condutor fase é por meio do cálculo do cabo pelo critério da capacidade de corrente, sendo a seção dos condutores neutros e terra consequência direta da seção do condutor fase. O primeiro critério para determinar a capacidade de corrente é o tipo de isolamento do cabo, sendo comum o uso do material PVC ou EPR.

Também avaliamos a capacidade de corrente, que é a maneira como o condutor vai ser instalado, por exemplo, embutido (alvenaria), eletroduto enterrado, eletrocalha etc. Essas situações implicam diretamente na troca de calor do ambiente com os condutores, resultando em uma maior ou menor temperatura para o condutor.

**Siga em Frente...**

## Critérios para Dimensionamento de Condutores

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Fios e cabos condutores de energia

Aprendemos que dimensionar corretamente os condutores elétricos é crucial para garantir a segurança, eficiência e o desempenho adequados de um sistema elétrico. Colabora na prevenção de sobrecargas, minimiza as quedas de tensão, promove a eficiência energética e cumpre as normas e os regulamentos técnicos. Assim, é fundamental se tornar um profissional qualificado e procurar sempre seguir as diretrizes adequadas ao projetar e instalar um sistema elétrico.

Para realizar o dimensionamento dos condutores elétricos, algumas regras da ABNT NBR 5410 devem ser aplicadas, em que podemos elencar três métodos de cálculos, que vamos nos aprofundar um pouco mais neste bloco:

- Capacidade de condução (ou ampacidade) de corrente: com a qual se calcula a corrente máxima que age no condutor e, dependendo do método de instalação, se identifica a seção nominal de acordo com os critérios definidos.
- Queda de tensão: define-se a queda de tensão nas instalações que são alimentadas por meio de subestações próprias. São admitidos no máximo 7% de queda de tensão da tensão nominal, tomando como base a tensão dos terminais do transformador em seu secundário (conforme a ABNT NBR 5410, 2004).
- Seção mínima: neste processo se define que os circuitos de tomadas de força devem possuir seção mínima de 2,5 mm<sup>2</sup> e circuitos de iluminação tem de possuir a seção mínima de 1,5 mm<sup>2</sup> (conforme à ABNT NBR 5410, 2004).

Nota: esses são apenas alguns exemplos em que, por meio das normas de referências, podemos observar todas as regras constantes nas suas tabelas.

## Sistema de distribuição

Podemos classificar os níveis de tensão como primários: na faixa de 13,8 kV a 34,5 kV (CREDER, 2016), e os secundários: entre 110 a 440 V (ABRADEE, 2017). O sistema de distribuição é regulado pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, que trata das tarifas, da qualidade dos serviços, entre outros processos geridos pelas distribuidoras em âmbito nacional.

Nota: também se entendem os níveis de tensão primários ou secundários como de baixa e média tensão. Baixa tensão corresponde ao nível de tensão secundária e média tensão ao nível de tensão primária.

## Critérios básicos

### Divisão de circuitos

A divisão de cargas em circuitos deve seguir as regras conforme a ABNT NBR 5410/2004:

- Deve ser implementado um circuito independente em sistemas que possuam corrente nominal superior a 10 A.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

- Para área de serviço, cozinha, copa, lavanderia e locais similares, que consideramos “áreas molhadas” devem ser estabelecidos circuitos específicos.
- Para os circuitos comuns: é possível servir cargas que não excedam a corrente nominal de 16 A. Nos casos de circuitos de iluminação e tomadas é recomendado dividir em vários circuitos, e não utilizar apenas um, mesmo não excedendo a corrente nominal.

## Dimensionamento da seção mínima do condutor fase

Para o dimensionamento da seção mínima do condutor fase, seguimos os seguintes critérios que estão listados na ABNT NBR 5410/2004:

1. Capacidade de corrente;
2. Seção mínima;
3. Cálculo da corrente nominal ou corrente de projeto (IB);
4. Números de condutores carregados;
5. Determinação da bitola do condutor;
6. Fator de correção de temperatura (FCT);
7. Correção de corrente.

## Vamos Exercitar?

## Aplicações Práticas em Dimensionamentos de Condutores

### Fios e cabos condutores

Dependendo da necessidade, utilizamos condutores de materiais específicos. Abaixo, detalhamos alguns materiais aplicados na composição dos condutores:

Cobre: bastante utilizado em fios e cabos elétricos devido à sua elevada condutividade elétrica e grande resistência à oxidação.

Alumínio: possui aderência no mercado, especialmente em aplicações de transmissões de longa distância.

Prata / Ouro: são os melhores condutores de eletricidade, pois possuem uma condutividade elétrica muito elevada. Normalmente são usados em sistemas eletrônicos avançados pelo seu alto custo.

Ferro: também conduz eletricidade e normalmente é usado em estruturas de aterramento.

### Sistema de distribuição

As 10 maiores distribuidoras listadas abaixo representam aproximadamente 58% da energia distribuída no país (ANEEL, 2016):

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

1. Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo (ENEL-SP);
2. Light Serviços de Eletricidade (RJ);
3. Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG-MG);
4. Companhia Paranaense de Energia (COPEL-PR);
5. Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL-SP);
6. Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA-BA);
7. Elektro Eletricidade e Serviços (SP);
8. Companhia Energética de Goiás (CELG-ENEL-GO);
9. Ampla Energia e Serviços (ENEL-RJ);
10. Bandeirante (EDP-SP).

As distribuidoras têm a incumbência de suportar os consumidores finais, além de elaborar programas especiais compulsórios de melhoria contínua.

## Critérios básicos

### Divisão de circuitos

O correto seccionamento dos circuitos de alimentação é muito importante, pois caso em uma determinada área ocorra algum tipo de pane elétrica em um circuito e se este não está devidamente distribuído, toda a instalação ficará sem energia até que o problema seja restabelecido.

### Dimensionamento da seção mínima do condutor fase

### Capacidade de corrente

Para determinar a capacidade de corrente, utilizamos a Tabela 1 que apresenta a máxima temperatura para cada tipo de isolamento.

Tipo de Isolação	Temperatura Máxima para Serviço Contínuo (condutor) - °C	Temperatura Limite de Sobrecarga (condutor) - °C	Temperatura Limite de Curto-Circuito (condutor) - °C
Policlorreto de vinila (PVC) até 300mm <sup>2</sup>	70	100	160
Policlorreto de vinila (PVC) maior que 300mm <sup>2</sup>	70	100	160
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250
-------------------------------	----	-----	-----

Tabela 1 | Temperaturas características para os condutores por isolação. Fonte: ABNT NBR 5410 (2004, p. 100).

## Seção mínima

Esse critério define o diâmetro do condutor fase, de acordo com a utilização do circuito.

Tipo de instalação	Utilização do circuito	Seção mínima do condutor ( $\text{mm}^2$ ) - material
Instalações fixas em geral	Condutores e Cabos isolados	Círculo de iluminação 1,5 - Cu   16 - Al
	Círculo de força (TUE e TUG) 2,5 - Cu   16 - Al	
	Círculo de sinalização e circuito de controle 0,5 - Cu	
	Círculo de força (TUE) 10 - Cu   16 - Al	
Ligações flexíveis feitas com cabos isolados	Condutores Nus	Círculo de sinalização e circuito de controle 4 - Cu
		Para um equipamento específico Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação 0,75 - Cu
		Círculo extra baixa tensão 0,75 - Cu

Tabela 2 | Seção mínima (condutores). Fonte: ABNT NBR 5410 (2004, p. 113).

## Capacidade de corrente

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Seguem as maneiras de instalação definidas pela norma. Possui um código para cada tipo de instalação, utilizado para determinar a capacidade de corrente do condutor nesse ambiente, que é fornecido pelo fabricante do cabo.

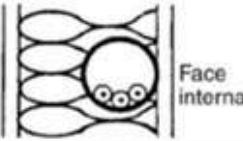
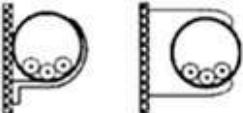
Método de Instalação Número	Esquema Ilustrativo	Descrição	Método de referência
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede tecnicamente isolante	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede térmica isolante	A2
3		Condutor isolado ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1

Tabela 3 | Linhas elétricas. Fonte: adaptada de ABNT NBR 5410 (2004, p. 90).

## Números de condutores carregados

São definidos os números de condutores que se encontram carregados.

Círcuito	Número de Condutores Carregados
Monofásico	2
Monofásico a três condutores	2
Bifásico sem neutro	2
Bifásico com neutro	3

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4

Tabela 4 | Número de condutores carregados. Fonte: ABNT NBR 5410 (2004, p. 112).

## Determinação da bitola do condutor

Definição do diâmetro do condutor para uma temperatura ambiente de 30°C (condutores não enterrados no solo) ou para uma temperatura do solo de 20°C (condutores enterrados no solo), analisando os parâmetros pré-estabelecidos, que são: tipos de isolamento, método de instalação do condutor, corrente nominal ou de projeto e número de condutores carregados.

Seções nominais (mm <sup>2</sup> )	Métodos de referência											
	A1	A2	B1	B2	C	D	Número de condutores carregados					
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86

Tabela 5 | Capacidade de condução (corrente), como os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D para condutores de cobre e alumínio, com isolamento: PVC, temperatura: 70 °C e com referência no ambiente: 30 °C (ar) e 20 °C (solo). Fonte: ABNT NBR 5410 (2004, p. 101).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Fator de correção de temperatura (FCT)

Definição do fator de correção de temperatura (FCT) e o fator de correção de agrupamento (FCA), conforme os requisitos de projeto. O FCT é utilizado em temperaturas ambientes diferentes de 30 °C (ar) e 20 °C (solo).

### Bloco 1

Temperatura (°C)	Isolação		
	PVC	EPR ou XLPE	PVC
	Ambiente		
10	1,22	1,15	1,10
15	1,17	1,12	1,05
20	1,12	1,08	1,00
25	1,06	1,04	0,95
30	1,00	1,00	0,89
35	0,94	0,06	0,84
40	0,87	0,91	0,77
45	0,79	0,87	0,71
50	0,71	0,82	0,63

### Bloco 2

#### Isolação

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

1,07
1,04
1,00
0,96
0,93
0,89
0,8
0,8
0,76

Tabela 6 | Fatores de correção para temperaturas ambientes. Fonte: ABNT NBR 5410 (2004, p. 106).

## Correção de corrente

Para obter essa corrente corrigida, devemos utilizar a equação:

$$I_C = \frac{I_B}{FCT * FCA}$$

Após essa correção, deve-se retornar a uma das tabelas especificadas na NBR 5410 (Tabela 5) e determinar a seção do condutor após a aplicação dos fatores de correção.

**Nota:** algumas tabelas se encontram parcialmente apresentadas em caráter de exemplos, portanto sugerimos acessar os livros ou a norma para a referência complementar.

## Saiba mais

Na área de elétrica é muito importante focar nos conhecimentos técnicos. Recomendamos estudar, também, pelos sites dos órgãos reguladores, governamentais e fabricantes em geral.

Abaixo, seguem algumas sugestões para aprimorar os seus estudos:

No site da ANEEL, poderá conhecer mais a respeito do sistema de distribuição de energia elétrica no Brasil:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## [ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica](#)

Aqui poderá obter acesso às normas técnicas vigentes no país.

## [ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas](#)

Com o seguinte livro, você poderá obter excelentes referências adicionais sobre os temas estudados nesta aula.

**Livro disponível da Biblioteca Virtual:**

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 93 a 116.

## Referências

CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Aula 4

Dimensionamento de Condutores Elétricos.

## Dimensionamento de Condutores Elétricos

**Este conteúdo é um vídeo!**

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

mesmo sem conexão à internet.



Ressaltamos a importância do dimensionamento dos condutores de neutro, de proteção e dos dutos nas implementações dos projetos executivos: é essencial para a garantia da segurança, oferecer eficiência e desempenho adequados.

Nesta segunda parte do tema de dimensionamento de condutores, vamos abordar as técnicas de dimensionamento de condutores neutro, proteção e dos dutos, que é a etapa importante para se determinar as capacidades de cargas e distribuição dos circuitos.

Diante desse cenário, serão abordados os tópicos:

- Critérios para o dimensionamento da seção mínima do condutor neutro;
- Critérios para o dimensionamento da seção mínima do condutor de proteção;
- Dimensionamento de dutos.

## Ponto de Partida

Estudante, nós desejamos boas-vindas neste momento de aprendizado sobre o dimensionamento de condutores na disciplina de Instalações Elétricas e Segurança em Eletricidade!

A etapa de dimensionamento de condutores é importante para garantir o funcionamento seguro, eficiente e produtivo nas operações com os sistemas elétricos.

Aqui, vamos seguir nos aprofundando em dimensionar a seção mínima do condutor neutro, do condutor de proteção e dos dutos, pois isso é importante para a garantia da segurança, para oferecer eficiência e o desempenho adequados. Os condutores realizam o transporte da corrente elétrica em um sistema e os dutos garantem a distribuição desses condutores de modo confiável e os protege quanto a ações mecânicas.

Procure compreender ao máximo esses conceitos teóricos iniciais, pois, além de serem muito interessantes, certamente vão colaborar muito para a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver realizando seu projeto elétrico.

## Vamos Começar!

### Conceitos de Dimensionamento de Condutores Neutro, de Proteção e de Dutos

#### Critérios básicos para dimensionamento da seção mínima do condutor neutro

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

O condutor neutro, também conhecido como fio neutro ou simplesmente neutro, é um dos condutores utilizados em sistemas elétricos trifásicos e em alguns sistemas monofásicos. Ele faz parte de um sistema conhecido como sistema trifásico a quatro fios, que é amplamente utilizado em redes de distribuição de energia elétrica em residências, comércios e indústrias.

A principal função do condutor neutro é fornecer um caminho de retorno para a corrente elétrica, equilibrando as cargas entre as fases do sistema. Enquanto os condutores carregados (condutores fase) fornecem a corrente elétrica para os dispositivos conectados, o condutor neutro permite que a corrente retorne ao ponto de origem, completando o circuito elétrico.

No sistema trifásico a quatro fios, o condutor neutro também desempenha um papel importante na distribuição da carga elétrica, garantindo que a tensão entre as fases e o neutro seja mantida próxima de zero. Isso é fundamental para o funcionamento adequado de muitos dispositivos elétricos e eletrônicos, que requerem uma tensão equilibrada para operar corretamente.

## Critérios básicos para dimensionamento da seção mínima do condutor de proteção

O condutor de proteção, também conhecido como fio terra ou condutor de aterramento (ou PE), é um condutor elétrico utilizado em instalações elétricas para garantir a segurança dos usuários e proteger equipamentos contra falhas elétricas. Ele tem a função de criar um caminho de baixa resistência elétrica para desviar correntes indesejadas, como correntes de falta ou correntes de curto-circuito, para a terra.

O condutor de proteção é geralmente identificado pela cor verde ou verde/amarelo, seguindo as normas de identificação de condutores elétricos. Ele é conectado a uma haste de aterramento ou a um sistema de aterramento adequado, que permite que as correntes indesejadas sejam dissipadas com segurança para a terra.

A presença do condutor de proteção é essencial para garantir a segurança elétrica das instalações e prevenir riscos de choque elétrico. Quando ocorre uma falha elétrica, como um curto-circuito, o condutor de proteção desempenha um papel crucial ao fornecer uma rota alternativa para a corrente elétrica. Isso ajuda a evitar que a corrente flua por meio de partes metálicas expostas, como carcaças de equipamentos ou estruturas, que poderiam representar um perigo para as pessoas.

## Dimensionamento de dutos

Os dutos de eletricidade, eletrodutos e conduites são estruturas utilizadas para sediar e proteger os cabos elétricos em instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais. Eles são responsáveis por fornecer um meio seguro de passagem para os cabos e ajudam a organizar e direcionar o cabeamento elétrico de forma ordenada.

Os dutos de eletricidade são geralmente feitos de materiais como PVC (policloreto de vinila) ou metal, como aço galvanizado ou alumínio. Eles podem ser rígidos, semirrígidos ou flexíveis, dependendo da aplicação e das necessidades específicas da instalação elétrica.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Esses dutos são instalados embutidos nas paredes, pisos ou lajes, ou também podem ser fixados externamente, em superfícies aparentes, quando permitido. Eles são projetados para proteger os cabos elétricos contra danos mecânicos, umidade, poeira e outros agentes externos que possam comprometer a segurança e o desempenho dos sistemas elétricos.

É importante ressaltar que a instalação dos dutos de eletricidade deve ser feita de acordo com as normas e os regulamentos elétricos aplicáveis, considerando as exigências de segurança e as capacidades de carga dos cabos utilizados. Além disso, é necessário garantir a correta vedação dos dutos para evitar a entrada de umidade e proteger os cabos contra condições ambientais adversas.

**Siga em Frente...**

## Critérios para Dimensionamento de Condutores

### Critérios para dimensionamento da seção mínima do condutor neutro

O condutor neutro é um componente essencial em sistemas elétricos trifásicos a quatro fios, fornecendo um caminho de retorno para a corrente elétrica e equilibrando as cargas entre as fases. Ele desempenha um papel fundamental na distribuição adequada de energia elétrica e na operação correta de dispositivos conectados à rede elétrica.

Os condutores devem possuir seção mínima de  $1,5 \text{ mm}^2$ , no caso de circuitos de iluminação,  $2,5 \text{ mm}^2$  nos casos de circuitos de potência e seção de  $0,5 \text{ mm}^2$  em circuitos de sinalização.

De acordo com a norma, o condutor neutro deve ser da cor azul. Caso não se utilize o condutor com essa cor, se faz necessário realizar a sua identificação por anilhas, e na identificação das pontas dos cabos com marcador na cor padrão.

### Critérios para dimensionamento da seção mínima do condutor de proteção

O condutor de proteção também serve para potencializar elementos condutores e não condutores em uma instalação elétrica, reduzindo o risco de diferenças de potencial e protegendo contra surtos elétricos.

É importante ressaltar que o condutor de proteção precisa ser dimensionado adequadamente e instalado de acordo com as normas e regulamentos elétricos aplicáveis. Ele deve estar conectado a um sistema de aterramento eficiente e ser periodicamente verificado para garantir a sua integridade e eficácia na proteção contra falhas elétricas.

Nos casos dos condutores de fase com até  $16 \text{ mm}^2$ , a norma indica que a seção do condutor de proteção precisa seguir a mesma seção do condutor fase. Podemos exemplificar o caso que se o condutor fase possui seção nominal de  $4,0 \text{ mm}^2$  o condutor de proteção também precisará ser de  $4,0 \text{ mm}^2$ .

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

De acordo com a norma, o condutor terra (ou de proteção) deve ser da cor verde ou verde-amarela. Caso não se utilize o condutor com essa cor, se faz necessário realizar a sua identificação por meio de anilhas e na identificação das pontas dos cabos com marcador na cor padrão.

## Dimensionamento de dutos

Os dutos podem ser dos tipos mais comuns: eletroduto (flexível corrugado ou rígido), canaleta (fechada ou aberta), perfilado com tampa, moldura e eletrocalha. As aplicações vão depender de uma série de fatores e estão ligados normalmente às estruturas, distâncias, tipos de fixação ou acondicionamento dos condutores para os seus pontos de distribuição.

Os condutores podem ser instalados em dutos fechados de material metálico (do tipo ferromagnético, em especial). Para tanto, devem ser organizados de maneira que todos os condutores fase, neutro e proteção se disponham nesse mesmo duto. Na utilização dos dutos de material metálico, os campos eletromagnéticos podem surgir e isso é ruim para o funcionamento de equipamentos, em especial os eletrônicos mais sensíveis.

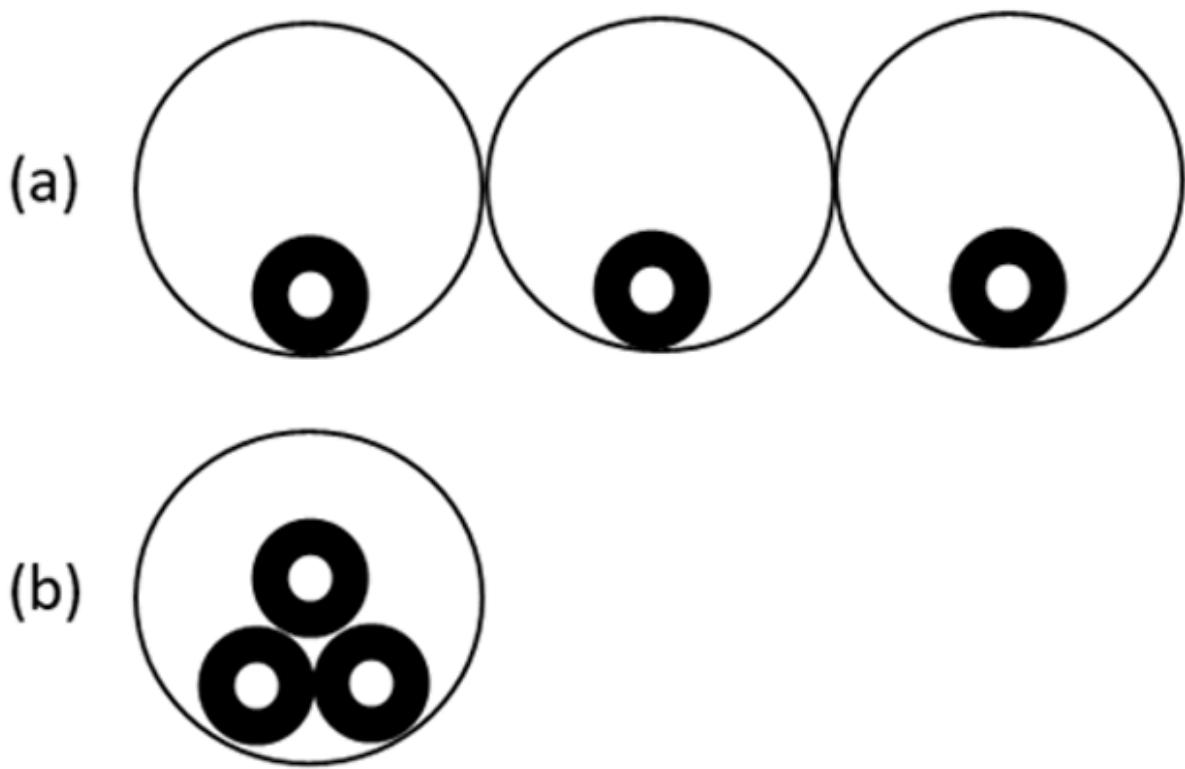


Figura 1 | Exemplos de instalações com dutos metálicos. Fonte: elaborado pelo autor.

Na Figura 1, podemos observar os dutos metálicos (especialmente nos casos de dutos ferromagnéticos), em que o modo de instalação (a) está incorreto e o modo (b) está adequado e pode colaborar para evitar os transientes indesejados, normalmente provocados pelos campos eletromagnéticos.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Vamos Exercitar?

### Dimensionamentos de Condutores na Prática

#### Instalações com o condutor neutro

Não encontramos em todos os sistemas elétricos o condutor neutro. Em alguns casos, como em sistemas monofásicos a três fios, o condutor neutro é desnecessário, pois a carga é fornecida apenas por uma fase e a corrente retorna por meio do próprio condutor de fase.

Abaixo, segue um exemplo simplificado da aplicação de um sistema com o condutor neutro.

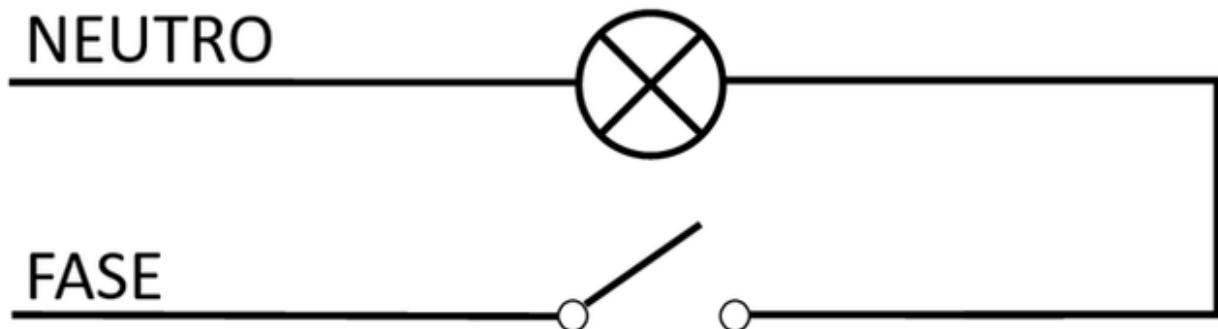


Figura 2 | Exemplo de instalação com o condutor neutro. Fonte: elaborado pelo autor.

#### Seção mínima com o condutor neutro – Referência da norma

Vimos anteriormente que o condutor neutro deve possuir a mesma seção do condutor fase. Caso o circuito (trifásico) esteja equilibrado com o neutro e forem constituídos do mesmo material (metal) e o condutor neutro esteja devidamente protegido contra sobrecorrente, a sua seção poderá ser reduzida em relação aos condutores fase, conforme a Tabela 1 abaixo.

Seção dos condutores de fase ( $\text{mm}^2$ )	Seção do condutor neutro ( $\text{mm}^2$ )
$S \leq 25$	$S$
35	25
50	25
70	35

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Tabela 1 | Seção mínima do condutor neutro. Fonte: ABNT NBR 5410:2004.

## Referência da seção do condutor de proteção

Conforme a NBR 5410, a seção do condutor de proteção pode ser definida por meio da Tabela 2 abaixo:

Seção dos condutores de fase S (mm <sup>2</sup> )	Seção mínima do condutor de proteção correspondente (mm <sup>2</sup> )
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

Tabela 2 | Seção mínima do condutor de proteção. Fonte: ABNT NBR 5410:2004.

## Dutos de eletricidade - Aplicações

Os dutos elétricos são utilizados em diversas aplicações para a transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como para a condução de sinais elétricos em sistemas de comunicação.

Abaixo, podemos citar algumas de suas aplicações:

Redes de distribuição de energia: os condutos elétricos, como cabos de energia e linhas de transmissão, são utilizados para transportar energia elétrica de usinas de geração até os

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

consumidores finais. Esses condutos são dimensionados de acordo com a quantidade de energia a ser transmitida e as características da rede elétrica.

Instalações elétricas residenciais e comerciais: os condutos elétricos são utilizados para conectar os diferentes componentes de uma instalação elétrica, como disjuntores, interruptores, tomadas e luminárias. Eles permitem a passagem segura dos cabos elétricos dentro das paredes, tetos e pisos, evitando exposição e protegendo contra danos mecânicos.

Indústria: nas instalações industriais, os condutos elétricos são utilizados para a distribuição de energia elétrica e a interligação de máquinas e equipamentos. Eles garantem a segurança e a organização dos cabos elétricos em ambientes com grande demanda de energia e com riscos potenciais, como choques elétricos e interferências eletromagnéticas.

Sistemas de comunicação: os condutos elétricos também são utilizados para a transmissão de sinais elétricos em sistemas de comunicação, como cabos coaxiais e fibras ópticas. Esses condutos são projetados para minimizar perdas e interferências, garantindo uma transmissão confiável de dados, voz e vídeo em redes de telecomunicações.

Veículos elétricos: os condutos elétricos desempenham um papel crucial nos veículos elétricos, conectando a bateria ao motor elétrico e a outros componentes do sistema elétrico do veículo. Eles são projetados para suportar altas correntes e proporcionar eficiência na transmissão da energia, garantindo o funcionamento adequado do veículo.

Abaixo, podemos observar as vantagens da aplicação dos dutos elétricos:

Proteção física: os dutos protegem os cabos elétricos contra impactos, esmagamentos e outros danos mecânicos que possam ocorrer durante a instalação, manutenção ou uso das instalações elétricas.

Organização: eles permitem a organização dos cabos elétricos, facilitando a identificação e o gerenciamento das conexões elétricas. Isso torna a manutenção e a solução de problemas mais eficientes.

Segurança: os dutos de eletricidade ajudam a reduzir os riscos de incêndio, curto-circuito e choques elétricos, isolando os cabos elétricos e mantendo-os protegidos de contato acidental com pessoas ou objetos.

Flexibilidade: os dutos flexíveis permitem a passagem dos cabos elétricos em curvas e contornos, facilitando a instalação em locais de difícil acesso ou com trajetos complexos.

## Saiba mais

No site da ANEEL, você poderá conhecer mais a respeito do sistema de distribuição de energia elétrica no Brasil:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## [ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica](#)

Aqui poderá obter acesso às normas técnicas vigentes no país:

## [ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas](#)

Com o livro abaixo, você poderá obter excelentes referências adicionais sobre os temas estudados nesta aula:

### Livro disponível da Biblioteca Virtual:

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 93 a 116.

## Referências

CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Aula 5

Encerramento da Unidade

## Videoaula de Encerramento

**Este conteúdo é um vídeo!**

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

mesmo sem conexão à internet.



Estudante, nós desejamos boas-vindas neste momento de reforço no aprendizado sobre elementos de projeto e dimensionamentos na disciplina de Instalações Elétricas e Segurança em Eletricidade! Reiteramos que a adoção de um projeto elétrico em uma instalação reduz significativamente os riscos de insucesso ou até mesmo pode evitar acidentes fatais. Dessa forma, qualquer concepção de instalação elétrica precisa ser realizada por meio do projeto elétrico baseado em normas técnicas e de segurança do trabalho (normas regulamentadoras).

Agora, nós vamos rever os elementos de projeto, os cabos condutores, os dutos elétricos e os seus dimensionamentos com a finalidade de reforçar o conhecimento e começar a introduzir o conceito de projetos e, também, como estão inseridas as normas técnicas nesse contexto.

Procure reforçar ao máximo os conhecimentos desses conceitos teóricos iniciais, pois, além de serem muito interessantes, certamente vão colaborar muito para a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver realizando seus projetos.

## Ponto de Chegada

## Etapas de projetos elétricos

Estudante, aqui nós encerramos a primeira unidade de aprendizado sobre instalações elétricas e segurança em eletricidade.

As etapas de projetos elétricos, os condutores e o dimensionamento são importantes para se aplicar os conceitos e desenvolver os trabalhos com eficiência, economia e segurança.

Nesta aula, vamos rever os conceitos aprendidos nas aulas anteriores, com o objetivo de reforçar, em especial, os conceitos dos cálculos de dimensionamentos de condutores elétricos e realizar uma revisão mais detalhada de tudo que foi apresentado.

Procure reforçar bem esses conceitos em projetos elétricos e dimensionamentos, pois, além de serem muito importantes, certamente será de grande valia para a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver a cargo de seus projetos em eletricidade.

## É Hora de Praticar!

## Novo galpão industrial

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Você é um profissional de elétrica em uma indústria de cosméticos e material de higiene pessoal localizada no Nordeste do Brasil.

Por esse motivo, você foi convocado pela sua empresa para ficar responsável pela expansão de uma linha de produção de cosméticos em sua indústria.

Verificou-se que não há espaço disponível na fábrica e que será necessário construir um galpão novo. Como você é o profissional de elétrica, lhe coube a responsabilidade de realizar a instalação elétrica desse novo galpão.

Como o mercado de trabalho está muito competitivo, você não pode se dar ao luxo de errar nessa tarefa, inclusive por conta da eficiência e da segurança dos serviços que estão sob a sua responsabilidade.

O novo galpão "D" está situado nos fundos da fábrica, que antes era uma área aberta destinada a guardar dejetos e outros materiais e maquinários industriais que estavam fora de uso.

Observe, na Figura 1, a seguir a planta baixa da fábrica e de situação, com o detalhe em vermelho do novo galpão em construção.



# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Figura 1 | Planta baixa da fábrica. Fonte: Elaborado pelo autor.

O novo galpão que será destinado a quatro células produtivas precisa receber instalações elétricas, iluminação, proteções etc.

Diante desse cenário, devemos aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo de nossas aulas para descrever os passos básicos para concretizar o processo de instalações elétricas para esse novo galpão.

Utilize os seus conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da unidade para realizar esse descritivo, passando pelos principais pontos.

Boa sorte!

Olá, estudante!

Em breve, você estará em uma empresa, atuando como um profissional e independentemente de que cargo ou responsabilidade você assume, o empregador sempre estará focado em reduzir custos e realizar projetos com segurança e qualidade. A manutenção da saúde financeira de uma empresa é fundamental para que ela esteja sempre competitiva no mercado.

E o que isso tem a ver com a sua empregabilidade? Tudo! Pois uma empresa com uma saúde financeira debilitada, mais cedo ou mais tarde, perderá espaço no mercado e deverá cortar os seus custos ou até poderá vir à falência. E fica claro que esse resultado leva a processos de demissão de funcionários.

Diante desse cenário, conhecer bem os elementos de projetos, os seus dimensionamentos e aplicações pautadas nos projetos elétricos baseados em normas técnicas e de segurança do trabalho, vai colaborar muito para o seu crescimento profissional.

Assim, você se tornará uma peça importante na empresa, pois vai colaborar continuamente para projetos elétricos eficientes sob a sua responsabilidade.

Olá estudante, chegamos ao encerramento da unidade!

Vamos realizar a experiência presencial que irá consolidar os conhecimentos adquiridos? É a oportunidade perfeita para aplicar, na prática, o que foi aprendido em sua disciplina. Vamos transformar teoria em vivência e tornar esta etapa ainda mais significativa. Não perca essa chance única de colocar em prática o conhecimento adquirido.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

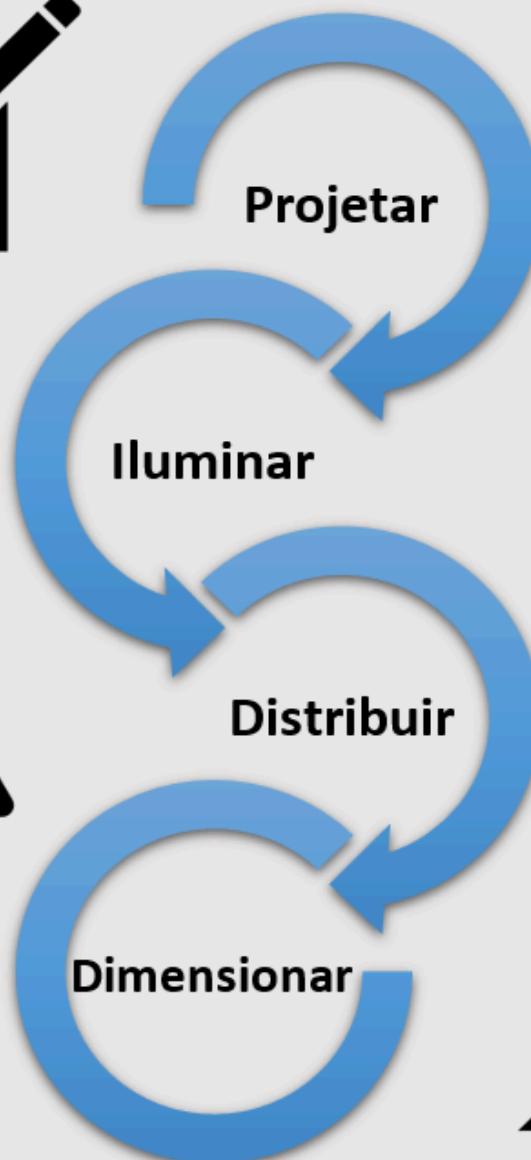
## INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Lâmpada elétrica e luminárias.  
Dispositivos de controle de iluminação.  
Modalidades de iluminação: interiores, exteriores e de emergência.



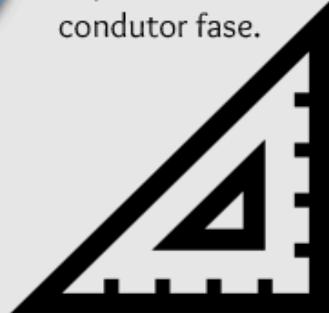
Dimensionamento da seção mínima do condutor neutro.  
Dimensionamento da seção mínima do condutor de proteção.  
Dimensionamento de dutos elétricos.



Elaboração do projeto: concepção, dados e normas técnicas.  
Proteção: incêndio/explosão e graus IP.  
Cálculos elétricos e simbologia.



Fios e cabos condutores de energia.  
Sistemas de distribuição.  
Divisão de circuitos e seção mínima do condutor fase.



CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.  
NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SQUILLANTE JÚNIOR, R.. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Unidade 2

### CONCEITOS E CÁLCULOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

#### Aula 1

Leis e Normas

#### Leis e Normas



#### Este conteúdo é um vídeo!

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Ressaltamos a importância de conhecer adequadamente as Leis e as Normas de Segurança do Trabalho em um projeto elétrico ou nas outras operações de sistemas com eletricidade. Além de nortear legalmente todo trabalho no setor elétrico, esse conhecimento permite realizar os trabalhos com a observância dessas leis e normas vigentes no Brasil. Nesta aula, vamos abordar as leis e normas para uma compreensão geral desses processos:

- Leis, decretos e resoluções sobre atuação profissional;
- Normas de Segurança do Trabalho;
- Introdução à NR 10 - Segurança do Trabalho em Eletricidade.

#### Ponto de Partida

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Olá, estudante. Nós desejamos boas-vindas neste momento de aprendizado sobre Leis e Normas na disciplina de Instalações Elétricas e Segurança em Eletricidade!

Em eletricidade, e em qualquer outro processo que apresenta riscos de insucesso ou até mesmo pode provocar acidentes fatais, se faz necessário o amparo legal, sendo baseado em Leis e Normas de Segurança do Trabalho. Sendo assim, o nascimento de qualquer concepção de instalação elétrica precisa ser realizado por meio do projeto elétrico embasado nas Leis e Normas de Segurança do Trabalho aplicáveis e vigentes em nosso país.

Diante desse cenário, nesta aula, nós vamos conhecer os detalhes em eletricidade e que permitirá agregar o conhecimento e começar a entender como estão inseridas as Leis e Normas de Segurança do Trabalho nesse contexto.

Busquem compreender ao máximo esses conceitos sobre Leis e Normas, pois, além de serem muito interessantes, certamente vão colaborar muito para a sua formação e desenvolver os seus projetos em concordância com a Legislação e Normas de Segurança do Trabalho vigentes.

## Vamos Começar!

### Atuação Profissional e as Leis

#### Leis, decretos e resoluções sobre atuação profissional

A atuação profissional em eletricidade é uma área crítica que exige regulamentação rigorosa para garantir a segurança das pessoas e a integridade das instalações elétricas.

A atuação em eletricidade no Brasil é regulamentada por uma série de leis, decretos e resoluções que visam garantir a segurança e a qualidade dos serviços elétricos no Brasil. Profissionais e empresas que atuam nesse setor devem estar cientes dessas regulamentações e cumpri-las rigorosamente para proteger a vida das pessoas e a integridade das instalações elétricas. É essencial manter-se atualizado em relação a novas regulamentações e normas técnicas que possam surgir, pois a segurança elétrica é uma prioridade fundamental em nossa sociedade.

#### Leis

No Brasil, a lei é uma norma jurídica criada por meio do processo legislativo estabelecido pela Constituição Federal. As leis são um dos pilares do sistema jurídico do país e têm a finalidade de regular as relações sociais, estabelecer direitos e deveres, definir padrões de conduta e resolver conflitos. No cenário da atuação do profissional em eletricidade, temos as leis que regulamentam como o profissional pode ser qualificado para operar nessa área.

#### Decretos

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

No Brasil, decretos são atos administrativos emanados do Poder Executivo, sejam eles federais, estaduais ou municipais, que têm como finalidade regulamentar e executar as leis e normas previamente estabelecidas pelo Poder Legislativo, bem como tratar de matérias de competência do Executivo. Em outras palavras, os decretos são instrumentos legais utilizados pelo chefe do Poder Executivo (presidente, governador ou prefeito) para detalhar e operacionalizar disposições legais e regulamentar aspectos práticos da administração pública.

## Resoluções

No Brasil, as resoluções são atos normativos emitidos por órgãos da administração pública, sejam eles federais, estaduais ou municipais, para regulamentar ou detalhar assuntos específicos dentro de sua área de competência. Esses atos têm a finalidade de estabelecer procedimentos, regulamentos, normas técnicas e diretrizes para orientar a aplicação de leis ou atender a necessidades administrativas e regulatórias, sem necessariamente passar pelo processo legislativo, como as leis, que são aprovadas pelo Poder Legislativo.

## Normas de Segurança do Trabalho

As Normas de Segurança do Trabalho no Brasil são um conjunto de regulamentações e diretrizes que visam proteger a saúde e a integridade física dos trabalhadores, bem como promover ambientes de trabalho seguros e saudáveis. Elas são fundamentais para prevenir acidentes, doenças ocupacionais e promover a qualidade de vida no ambiente de trabalho. As normas de segurança do trabalho são regidas pelas Leis Trabalhistas, em especial a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), e por regulamentações específicas emitidas pelo Ministério da Economia.

## Introdução à NR 10 - Segurança do Trabalho em Eletricidade

A Norma Regulamentadora NR-10 trata de: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, estabelecendo os requisitos e as condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança dos trabalhadores que direta, ou indiretamente, interajam em instalações elétricas.

## Siga em Frente...

## As Normas Técnicas e as Leis

### Leis, decretos e resoluções sobre atuação profissional

#### Leis

As leis são elaboradas pelas cidades, estados e pela federação, cada uma no seu âmbito de atuação e abrangência em diferentes níveis do governo, vejamos abaixo:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

**Leis Federais:** são elaboradas pelo Congresso Nacional, composto pela Câmara dos Deputados e pelo Senado Federal. As leis federais têm aplicação em todo o território nacional e tratam de assuntos de competência da União, como direitos fundamentais, direito civil, direito penal, comércio interestadual, entre outros.

**Leis Estaduais:** são criadas pelas assembleias legislativas de cada estado brasileiro. Elas regulamentam questões de interesse estadual, como educação, segurança pública, meio ambiente, entre outros.

**Leis Municipais:** são elaboradas pelas câmaras de vereadores de cada município. Elas tratam de questões locais, como urbanismo, transporte público, regulamentação de impostos municipais, entre outras.

## Decretos

No contexto da atuação profissional, um decreto pode abordar essa questão de várias maneiras, tais como:

**Regulamentação de Profissões:** o Poder Executivo, em nível federal ou estadual, pode emitir decretos que regulamentam o exercício de profissões. Por exemplo, um decreto pode estabelecer os requisitos de formação, habilitação e registro necessários para o exercício de uma profissão, como engenheiro eletricista, médico, advogado, entre outros. Esses decretos geralmente são emitidos com base em leis específicas que concedem autoridade para regulamentar determinadas profissões.

**Normas de Segurança e Qualidade:** no contexto da eletricidade, um decreto pode ser utilizado para estabelecer normas de segurança e qualidade que profissionais e empresas devem cumprir ao realizar serviços elétricos. Isso pode incluir a definição de padrões técnicos, procedimentos de inspeção, requisitos de certificação e regulamentos de segurança em instalações elétricas.

**Criação de Órgãos Reguladores:** um decreto pode criar órgãos reguladores ou agências que terão a responsabilidade de fiscalizar e regulamentar determinadas atividades profissionais. Por exemplo, a criação de um conselho profissional que supervisiona uma categoria específica de profissionais, como o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) para engenheiros, pode ser estabelecida por meio de decreto.

**Normas Técnicas e Procedimentos Operacionais:** decretos podem ser utilizados para estabelecer normas técnicas e procedimentos operacionais para garantir a qualidade e a segurança em determinadas áreas profissionais. Isso é comum em setores que envolvem riscos específicos, como a área de saúde, engenharia e segurança do trabalho.

## Resoluções

As resoluções são aplicáveis, principalmente, a órgãos reguladores e conselhos profissionais, que têm autoridade para regulamentar as atividades de profissionais em suas respectivas áreas. As resoluções servem como instrumentos para tornar mais detalhadas as normas e os regulamentos

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

que regem a atuação profissional, garantindo a qualidade, a segurança e a ética nas práticas profissionais.

## NR 10 - Segurança do Trabalho em Eletricidade

A norma regulamentadora NR10 foi originada a partir da Portaria MTb nº 3.214, de 08 de junho de 1978, que se chamava “Instalações e Serviços de Eletricidade”, com o objetivo de regulamentar os artigos 179 a 181 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), de acordo com a redação original da Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, a qual modificou o Capítulo V (da Segurança e da Medicina do Trabalho) do Título II da CLT.

Foi caracterizada como Norma Especial por meio da Portaria SIT nº 787, de 28 de novembro de 2018, o texto original da NR-10 determina condições para assegurar a segurança dos trabalhadores operando com o trabalho em instalações elétricas, em seu projeto, execução, reforma, ampliação, operação e manutenção, assim como garantir a segurança de outras pessoas.

## Vamos Exercitar?

### Normas e Leis na Prática

#### Aplicações de leis, decretos e resoluções

##### Leis

Lei nº 9.394/96 - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

Esta lei estabelece as diretrizes gerais da educação no Brasil e é relevante para a formação de profissionais em eletricidade.

Lei nº 11.934/2009 - Lei de Qualificação Profissional na Área de Eletricidade

Esta lei estabelece a obrigatoriedade da qualificação profissional dos trabalhadores na área de eletricidade.

##### Decretos

Decreto nº 48.638/2011 - Regulamentação do Exercício das Atividades Profissionais de Elétrica

Este decreto regulamenta o exercício das atividades profissionais de eletricista, estabelecendo requisitos de formação, habilitação e registro para o exercício da profissão.

Decreto nº 88.853/1983 - Regulamentação da Profissão de Engenheiro Eletricista

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Este decreto regulamenta a profissão de engenheiro eletricista, estabelecendo as atribuições e as competências desses profissionais.

## Resoluções

Resolução nº 21/2011 - Normas Técnicas para Serviços em Eletricidade

Esta resolução estabelece normas técnicas para a execução de serviços em eletricidade, garantindo a segurança e a qualidade dos serviços prestados.

Resolução nº 414/2010 - Regulamentação dos Serviços de Distribuição de Energia Elétrica

Esta resolução regulamenta os serviços de distribuição de energia elétrica, definindo padrões de qualidade, tarifas e procedimentos para atendimento aos consumidores.

## Aplicações das Normas de Segurança do Trabalho

As Normas de Segurança do Trabalho possuem uma grande abrangência e, em eletricidade, muitas vezes temos de utilizar a NR10 em conjunto com outras, tais como: NR33 – Trabalho em Espaços Confinados; NR35 – Trabalho em Altura; NR20 – Trabalho em Áreas Classificadas (ambiente explosivo). Nesse cenário, podemos exemplificar que além da NR10, um funcionário que atuará em elétrica subindo em um poste também precisará conhecer a NR35.

## NR10 na prática

A NR10 – Segurança em Serviços com Eletricidade preconiza, principalmente, que: todas as partes das instalações elétricas devem ser projetadas, executadas e conservadas de forma a prevenir os riscos de incêndios e explosões.

## Fases de aplicação da NR10

A NR10 se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades.

## Prontuário de Instalações Elétricas

Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas. Este é um conjunto de documentos técnicos que reúnem informações sobre as instalações elétricas e os trabalhadores.

Nesse sentido, ela visa sintetizar o conjunto de procedimentos, ações, documentações e programas que a empresa mantém ou planeja executar para proteger o trabalhador dos riscos elétricos.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Medidas de proteção coletiva

As medidas de proteção coletiva compreendem, prioritariamente, a desenergização elétrica conforme estabelece esta NR e, na sua impossibilidade, o emprego de tensão de segurança.

## Segurança em projetos

É obrigatório que os projetos de instalações elétricas especifiquem dispositivos de desligamento de circuitos que possuam recursos para impedimento de reenergização, para a sinalização de advertência com indicação da condição operativa.

## Segurança em instalações desenergizadas

Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados.

## Segurança em instalações elétricas energizadas

As intervenções em instalações elétricas com tensão igual ou superior a 50 Volts em corrente alternada ou superior a 120 Volts em corrente contínua somente podem ser realizadas por trabalhadores qualificados.

## Sinalização das instalações e serviços em eletricidade

Nas instalações e serviços em eletricidade, deve ser adotada uma sinalização adequada de segurança, destinada à advertência e à identificação de circuitos, quadros, demarcação das áreas de manutenção etc.

## Trabalhador qualificado

É considerado trabalhador qualificado aquele que comprovar conclusão de curso específico na área elétrica reconhecido pelo Sistema Oficial de Ensino.

## Profissional legalmente habilitado

É considerado profissional legalmente habilitado o trabalhador previamente qualificado e com registro no competente conselho de classe.

## Trabalhador capacitado

É considerado trabalhador capacitado aquele que atenda às seguintes condições, simultaneamente: receba capacitação sob orientação e responsabilidade de profissional habilitado e autorizado e trabalhe sob a responsabilidade de profissional habilitado e autorizado.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Os trabalhadores precisam estar capacitados periodicamente nos requisitos da NR10. Os cursos passam por uma fase inicial e, posteriormente, os trabalhadores precisam fazer reciclagens bianuais, com o objetivo de se manterem atualizados e reforçar os requisitos.

## Saiba mais

Aqui, você poderá obter acesso às normas regulamentadoras (Segurança do Trabalho) vigentes no país:

[\*\*Ministério do Trabalho e Previdência - Normas Regulamentadoras \(NRs\)\*\*](#)

[\*\*NR 10 - Segurança do Trabalho em Eletricidade\*\*](#)

Com o seguinte livro, você poderá obter excelentes referências adicionais sobre os temas estudados nesta aula:

**Livro disponível da Biblioteca Virtual:**

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 20 a 31.

## Referências

CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Aula 2

Previsão de Cargas

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Previsão de Cargas

### Este conteúdo é um vídeo!



Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Ressaltamos, aqui, a importância da previsão de cargas nas implementações de sistemas com eletricidade e seus projetos. Além de nortear todo processo de cálculo, permite ter listas de materiais adequadas, reduzir as perdas e desperdícios.

Nesta aula, vamos abordar os conceitos de previsão de cargas, que é a etapa altamente relevante para os cálculos dos circuitos e suas proteções:

- Etapas de um projeto de instalações elétricas.
- Previsão de cargas (residencial e comercial): iluminação e tomadas.
- Quadro de previsão de cargas e potência instalada.

## Ponto de Partida

Olá, estudante. Nós desejamos boas-vindas neste momento de aprendizado sobre Previsão de Cargas na disciplina de Instalações Elétricas e Segurança em Eletricidade!

Para realizar quaisquer serviços em projetos de instalações elétricas se faz necessário conhecer o que será alimentado pelos circuitos elétricos. Fazer um estudo completo da previsão de cargas é sumariamente importante nesse processo, pois definirá toda base de cálculo para dimensionar adequadamente os condutores, proteções, quadros e outros itens relevantes no projeto de instalações elétricas.

Diante desse cenário, nesta aula, nós vamos conhecer os detalhes sobre a importância dessa determinação da previsão de cargas, tanto para um ambiente industrial quanto para as residências, tudo isso sendo embasado e suportado pelas normas técnicas e de segurança do trabalho.

Procure compreender ao máximo esses conceitos teóricos iniciais, pois, além de serem muito interessantes, certamente vão colaborar muito para a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver realizando seus projetos.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

**Vamos Começar!**

## Conceitualização de Projeto e Previsão de Cargas

### Etapas de um projeto de instalações elétricas

O projeto elétrico é o conjunto de todas as informações necessárias para realizar o trabalho: cálculos, desenhos, gráficos, materiais e tudo mais que se refere a uma instalação ou equipamento elétrico baseado em normas técnicas.

#### Concepção do projeto (ou memória)

A fase de concepção de um projeto de instalação elétrica é uma etapa inicial e importante para o desenvolvimento do projeto. Nessa etapa, são elencados os requisitos e as especificações do projeto, além de determinar a melhor abordagem para atender às normas técnicas e de segurança do trabalho.

#### Dados de projetos

Para desenvolver qualquer tipo de projeto, precisamos estabelecer, coletar e tratar os dados, pois é deles que se advém todos os processos necessários para a sua criação. Os dados de projeto são necessários para: desenvolver os cálculos das previsões de cargas; determinar demanda provável; dimensionar eletrodutos; cabeamento; dispositivos de proteção, entre outros.

#### Identificação do projeto

O projeto elétrico é elaborado para a execução adequada e segura das instalações elétricas. Como todo projeto, deve conter desenhos, especificações, manuais, entre outros.

#### Cálculos elétricos

Após a análise dos requisitos, fase de concepção e levantamento dos dados de projetos, os projetistas passam para a fase de desenvolvimento do projeto propriamente dito.

#### Desenhos técnicos e simbologia (Documentação do projeto)

Após a etapa de cálculos do projeto, passamos para o momento da disposição dos componentes elencados para a execução do projeto, como: plantas, esquemas, unifilares e outros detalhes.

#### Especificações e lista de materiais (orçamento)

Definem as características técnicas do material que deve ser utilizado, as normas cabíveis e são listados: as quantidades e os custos dos materiais e da mão de obra.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Previsão de cargas (residencial e comercial): iluminação e tomadas

### Previsão de cargas - Residencial

Uma previsão de cargas para uma instalação elétrica residencial refere-se à estimativa da quantidade de energia elétrica que será consumida pelos dispositivos e aparelhos domésticos presentes em uma residência durante um determinado período. Essa previsão é crucial para dimensionar corretamente as tomadas e a iluminação da instalação elétrica, como fios, disjuntores e outros equipamentos de proteção, garantindo que o sistema seja capaz de suportar a demanda prevista de forma segura e eficiente.

### Previsão de cargas – Comercial

Uma previsão de cargas para uma instalação elétrica em um ambiente comercial envolve a estimativa da demanda de energia elétrica que será necessária para suportar as operações e atividades comerciais em um determinado espaço. Essa análise é crucial para dimensionar adequadamente a infraestrutura elétrica do local, assegurando que ela seja capaz de lidar com a carga elétrica prevista de maneira segura e eficiente. A iluminação em áreas comerciais deve ser analisada com mais cuidado do que em áreas residenciais. Devem seguir as normas técnicas assegurando a iluminação adequada para cada área, inclusive se adotar iluminação de emergência.

### Quadro de previsão de cargas e potência instalada

A tabela do quadro de cargas em um projeto elétrico é um documento que detalha as cargas elétricas previstas para uma instalação específica. Essa tabela é parte integrante do projeto elétrico e fornece informações cruciais para o dimensionamento adequado dos componentes do sistema elétrico, como fios, disjuntores, transformadores e outros dispositivos. O somatório das potências de todos os circuitos determina a potência instalada da edificação.

### Siga em Frente...

## Os Projetos bem Dimensionados

### Etapas de um projeto de instalações elétricas

#### Concepção do projeto

Nessa etapa, se faz necessário conhecer a quantidade necessária de energia para iluminação, equipamentos, entre outros.

#### Dados para elaboração

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

O projeto elétrico é desenvolvido com base nas normas técnicas para que seja eficiente e conta com o apoio de Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho (NRs) para a sua implementação segura.

## Identificação do projeto

Se faz necessário realizar os cálculos dos dimensionamentos dos elementos que serão aplicados para complementar as suas simbologias.

## Cálculos elétricos

São criados os esquemas elétricos e diagramas de circuitos que indicam como a energia elétrica deve ser aplicada na área destinada ao projeto.

## Desenhos técnicos e simbologia (Documentação do projeto)

Como a planta baixa deve receber instruções gráficas desses componentes (luminárias, quadros de distribuição, disjuntores, eletrodutos, condutores etc.) se faz necessário estabelecer símbolos para identificar os elementos.

## Especificações e lista de materiais (orçamento)

Essa parte do projeto é bem crítica e poderá sofrer alterações em especial durante a execução por conta de algumas mudanças que podem ocorrer no projeto após a finalização das obras (*as built*).

## Previsão de cargas (residencial e comercial): Iluminação e tomadas

Ao realizar uma previsão de cargas para tomadas se consideram diversos fatores, incluindo o número e os tipos de aparelhos e dispositivos elétricos, seus padrões de uso, a potência elétrica que consomem e a duração estimada de seu funcionamento. Os fatores sazonais e variações diárias no padrão de consumo também podem ser avaliados, especialmente, para iluminação comercial se deve avaliar o tipo de atividade a ser realizada nos diferentes ambientes produtivos.

Ao realizar a previsão de cargas em um ambiente comercial, os profissionais levam em consideração uma série de fatores, como:

**Tipo de Negócio:** o tipo de atividade comercial influencia significativamente os padrões de consumo de energia.

**Equipamentos e Dispositivos:** a quantidade e o tipo de equipamentos elétricos, máquinas, computadores e outros dispositivos utilizados na operação comercial são considerados.

**Horários de Funcionamento:** o período de funcionamento do estabelecimento comercial, incluindo os horários de pico e as variações ao longo do dia, é um fator crucial.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

**Sazonalidades:** algumas empresas podem ter variações sazonais significativas na demanda de energia.

**Normas e Regulamentações:** considerar as normas e regulamentações locais relacionadas à instalação elétrica e eficiência energética é fundamental para garantir conformidade legal.

Uma instalação elétrica subdimensionada pode resultar em sobrecargas, quedas de energia ou até mesmo riscos de incêndio. Ela pode ser ineficiente e mais cara do que o necessário.

## Quadro de previsão de cargas e potência instalada

O quadro de cargas é composto pelo agrupamento de diversos cálculos, dentre quantitativo de potências, cálculo de corrente, distribuição de circuitos e balanceamento de fases, identificação de fiação, fator de potência, indicação de entrada de energia dentre outros detalhes que envolvem o quadro elétrico específico.

## Vamos Exercitar?

## Projetos e Previsões de Carga na Prática

### Etapas de um projeto de instalações elétricas

Um projeto elétrico é um conjunto de documentos técnicos que especifica a instalação elétrica de uma construção, infraestrutura ou maquinário. Além de toda documentação e das etapas que foram vistas anteriormente, o projeto deve ser elaborado por um profissional qualificado e deverá ser realizada a ART – Anotação de Responsabilidade Técnica no conselho de classe correspondente.

### Previsão de cargas na prática

Esta é uma etapa fundamental no projeto de instalações elétricas residenciais para garantir o fornecimento adequado de energia elétrica, levando em consideração as necessidades específicas do local.

### Tomadas de uso geral (TUG)

Para prever a carga de um equipamento devemos considerar a sua potência nominal absorvida, informada pelo fabricante ou calculada a partir da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência. Se for utilizar a potência nominal informada no equipamento, ou seja, a potência de saída e não a absorvida, precisamos levar em conta: o rendimento e o fator de potência.

Aparelho eletrodoméstico	Potência (W)
--------------------------	--------------

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Geladeira simples	150
Geladeira duplex / freezer	400
Chuveiro elétrico	5400
Ventilador	180
Liquidificador	210
Máquina de lavar	600
Micro-ondas	1000
Ferro de passar	1000
TV LCD	80
Aspirador de pó	1400

Tabela 1 | Potências de referência dos principais aparelhos elétricos. Fonte: elaborado pelo autor.

Para a previsão de potência nos pontos de tomada para uso geral, nas unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, aos pontos de tomada de uso geral devem ser atribuídas as seguintes potências:

- a. em banheiros, cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto, para os excedentes, considerando cada um desses ambientes separadamente.
- b. nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

## Iluminação

Na determinação das cargas de iluminação, os critérios descritos na norma ABNT NBR 5410 devem ser observados. Os valores levantados se relacionam à potência prevista para a iluminação no dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas a serem utilizadas. Para aparelhos fixos de iluminação à descarga, lâmpadas fluorescentes ou LED, por exemplo, a potência a ser considerada deverá incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares (reatores).

## Quadro de previsão de cargas e potência instalada

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

O objetivo do quadro de previsão de cargas é facilitar as informações relativas às cargas dos circuitos terminais de uma instalação elétrica, que sintetiza todos os dados, tais como: número e tipo de circuito, tensão, potência nominal, correntes de projeto e corrigida, dimensionamento dos condutores e das proteções e distribuição das cargas por fase.

A tabela deve indicar as quantidades de lâmpadas/tomadas por circuito e as respectivas cargas, carga total de cada circuito, seção das fiações em cada circuito, disjuntores termomagnéticos (DTM) e dispositivos diferencial residual (DR).

Abaixo, na Tabela 2, temos um exemplo de um quadro de previsão de cargas de uma edificação, que normalmente é disposto nas plantas elétricas juntamente aos diagramas unifilares. Caso a edificação possua mais de um desenho, poderão ser subdivididos os quadros de previsões de cargas para cada área. Sendo assim, a potência instalada será o somatório dos totais de cada um dos quadros da edificação.

## Bloco 1

QC - QUADRO DE CARGAS - GERAL			
Círcuito	Iluminação		Tomadas (TUG)
	9W	18W	
1	6	16	200W
2	-	-	2
3	4	8	1
4	-	6	3

## Bloco 2

QC - QUADRO DE CARGAS - GERAL			
Tomadas (TUG)	Carga	Disjuntor	Condutor
(W)	(A)	(mm <sup>2</sup> )	

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

-	742	16	1,5
1	1000	16	2,5
1	980	16	2,5
-	708	16	1,5
Total:	3430		

**Bloco 3**

QC - QUADRO DE CARGAS - GERAL	
Fase	R
S	
T	
R	

Tabela 2 | Quadro de previsão de cargas geral de uma edificação. Fonte: elaborado pelo autor.

**Saiba mais**

Aqui poderá obter acesso aos Regulamentos Técnicos Metrológicos (RTMs) do INMETRO:

[INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia Normalização](#)

Com o seguinte livro, você poderá obter excelentes referências adicionais sobre os temas estudados nesta aula:

**Livro disponível da Biblioteca Virtual**

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 20 a 31.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Referências

CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 20 a 31.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Aula 3

Demandas e Dimensionamento do Ramal de Entrada

### Demandas e Dimensionamento do Ramal de Entrada

#### Este conteúdo é um vídeo!



Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

#### Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Ressaltamos a importância da previsão de cargas nas implementações de sistemas com eletricidade e seus projetos de instalações elétricas. Além de nortear todo processo de cálculo, permite ter listas de materiais adequadas, reduzir as perdas e desperdícios. Conhecer as etapas do projeto é a raiz para todo planejamento da previsão de cargas.

Nesta aula, vamos abordar os conceitos de projetos de instalações elétricas e suas etapas, previsão de cargas, que é a etapa altamente relevante para os cálculos dos circuitos e suas proteções:

- Etapas de um projeto de instalações elétricas.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

- Previsão de cargas (residencial e comercial): iluminação e tomadas.
- Quadro de previsão de cargas e potência instalada.

## Ponto de Partida

Olá, estudante, nós desejamos boas-vindas nesse momento de aprendizado sobre Previsão de Cargas na disciplina de Instalações Elétricas e Segurança em Eletricidade!

Para realizar quaisquer serviços em projetos de instalações elétricas se faz necessário conhecer o que será alimentado pelos circuitos elétricos. Realizar um estudo completo da previsão de cargas é sumariamente importante nesse processo, pois definirá toda a base de cálculo para dimensionar adequadamente os condutores, proteções, quadros e outros itens relevantes no projeto de instalações elétricas.

Diante desse cenário, nesta aula, nós vamos conhecer os detalhes sobre a importância dessa determinação da previsão de cargas, tanto para um ambiente industrial quanto para as residências. Tudo isso sendo embasado e suportado pelas normas técnicas e de segurança do trabalho.

Procure compreender ao máximo esses conceitos teóricos iniciais, pois, além de serem muito interessantes, certamente vão colaborar muito para a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver realizando os seus projetos.

## Vamos Começar!

## Conceitualização de Limites de Fornecimento e Demanda

### Modalidades de limites de fornecimento

No caso de um projeto de entrada (fornecimento de energia elétrica) nas construções em BT, apresentamos como exemplo desta aula os padrões de fornecimento de energia adotados pela concessionária Light, por meio de seu documento técnico RECONBT e da Resolução Normativa 1.000/2021 da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, que define as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica aqui no Brasil.

Se faz necessário fazer uma pesquisa nas padronizações (normas de padrões) da distribuidora de energia do local que será executado o projeto. O limite de demanda com a finalidade de atender às entradas coletivas de serviços, em BT, precisa ser definido antecipadamente, em que o responsável técnico está a cargo disso, agindo junto à distribuidora, que definirá qual é a configuração mais indicada para a edificação, de acordo com as características da carga e da rede elétrica (seja subterrânea ou aérea).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

As entradas coletivas receberão uma alimentação trifásica, por um ramal subterrâneo ou aéreo. O fornecimento de energia em BT será realizado por um transformador, em casos especiais, instalado pela distribuidora no interior da edificação próximo à via pública, em local definido pelo consumidor.

## Demandas da instalação, média e máxima

Inicialmente se deve calcular a carga (instalada), que se dá pela soma de todas as potências nominais de todos os elementos: dos pontos de iluminação, equipamentos elétricos, e outros tipos de cargas instaladas na edificação. A potência em questão expressa em kilowatts (kW).

No caso do cálculo da demanda, o valor máximo da potência é absorvida durante um período, que esteja sendo consumido por um grupo de cargas instaladas na edificação. O período é determinado a partir da diversificação das cargas desses itens, por modo de utilização, expressa em múltiplos de VA ou kVA para que se possa executar o dimensionamento os cabos elétricos, disjuntores de proteção, queda de tensão, que também deverá ser expressa em kilowatts (kW) com a finalidade de estar de acordo com as condições determinadas pela Resolução 1.000 da ANEEL e legislações vigentes, incluindo-se as resoluções cabíveis.

No caso de o fornecimento ocorrer com um transformador instalado dentro da edificação, se os limites estabelecidos na Resolução ANEEL 1.000:2021 (relacionados à demanda que foi avaliada no momento da entrada coletiva), forem excedidos, será obrigatório implantar o transformador no local do cliente e nas proximidades da via pública, para facilitar a instalação dos cabos de alimentação nesse transformador.

Demandas médias é a potência consumida pelo aparelho em um determinado período; já a demanda máxima é o maior valor de potência consumida por um equipamento em um período. A Figura 1 apresenta o consumo de energia de uma residência ou indústria ao longo de um dia. Como podemos notar, a potência varia ao longo do tempo, apresentando um valor máximo conhecido como demanda máxima ( $D_{max}$ ). É importante destacar que a potência instalada ( $P_{inst}$ ) permanece com valores acima da demanda.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

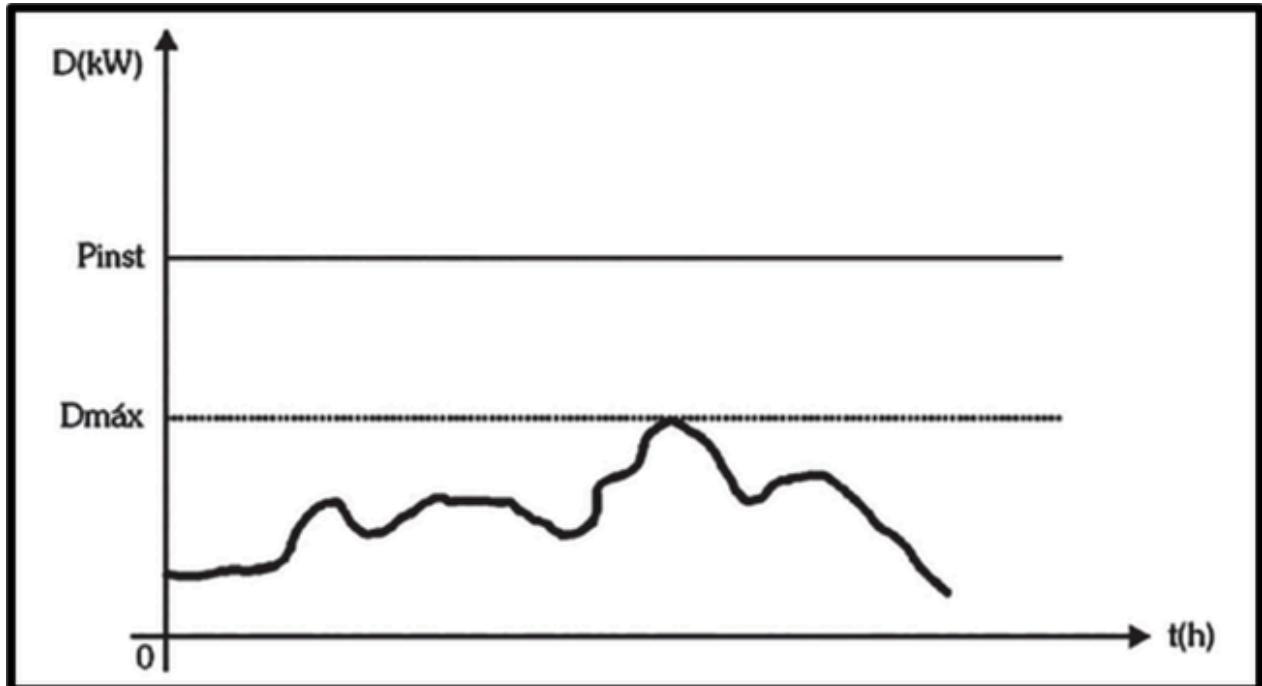


Figura 1 | Curva da demanda diária. Fonte: Creder (2016, p. 41).

## Padrão de entrada

De acordo com o padrão de conexão das entradas de energia elétrica (individuais) no caso das unidades consumidoras que não possuem viabilidade técnica de instalação do respectivo padrão de entrada no recuo técnico, no muro, a instalação precisará ocorrer em um gabinete interno de concreto, aplicando a caixa CSMD embutida de modo parcial, e a distância deverá ser de no máximo 3 metros a partir do limite da edificação com rua ou do acesso principal da construção.

A concessionária deverá aprovar todas essas situações no momento em o projeto for apresentado. Deverá ser empregado um disjuntor para a proteção, instalado em caixa externa, situada a cerca de 3 metros (no máximo) da entrada principal, no térreo.

**Siga em Frente...**

## As Modalidades de Limites de Fornecimento

A alimentação para fornecer energia elétrica em baixa tensão (BT) precisa ser realizada em corrente alternada, com uma distribuição em tensão secundária com frequência de 60 Hz. As tensões de fornecimento em 220/127 V, 230/115 V e 380/220 V, são as aplicadas no país e indicamos que esses valores são utilizados pela maioria das concessionárias.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Conforme a Resolução 1.000:2021 da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, é de responsabilidade da concessionária manter o cliente informado sobre a tensão de fornecimento para a edificação, sempre buscando observar os seguintes critérios:

- I. **Tensão secundária (em rede aérea)**: no caso de a carga instalada na unidade consumidora ter um valor igual ou inferior a 75 kilowatts (kW).
- II. **Tensão secundária (no sistema subterrâneo)**: chegando ao limite de carga (instalada), de acordo com a padronização de atendimento da concessionária.

Dependendo da modalidade de medição, o limite da demanda definida pela concessionária local para o atendimento em entrada de energia elétrica (individual), aplicado na medição direta em BT, será de 66,3 kVA (220/127 V) ou 114,5 kVA (380/220 V). No caso de maiores demandas, a medição deverá ser do tipo indireta, ocorrendo com unidades transformadoras de corrente (TCs).

As modalidades de fornecimento podem ocorrer por três formas, de acordo com o número das fases, normalmente adotados conforme mostramos abaixo:

- **Modalidade Monofásica**: 1 fase e neutro (com 2 fios).
- **Modalidade Bifásica**: 2 fases e neutro (com 3 fios), ou definido como monofásico a 3 fios.
- **Modalidade trifásica**: 3 fases e neutro (com 4 fios).

Para o fornecimento de cada tipo de modalidade acima, dependerá do tipo do cliente e da sua demanda contratada. A categoria do fornecimento dependerá da distribuidora local. Conforme a configuração da rede presente na área de fornecimento e da demanda definida na entrada de serviço, o transformador de potência poderá ser instalado conforme será mostrado na sequência.:

No caso de fornecimento por transformador interno, temos três possibilidades:

1. **Rede aérea (sem previsão para alterar para rede subterrânea)**: o limite de demanda da construção, para o fornecimento por meio de transformador de potência situado poste, é de até 300 kVA. O ramal de conexão, definido pela limitação técnica, pode ser subterrâneo ou aéreo.
2. **Rede aérea (com previsão para mudança para subterrânea)**: a demanda terá um limite de 150 kVA no caso de fornecimento por meio de unidade transformadora no poste da concessionária. O ramal de conexão, definido pela limitação técnica, pode ser subterrâneo ou aéreo.
3. **Rede subterrânea**: se houver rede subterrânea, o fornecimento ocorrerá, então, exclusivamente por meio do meio subterrâneo.

O fornecimento pelo ramal de conexão subterrâneo derivado diretamente da rede reticulada generalizada (malha) possui demanda limitada até 300 kVA. Construções com demanda maior que 300 kVA deve passar por um estudo de viabilidade técnica.

Em se tratando de sistema de fornecimento subterrâneo por meio radial, o fornecimento deverá ocorrer por ramal de conexão subterrâneo derivado da rede em todos os casos em que a demanda

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

for igual ou menor do que 150 kVA.

## Vamos Exercitar?

### Cálculos de Demanda e Dimensionamento do Ramal de Entrada

#### Métodos de cálculo da demanda máxima

Os métodos de cálculo da demanda máxima de uma instalação elétrica são utilizados para determinar a quantidade máxima de energia elétrica que será consumida em determinado período. Abaixo, veremos alguns métodos:

- **Método da Demanda Máxima Simples:** registra-se o maior valor de consumo de energia elétrica durante um período específico. Por exemplo, pode-se medir a potência máxima consumida durante um intervalo de 15 minutos ao longo de um mês.
- **Método da Demanda Máxima Móvel:** é calculada baseando-se em uma média móvel dos valores de consumo de energia elétrica ao longo de um período. Isso ajuda a suavizar as flutuações no consumo e a obter uma estimativa mais precisa da demanda máxima. Por exemplo, pode-se calcular a média móvel dos valores de potência consumida ao longo de um período de 30 minutos.
- **Método da Demanda Contratada:** normalmente utilizado em contratos de fornecimento de energia elétrica. A  $D_{max}$  é definida como um valor fixo acordado entre o consumidor e a concessionária. Independentemente do consumo real, o consumidor paga pela demanda contratada. São aplicadas penalidades financeiras de ultrapassar esse valor.
- **Método Baseado em Normas ou Regulamentações:** normas ou regulamentações específicas estabelecem os métodos de cálculo da demanda máxima. Por exemplo, no setor industrial, podem existir normas técnicas que detalham como determinar a demanda máxima.

O fator de demanda (FD) influencia no valor da demanda, pois temos variáveis, como: horário, tipo de instalação e equipamentos conectados. Ele calculado pela equação abaixo, considerando o máximo valor da potência em um intervalo de tempo e a soma de toda a potência nominal:

$$FD = \frac{D_{max}}{P_{inst}}$$

#### Dimensionamento do ramal de entrada

Refere-se ao cálculo das características adequadas do condutor que leva a energia elétrica desde o ponto de fornecimento da concessionária até a entrada principal da instalação. Esse processo envolve o cálculo de parâmetros como a seção transversal do condutor, a capacidade de corrente suportada, a queda de tensão aceitável e outros fatores relevantes.

A seguir, segue um exemplo.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Dimensionamento do ramal de entrada de uma residência, em que a carga total estimada para a instalação é de 10 kW. A concessionária fornece em 220 Volts, com queda de tensão aceitável de 5%, com FD = 0,8.

Passos para o dimensionamento:

- Calcular a corrente total:

Corrente Total = Potência Total / Tensão de Fornecimento

Corrente Total = 10,000 W / 220 V

Corrente Total = 45,45 A

- Calcular a corrente demandada:

Corrente Demandada = Corrente Total x Fator de Demanda

Corrente Demandada = 45,45 A x 0,8

Corrente Demandada = 36,36 A

- Selecionar a seção transversal do condutor:

Com base na corrente demandada, consultamos tabelas ou normas específicas para encontrar a seção transversal adequada do condutor. Suponhamos que, para essa corrente, a seção transversal mínima recomendada seja de 6 mm<sup>2</sup>.

- Verificar a queda de tensão:

Com a seção transversal determinada, podemos calcular a queda de tensão esperada no ramal de entrada. Utilizamos fórmulas específicas para isso, levando em conta o comprimento do condutor e a sua resistividade. Suponhamos que a queda de tensão calculada seja de 2,5%.

- Comparar a queda de tensão com o valor aceitável:

Neste exemplo, foi possível concluir que a queda de tensão calculada (2,5%) está dentro do limite aceitável de 5%.

Com base no exemplo simplificado, determinamos que o ramal de entrada da residência deve ter um condutor de, pelo menos, 6 mm<sup>2</sup> de seção transversal para suportar a corrente demandada com uma queda de tensão aceitável.

## Saiba mais

Aqui poderá obter acesso aos Regulamentos Técnicos Metrológicos (RTMs) do INMETRO

[INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia Normalização](#)

Com o seguinte livro, você poderá obter excelentes referências adicionais sobre os temas estudados nesta aula.

Livro disponível da Biblioteca Virtual:

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 20 a 31.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Referências

CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 20 a 31.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Aula 4

Quadro de Distribuição e Circuitos Terminais

### Quadro de Distribuição e Circuitos Terminais

#### Este conteúdo é um vídeo!



Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

##### Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Nesta aula, vamos observar os elementos de um quadro de distribuição e circuitos terminais, que é um elemento relevante em um projeto de instalações elétricas.

O correto dimensionamento de um quadro elétrico, permite oferecer a segurança e a correta distribuição dos circuitos elétricos.

Serão abordados os itens construtivos e de proteção de um quadro de distribuição e os seus circuitos terminais.

- Quadro de distribuição.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

- Barramentos: fases, neutro e aterramento.
- Circuitos terminais.

## Ponto de Partida

Estudante, nós desejamos boas-vindas nesta terceira unidade de aprendizado sobre os elementos de projetos de instalações elétricas: quadros de distribuição e circuitos terminais.

A boa compreensão acerca desses elementos é muito importante para garantir o funcionamento seguro, eficiente e produtivo nas operações com os sistemas elétricos. Nessa segunda parte, vamos conhecer como utilizar os conceitos aprendidos anteriormente poderão formar a base para a sua formação técnica e colaborar para a elaboração de projetos seguros, eficientes e com os custos condizentes com a realidade dos requisitos do cliente, seja ele residencial, predial ou industrial.

Procure compreender ao máximo esses conceitos, pois, além de serem muito importantes, certamente serão de grande valia a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver realizando o seu projeto elétrico.

## Vamos Começar!

### Conceitos de Quadro de Distribuição, Circuitos, Eletrodutos, Esquemas, Unifilares

#### Introdução ao quadro de distribuição

Podemos definir que um quadro de distribuição elétrico é uma espécie de painel que abriga os dispositivos e componentes utilizados na distribuição de energia elétrica em uma instalação. Também conhecido como painel de distribuição ou quadro de disjuntores, a sua função principal é receber a energia proveniente da fonte de alimentação principal e distribuí-la de maneira segura e eficiente para os diversos circuitos e dispositivos elétricos dentro de uma edificação.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

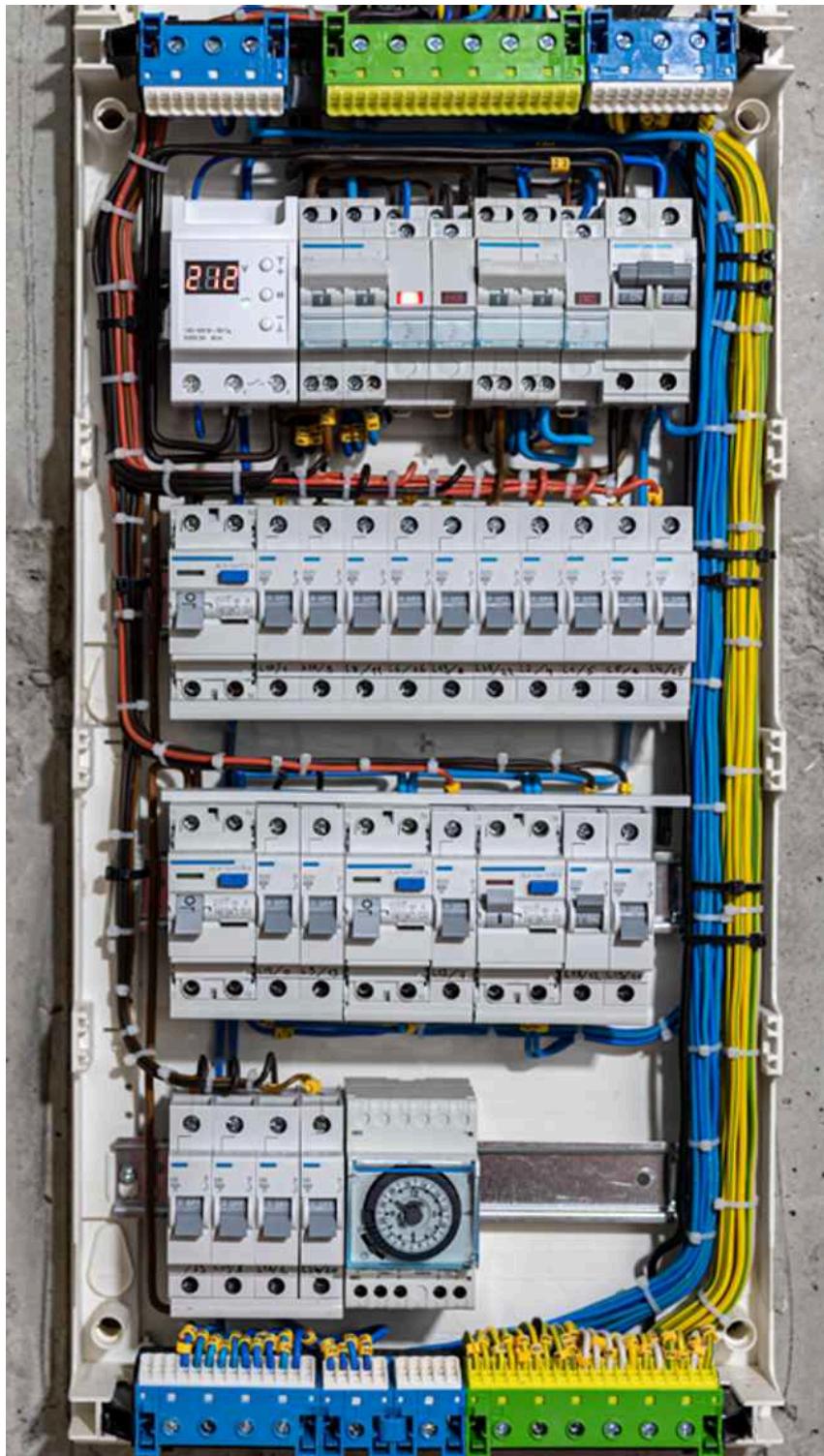


Figura 1 | Exemplo de quadro de distribuição. Fonte: Freepik.

Alimentação de uma instalação elétrica

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A alimentação de um quadro elétrico é a conexão à fonte de energia elétrica que fornece eletricidade para o quadro. A alimentação do quadro elétrico geralmente é proveniente de uma fonte de energia externa, como a rede elétrica da concessionária de energia.

A energia elétrica é transmitida pela rede até o ponto de entrada do local, no qual está instalado o medidor de energia. A partir desse ponto, a energia é direcionada para o quadro elétrico principal.

O quadro elétrico principal também pode ser conectado a outras fontes de energia, como transformadores, geradores elétricos ou painéis solares. No caso das fontes alternativas de energia podem ser utilizadas como complemento ou *backup* ao fornecimento da rede elétrica principal.

## Localização dos quadros de distribuição

Os quadros de distribuição devem ser instalados preferencialmente no centro das cargas ou mais próximo das maiores potências elétricas, como, por exemplo, do medidor (alimentação). Com isso, é possível otimizar as instalações, colaborando inclusive com a redução dos custos por conta do dimensionamento adequado das bitolas dos cabos.

## Circuitos terminais e localização dos eletrodutos e esquemas unifilares

### Circuitos terminais

Os circuitos terminais de uma instalação elétrica são os circuitos que fornecem energia elétrica diretamente aos dispositivos e equipamentos finais dentro de uma edificação. Eles são responsáveis por alimentar lâmpadas, tomadas, aparelhos elétricos, eletrodomésticos, entre outros dispositivos. Esses circuitos terminais geralmente são distribuídos a partir de ramificações do quadro de distribuição elétrica, em que a energia elétrica é recebida da fonte de alimentação principal. Cada circuito terminal é conectado a um disjuntor específico no quadro de distribuição, que atua como dispositivo de proteção para o circuito.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

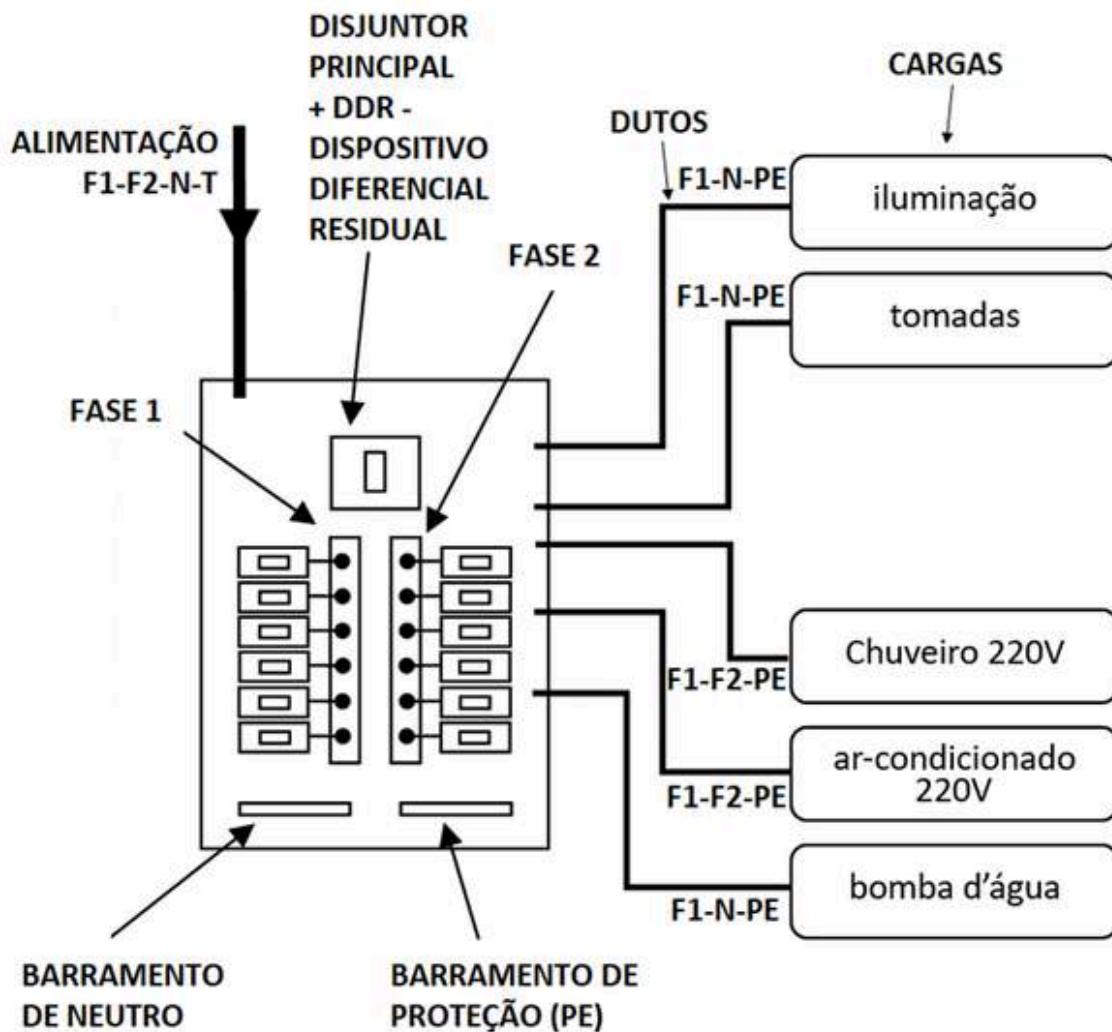


Figura 2 | Distribuição dos circuitos terminais em um quadro de distribuição. Fonte: elaborado pelo autor.

Os quadros de distribuição atendem às cargas como TUGs (Tomadas de Uso Geral) em quartos, salas, cozinhas, área de serviço, banheiros, entre outras e as TUEs (Tomadas de Uso Específico) que são utilizadas para alimentar apenas um equipamento ou grupo de equipamentos definidos no projeto.

## Localização dos eletrodutos

Os dutos de eletricidade, eletrodutos ou conduítes, são estruturas utilizadas para sediar e proteger os cabos elétricos em instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais. Eles são responsáveis por fornecer um meio seguro de passagem para os cabos e ajudam a organizar e direcionar o cabeamento elétrico de forma ordenada. São utilizados para levar os cabos aos diferentes pontos da instalação, partindo da alimentação até os quadros de distribuição, saindo dos quadros de distribuição até os pontos de entrega (cargas), conectando caixas de passagens, entre outros.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Esquemas unifilares

Utilizamos diagramas unifilares e trifilares para representar as instalações em um sistema elétrico, identificando o número de condutores e os destinos deles. Para simplificar a visualização dos desenhos técnicos, são utilizados os diagramas unifilares na planta baixa do projeto, como pode ser notado na Figura 3.

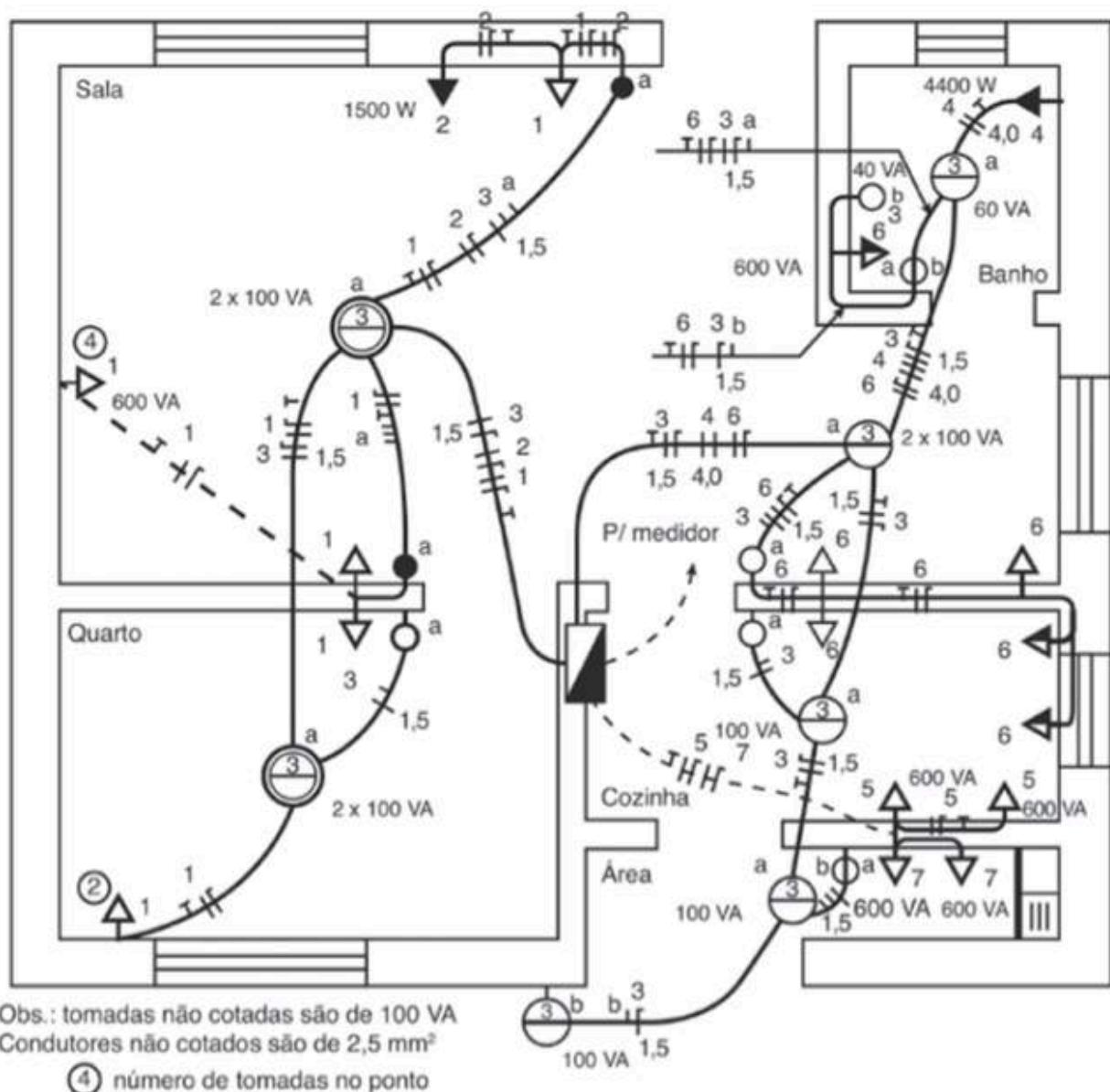


Figura 3 | Diagrama unifilar representado em uma planta baixa. Fonte: Creder (2016, p. 56).

Siga em Frente...

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Critérios para Dimensionamento de Quadro de Distribuição, Circuitos, Eletrodutos, Esquemas e Unifilares

### Composição de um quadro de distribuição

A composição de um quadro de distribuição geralmente envolve os seguintes componentes:

- **Disjuntores:** são dispositivos de proteção que interrompem o fornecimento de energia elétrica quando há sobrecarga ou curto-círcuito nos circuitos. Eles ajudam a prevenir danos aos equipamentos e riscos de incêndio.
- **Barramentos:** são barras condutoras de cobre ou alumínio que distribuem a energia elétrica para os diferentes circuitos do sistema. Eles permitem a conexão dos disjuntores e outros dispositivos de proteção.
- **Medidores:** podem estar presentes no quadro de distribuição para medir a quantidade de energia elétrica consumida na instalação. Essas medições são usadas para fins de faturamento e controle de consumo.
- **Aterramento:** o quadro de distribuição também deve estar conectado a um sistema de aterramento adequado para garantir a segurança elétrica da instalação. O aterramento é essencial para desviar correntes indesejadas e proteger contra os choques elétricos.
- **Fiação e conexões:** o quadro de distribuição é o ponto central de conexão dos cabos elétricos que alimentam os circuitos e os dispositivos da instalação. É importante que a fiação seja realizada corretamente, seguindo as normas elétricas e utilizando materiais adequados.

Além desses componentes básicos, o quadro de distribuição pode conter outros dispositivos, como fusíveis, dispositivos de proteção contra surtos, dispositivos de monitoramento e controle, dependendo das necessidades específicas da instalação elétrica.

O quadro de distribuição elétrico é o coração de um sistema elétrico, permitindo a distribuição segura e eficiente da energia elétrica para os diferentes circuitos e equipamentos de uma edificação.

### Propriedades dos dutos elétricos

Nos quadros de distribuição, os dutos podem ser conectados nos orifícios laterais, traseiros ou superiores, dependendo da origem e destino dos cabos a serem distribuídos. Normalmente, eles são instalados embutidos nas paredes, pisos ou lajes, ou também podem ser fixados externamente, em superfícies aparentes, quando permitido. Eles são projetados para proteger os cabos elétricos contra danos mecânicos, umidade, poeira e outros agentes externos que possam comprometer a segurança e o desempenho dos sistemas elétricos.

Os dutos de eletricidade são geralmente feitos de materiais como PVC (policloreto de vinila) ou metal, como aço galvanizado ou alumínio. Eles podem ser rígidos, semirrígidos ou flexíveis, dependendo da aplicação e das necessidades específicas da instalação elétrica. Abaixo, podemos observar algumas de suas vantagens e propriedades:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

- **Proteção física:** os dutos protegem os cabos elétricos contra impactos, esmagamentos e outros danos mecânicos que possam ocorrer durante a instalação, manutenção ou uso das instalações elétricas.
- **Organização:** eles permitem a organização dos cabos elétricos, facilitando a identificação e o gerenciamento das conexões elétricas. Isso torna a manutenção e a solução de problemas mais eficientes.
- **Segurança:** os dutos de eletricidade ajudam a reduzir os riscos de incêndio, curto-círcito e choques elétricos, isolando os cabos elétricos e mantendo-os protegidos de contato acidental com pessoas ou objetos.
- **Flexibilidade:** os dutos flexíveis permitem a passagem dos cabos elétricos em curvas e contornos, facilitando a instalação em locais de difícil acesso ou com trajetos complexos.

## Vamos Exercitar?

### Quadro de Distribuição, Circuitos, Eletrodutos, Esquemas, Unifilares na Prática

#### Aplicações dos quadros de distribuição

O quadro elétrico é um componente essencial de um sistema elétrico em uma residência, edifício comercial ou industrial. Ele contém disjuntores, fusíveis e outros dispositivos de proteção que controlam e distribuem a eletricidade para os diferentes circuitos elétricos presentes no local. As aplicações são inúmeras e, dependendo da proporção da instalação elétrica em uma determinada obra, podemos ter vários quadros de distribuição que, sendo aplicados de forma escalonada, poderão distribuir os sistemas elétricos de forma segura e econômica.

#### Localizações dos quadros de distribuição

Um bom cenário como exemplo é o de uma instalação industrial que deve apresentar uma divisão dos circuitos desde a subestação até as áreas produtivas, área externa, estacionamento, restaurante, e as suas subdivisões em força, como tomadas e iluminação em circuitos menores para facilitar a manutenção e a operação. A hierarquia segue pelo seccionamento dos circuitos por quadros de distribuição principais para alimentar os quadros de distribuição de cada área, como podemos observar na Figura 4.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

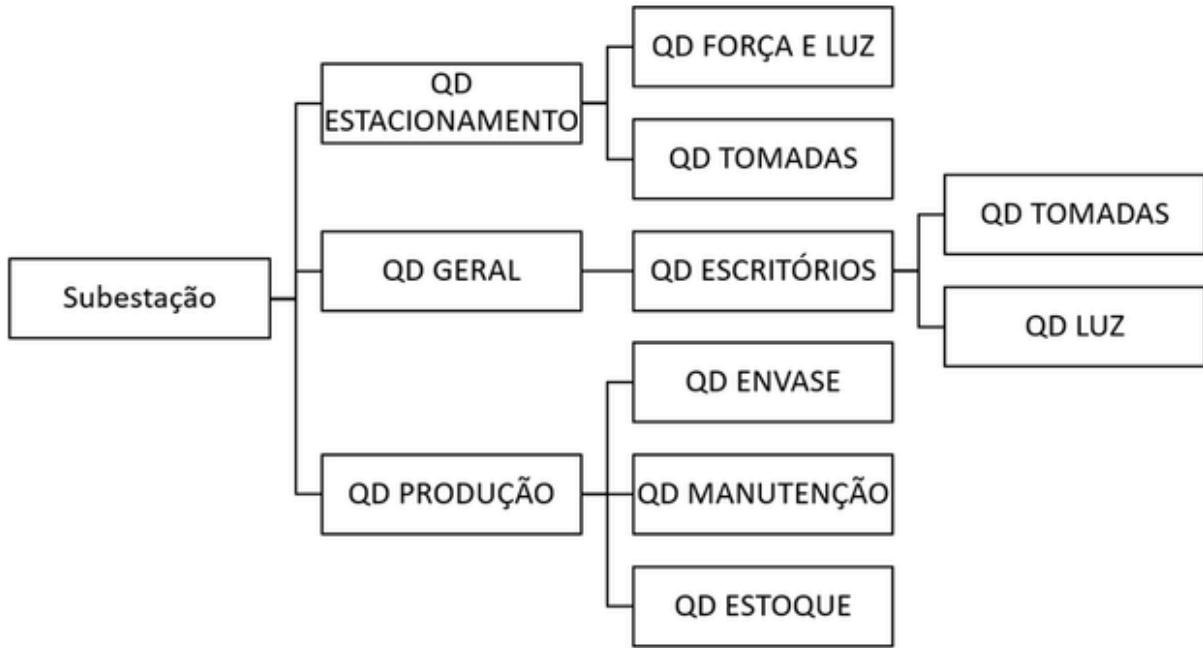


Figura 4 | Exemplo de localizações dos Quadros de Distribuição (QD) em uma indústria. Fonte: elaborado pelo autor.

Esse tipo de distribuição com os quadros hierarquizados colabora, inclusive, para a determinação e o dimensionamento adequados para o sistema de proteção e seletividade dos circuitos distribuídos de forma uniforme e com o balanço de cargas.

## Aplicações dos eletrodutos

Os dutos elétricos são utilizados em diversas aplicações para a transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como para a condução de sinais elétricos em sistemas de comunicação.

Abaixo, podemos citar algumas de suas aplicações:

**Redes de distribuição de energia:** os condutos elétricos, como cabos de energia e linhas de transmissão, são utilizados para transportar energia elétrica de usinas de geração até os consumidores finais. Estes são dimensionados de acordo com a quantidade de energia a ser transmitida e as características da rede elétrica.

**Instalações elétricas residenciais e comerciais:** os condutos elétricos são utilizados para conectar os diferentes componentes de uma instalação elétrica, como disjuntores, interruptores, tomadas e luminárias. Eles permitem a passagem segura dos cabos elétricos dentro das paredes, tetos e pisos, evitando exposição e protegendo contra danos mecânicos.

**Indústria:** nas instalações industriais, os condutos elétricos são utilizados para a distribuição de energia elétrica e a interligação de máquinas e equipamentos. Eles garantem a segurança e a organização dos cabos elétricos em ambientes com grande demanda de energia e com riscos potenciais, como choques elétricos e interferências eletromagnéticas.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Sistemas de comunicação: os condutos elétricos também são utilizados para a transmissão de sinais elétricos em sistemas de comunicação, como cabos coaxiais e fibras ópticas. Eles são projetados para minimizar perdas e interferências, garantindo uma transmissão confiável de dados, voz e vídeo em redes de telecomunicações.

Veículos elétricos: os condutos elétricos desempenham um papel crucial nos veículos elétricos, conectando a bateria ao motor elétrico e a outros componentes do sistema elétrico do veículo. Eles são projetados para suportar altas correntes e proporcionar eficiência na transmissão da energia, garantindo o funcionamento adequado do veículo.

## Saiba mais

Acesse o livro para conhecer mais sobre as instalações elétricas de baixa tensão.

### Livro disponível da Biblioteca Virtual:

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 93 a 116.

## Referências

CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 93 a 116.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Aula 5

Encerramento da Unidade

## Videoaula de Encerramento

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Este conteúdo é um vídeo!



Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

### Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Olá, estudante!

Aqui, nós encerramos a unidade de aprendizado de instalações elétricas e segurança em eletricidade com a apresentação de um resumo nesta videoaula.

Nós observamos que a etapa de instalações elétricas é importante para garantir o funcionamento seguro, eficiente e produtivo das operações com os sistemas elétricos.

Agora vamos rever os conceitos aprendidos nas aulas anteriores, com o objetivo de reforçar, em especial, os conceitos de proteção, que são elementos importantes para garantir a segurança das instalações, reduzir o risco de incêndios e evitar choques elétricos, colaborando ainda mais para a elaboração de projetos seguros, eficientes e com os custos condizentes com a realidade dos requisitos do cliente, seja ele residencial, predial ou industrial.

Procure reforçar bem esses conceitos de projetos elétricos e seus elementos, pois, além de serem muito importantes, certamente serão de grande valia para sua formação e para facilitar o seu desenvolvimento quando estiver realizando seu projeto elétrico de modo seguro e eficiente.

Vamos começar?

## Ponto de Chegada

### A Importância dos Conceitos e Cálculos nas Instalações Elétricas

#### Leis, decretos e resoluções

Lei é uma norma jurídica criada por meio do processo legislativo estabelecido pela Constituição Federal. Os decretos são atos administrativos emanados do Poder Executivo, sejam eles federais, estaduais ou municipais, que têm como finalidade regulamentar e executar as leis e normas previamente estabelecidas pelo Poder Legislativo. As resoluções são atos normativos emitidos por órgãos da administração pública, para regulamentar ou detalhar assuntos específicos dentro de sua área de competência.

#### Normas de Segurança do Trabalho

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

As Normas de Segurança do Trabalho no Brasil são um conjunto de regulamentações e diretrizes que visam proteger a saúde e a integridade física dos trabalhadores, bem como promover ambientes de trabalho seguros e saudáveis. Dentre as normas, nós destacamos a NR-10, que trata de: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, a qual estabelece os requisitos e as condições mínimas para a garantir a segurança dos trabalhadores que interajam em instalações elétricas.

## Etapas de um projeto de instalações elétricas

Um projeto elétrico é um conjunto de documentos técnicos que especifica a instalação elétrica de uma construção, infraestrutura ou maquinário. Abaixo, temos as etapas principais de um projeto:

- Concepção do projeto (ou memória).
- Dados de projetos.
- Identificação do projeto.
- Cálculos elétricos.
- Desenhos técnicos e simbologia (Documentação do projeto).
- Especificações e lista de materiais (orçamento).

## Previsão de cargas

Esta é uma etapa fundamental no projeto de instalações elétricas residenciais para garantir o fornecimento adequado de energia elétrica, levando em consideração as necessidades específicas do local.

## Tomadas de uso geral (TUG)

Para prever a carga de um equipamento se considera a sua potência nominal absorvida. Se for utilizar a potência nominal informada, precisamos levar em conta: rendimento e o fator de potência. Veja a Tabela 1 que indica as potências de referência dos equipamentos:

Aparelho eletrodoméstico	Potência (W)
Geladeira simples	150
Geladeira duplex / freezer	400
Chuveiro elétrico	5400
Ventilador	180
Liquidificador	210

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Máquina de lavar	600
Micro-ondas	1000
Ferro de passar	1000
TV LCD	80
Aspirador de pó	1400

Tabela 1 | Potências de referência dos principais aparelhos elétricos. Fonte: elaborado pelo autor.

## Iluminação

Na determinação das cargas de iluminação, temos os critérios da norma ABNT NBR 5410. Os valores levantados se relacionam à potência prevista para a iluminação no dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas a serem utilizadas.

## Quadro de previsão de cargas e potência instalada

O objetivo é facilitar as informações relativas às cargas dos circuitos terminais de uma instalação elétrica: número e tipo de circuito, tensão, potência nominal, correntes de projeto e corrigida, dimensionamento dos condutores e das proteções e distribuição das cargas por fase. Na Tabela 2, temos um exemplo de um quadro de previsão de cargas de uma edificação:

### Bloco 1

QC - QUADRO DE CARGAS - GERAL			
Círculo	Iluminação		Tomadas (TUG)
	9W	18W	
1	6	16	2
2	-	-	2
3	4	8	1
4	-	6	3

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

--	--	--	--

## Bloco 2

QC - QUADRO DE CARGAS - GERAL			
Tomadas (TUG)	Carga	Disjuntor	Condutor
(W)	(A)	(mm <sup>2</sup> )	
-	742	16	1,5
1	1000	16	2,5
1	980	16	2,5
-	708	16	1,5
Total:	3430		

## Bloco 3

QC - QUADRO DE CARGAS - GERAL	
Fase	R
S	
T	
R	

Tabela 2 | Quadro de previsão de cargas geral de uma edificação. Fonte: elaborado pelo autor.

## Modalidades de limites de fornecimento

A alimentação em baixa tensão (BT) é em corrente alternada com frequência de 60 Hz. As tensões de fornecimento em: 220/127 V, 230/115 V e 380/220 V, em sistema monofásico, bifásico e trifásico. A Resolução 1.000:2021 da ANEEL – define os seguintes critérios: I - Tensão secundária

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

**(em rede aérea):** igual ou inferior a 75 kilowatts (kW) e **II – Tensão secundária (no sistema subterrâneo):** chegando ao limite de carga (instalada).

## Métodos de cálculo da demanda máxima

São utilizados para determinar a quantidade máxima de energia elétrica que será consumida em determinado período:

- Método da Demanda Máxima Simples.
- Método da Demanda Máxima Móvel.
- Método da Demanda Contratada.
- Método Baseado em Normas ou Regulamentações.

O fator de demanda (FD) influencia no valor da demanda e é calculado pela equação abaixo:

$$FD = \frac{D_{max}}{P_{inst}}$$

## Dimensionamento do ramal de entrada

É o cálculo das características adequadas do condutor que leva a energia elétrica desde o ponto de fornecimento da concessionária até a entrada principal da instalação. Esse processo envolve o cálculo de parâmetros como a seção transversal do condutor, a capacidade de corrente suportada, a queda de tensão aceitável e outros fatores relevantes.

## Quadro de distribuição (QD)

Abriga os dispositivos e componentes utilizados na distribuição de energia elétrica em uma instalação. A alimentação de um quadro elétrico é a conexão à fonte de energia elétrica que fornece eletricidade para o quadro. Podemos observar o exemplo de um QD na Figura 1.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

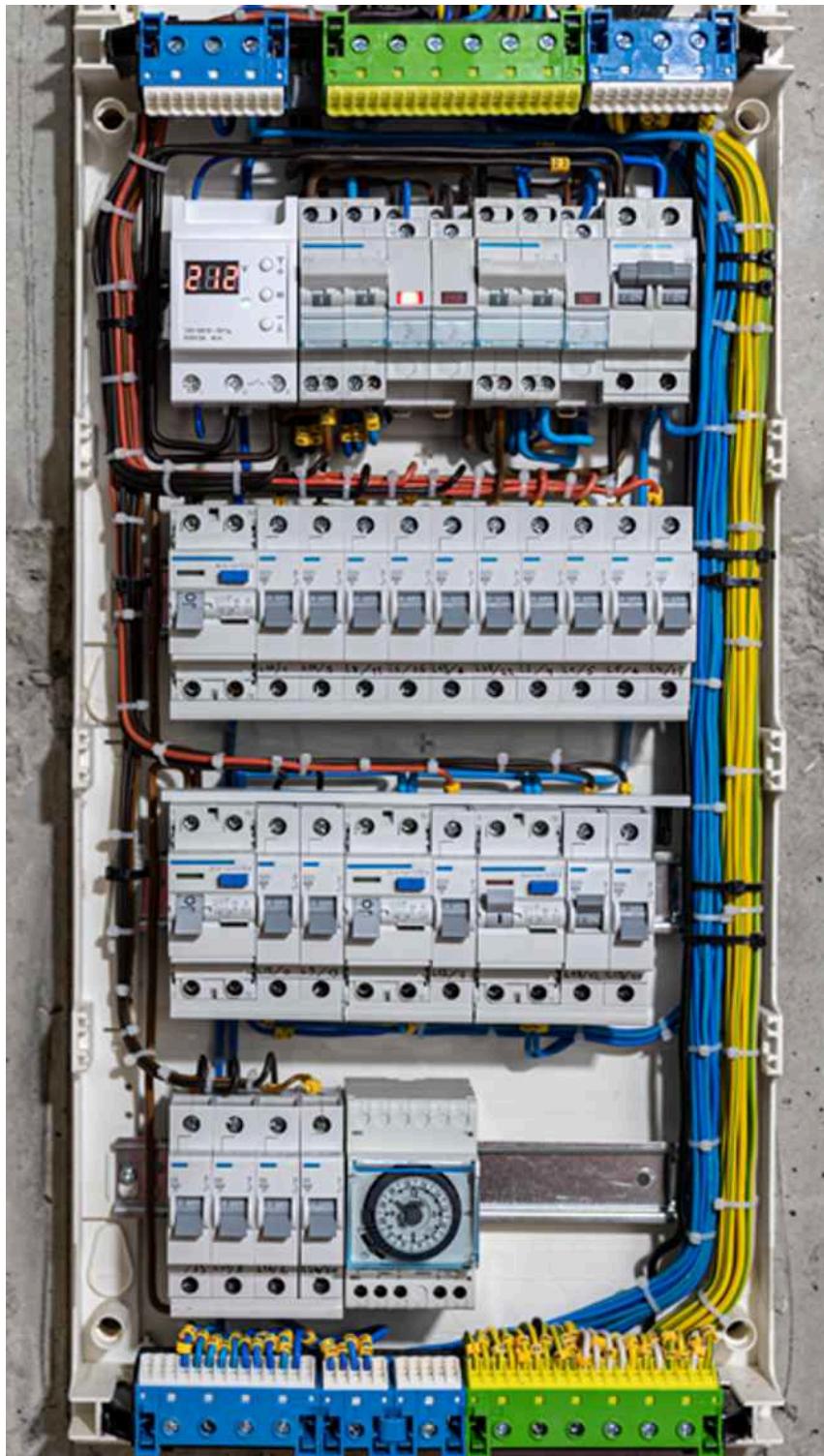


Figura 1 | Exemplo de quadro de distribuição. Fonte da imagem: Freepik.

Alimentação de uma instalação elétrica

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A alimentação de um quadro elétrico é a conexão à fonte de energia elétrica que fornece eletricidade para o quadro. A alimentação do quadro elétrico geralmente é proveniente de uma fonte de energia externa, como a rede elétrica da concessionária de energia.

## Localização dos quadros de distribuição

Os quadros de distribuição devem ser instalados, preferencialmente, no centro das cargas ou mais próximo das maiores potências elétricas, como, por exemplo, do medidor (alimentação). Na Figura 2, podemos observar um exemplo de hierarquia que segue pelo seccionamento dos circuitos por quadros de distribuição principais para alimentar os quadros de distribuição de cada área.

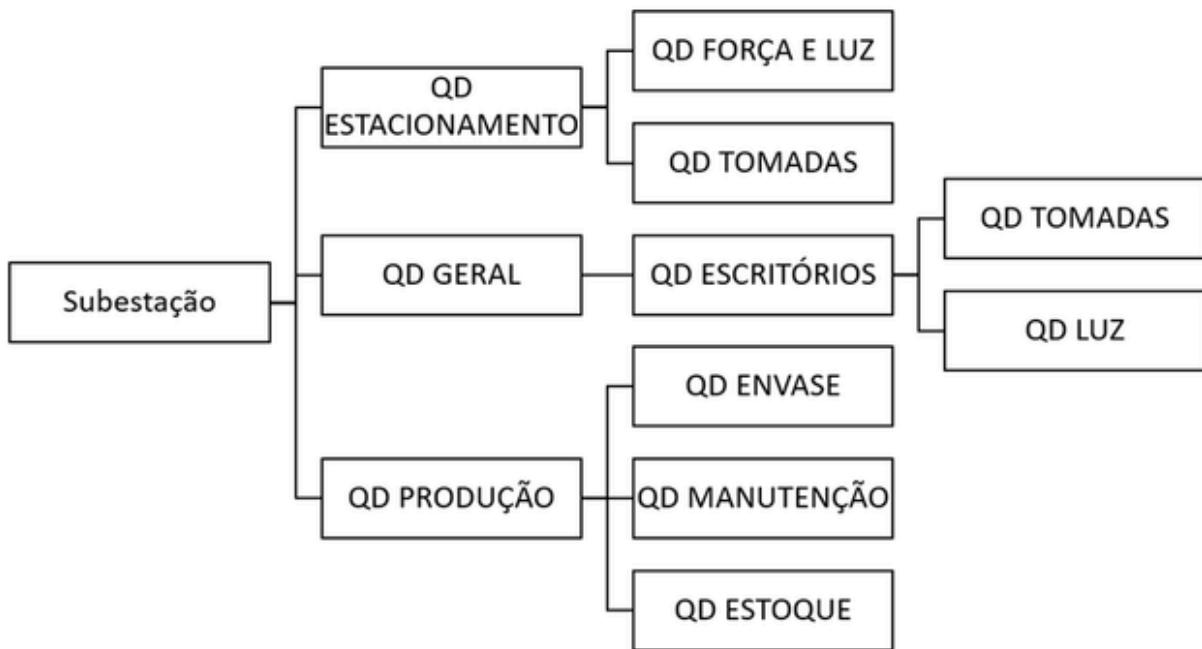


Figura 2 | Exemplo de localizações dos Quadros de Distribuição (QD) em uma indústria. Fonte: elaborado pelo autor.

## Circuitos terminais

Os circuitos terminais de uma instalação elétrica são os circuitos que fornecem energia elétrica diretamente aos dispositivos e equipamentos finais dentro de uma edificação. Na Figura 3, temos um exemplo da distribuição dos circuitos terminais:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

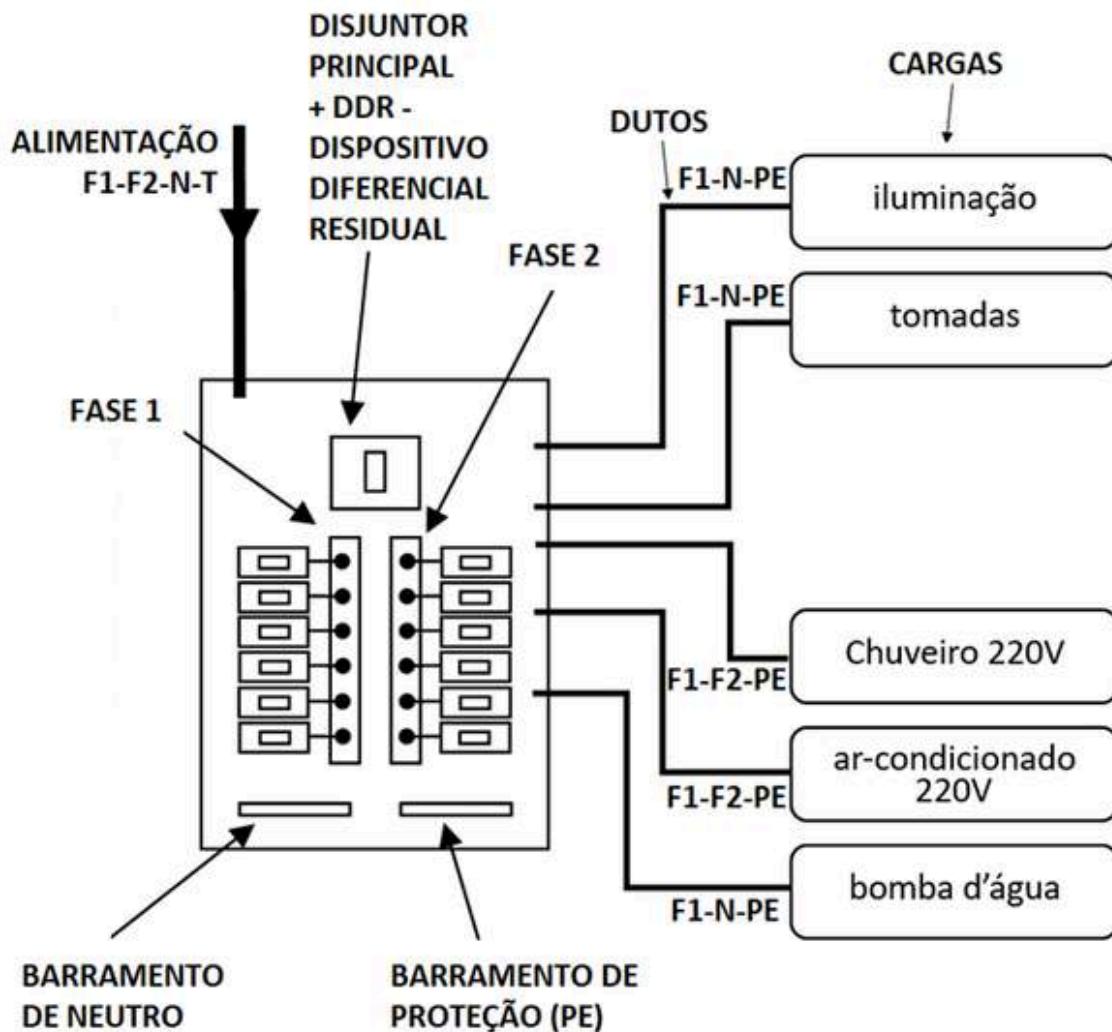


Figura 3 | Distribuição dos circuitos terminais em um quadro de distribuição. Fonte: elaborado pelo autor.

## Esquemas unifilares

Utilizamos diagramas unifilares e trifilares para representar, de um modo simples e visual, as instalações em um sistema elétrico, identificando o número de condutores e os destinos deles como pode ser observado na Figura 4.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

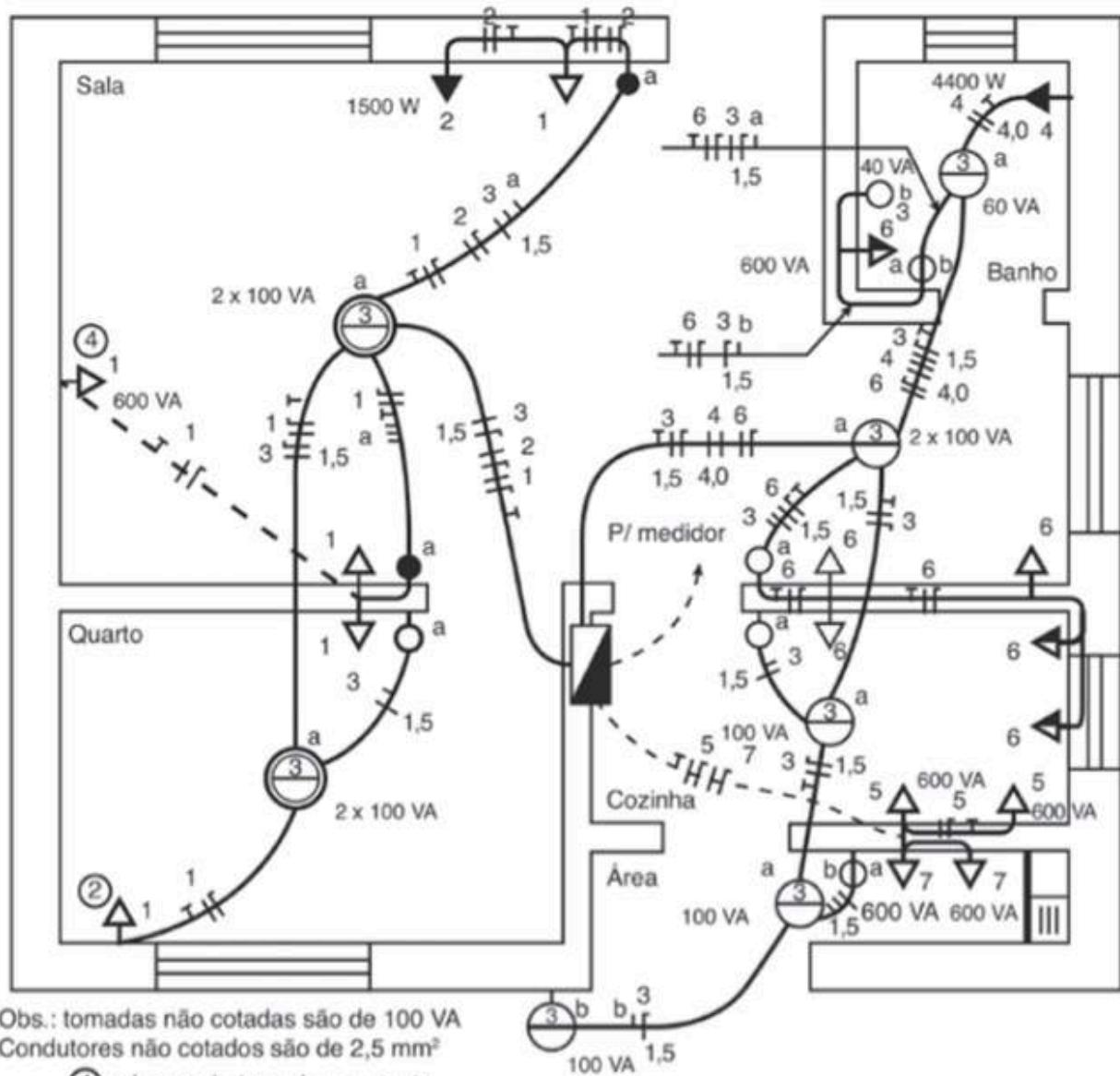


Figura 4 | Diagrama unifilar representado em uma planta baixa. Fonte: Creder, H. (2016, p. 56).

## É Hora de Praticar!

Olá, estudante!

Imagine que você foi contratado por uma indústria de laticínios que está abrindo uma loja para venda dos produtos diretamente ao público. É um anexo à fábrica, mas está sendo registrada com um CNPJ diferente, portanto a parte elétrica será totalmente independente, inclusive a alimentação por parte da concessionária de energia elétrica.

Para isso, precisamos revisar dois temas práticos importantes no dimensionamento de alguns itens relevantes em um projeto elétrico, que é o dimensionamento do ramal de entrada e o cálculo do

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

dimensionamento do ramal de entrada.

Para essa loja, a foi utilizado o método de demanda máxima simples com o resultado obtido de 8 kW; a potência instalada foi calculada com o somatório dos equipamentos em 10 kW; a concessionária fornece energia em 220V na modalidade trifásico; contamos com uma queda de tensão aceitável no nível de 5% e a queda de tensão obtida nos cálculos iniciais foi de 3,8%.

## Qual é a sua missão?

A sua missão é desenvolver e apresentar respostas, os resultados e as memórias de cálculo para os itens a seguir:

- 1) Explique como é o método da demanda utilizado nesse caso.
- 2) Calcule do FD – Fator de Demanda.
- 3) Cálculo da corrente total.
- 4) Cálculo da corrente demandada.
- 5) Definir a seção transversal do condutor.

Avaliar a influência da queda de tensão obtida.

O conhecimento das leis, resoluções e decretos que regem os processos de instalações elétricas é importante para garantir uma instalação segura e eficiente. Isso não apenas garante a distribuição adequada da energia, mas também considera normas e padrões de segurança, minimizando riscos potenciais. Sem o conhecimento adequado desses itens, as instalações ficam vulneráveis a uma série de perigos que podem resultar em acidentes fatais.

Diante desse cenário, reflita:

- O que poderia acontecer com uma operação elétrica sem a observância das leis, decretos e resoluções?
- Quais implicações jurídicas a empresa e o profissional de elétrica podem estar sujeitos?

Além disso, a ausência da atenção às normas técnicas e de segurança do trabalho aumenta a probabilidade de sobrecargas, curtos-circuitos e falhas no sistema, criando um ambiente propício para acidentes. Choques elétricos, incêndios e danos irreparáveis aos equipamentos são apenas algumas das consequências possíveis. Além disso, a falta de planejamento torna difícil a manutenção adequada, contribuindo para o agravamento dos riscos ao longo do tempo. Sendo assim, vamos refletir:

- O que seriam dos serviços em eletricidade sem as normas técnicas e de segurança do trabalho?
- Será que os custos operacionais e número de acidentes nas obras elétricas estariam mais elevados?

Refletir sobre a importância dos cálculos para o dimensionamento de componentes para instalações elétricas é crucial para conscientizar sobre a necessidade de profissionais capacitados e processos bem definidos. A segurança elétrica não é apenas uma questão técnica; é uma responsabilidade que impacta diretamente a vida das pessoas. Portanto, investir em projetos elétricos adequados e baseados nas normas técnicas e legislações vigentes é investir na preservação da vida e na

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

integridade das instalações elétricas.

Diante disso, vamos repensar:

- Sem o conhecimento efetivo desses cálculos e dimensionamentos os projetos elétricos seriam bem-sucedidos?
- Os riscos pela falta de conhecimento nesses quesitos acima poderiam refletir em elevações de custos para empresa?

Olá estudante, chegamos ao encerramento da unidade!

Vamos realizar a experiência presencial que irá consolidar os conhecimentos adquiridos? É a oportunidade perfeita para aplicar, na prática, o que foi aprendido em sua disciplina. Vamos transformar teoria em vivência e tornar esta etapa ainda mais significativa. Não perca essa chance única de colocar em prática o conhecimento adquirido.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Conceitos e cálculos de

## INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



A previsão de cargas bem elaborada, garante o menor risco para ajustes e problemas nos projetos elétricos.

### Previsão de cargas

### Quadro de distribuição e circuitos

A distribuição correta dos circuitos terminais, confere segurança e reduz os custos nas instalações elétricas.

### Demandas e Ramal de entrada



As regulamentações e as normas são essenciais para o trabalho seguro, eficiente e lucrativo para uma empresa.



O adequado cálculo de demanda, utilizando-se a modalidade mais adequada, vai garantir a eficiência energética da empresa.

*Importante conhecer bem o que será alimentado pelos circuitos elétricos. Realizar um estudo completo da previsão de cargas é sumariamente importante nesse processo, pois definirá toda base de cálculo para dimensionar adequadamente os condutores, proteções, quadros e outros itens em instalações elétricas.*

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 15. ed. Barueri: LTC, 2007.

CRUZ, E.C.A.; ANICETO, L.A. **Instalações elétricas**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. **Instalações elétricas**. 5. ed. Barueri: LTC, 2008.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. p. 93-116.

## Unidade 3

### CONDUTORES E LUMINOTÉCNICA

#### Aula 1

Critérios para Dimensionamento de Condutores

#### Critérios para Dimensionamento de Condutores



##### Este conteúdo é um vídeo!

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Ressaltamos a importância de conhecer adequadamente os critérios para o dimensionamento de condutores para a sua aplicação nas operações de sistemas com eletricidade.

Além de nortear tecnicamente todo trabalho no setor elétrico, poderá colaborar muito para realizar os cálculos seguros e assertivos, com segurança e economia em seus projetos elétricos.

Nesta aula, vamos abranger a compreensão geral desses processos:

- Cálculos: limites de temperatura, queda de tensão e seções mínimas dos condutores.
- Coordenação: condutores e dispositivos de proteção.
- Critérios: capacidade de condução de corrente, limite da queda de tensão e seções mínimas dos condutores elétricos.

#### Ponto de Partida

Olá, estudante!

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Nós desejamos boas-vindas nesta nova etapa de aprendizado. Vamos abordar temas relacionados aos critérios para o dimensionamento de condutores na disciplina de Instalações Elétricas e Segurança em Eletricidade!

Conhecer as técnicas de cálculos para se aprofundar nos critérios para o dimensionamento de condutores é sumariamente importante para realizar esse trabalho de acordo com as normas técnicas e de segurança do trabalho. Esse processo de conhecimento fará com que você tenha ferramentas consistentes para desenvolver os cálculos seguros e assertivos, conferindo assim confiabilidade, segurança e economia em seus projetos elétricos.

Diante desse cenário, nesta aula; nós vamos conhecer os critérios para o dimensionamento de condutores em eletricidade e que permitirá agregar o conhecimento e começar a entender como estão inseridas as leis e normas técnicas nesse contexto.

Procure compreender ao máximo esses conceitos, pois, além de serem muito interessantes, certamente vão colaborar muito para a sua formação e desenvolver os seus projetos com mais eficiência e segurança.

## Vamos Começar!

### Conceitualização dos Critérios para Dimensionamento de Condutores

#### Limites de temperatura

Os condutores elétricos são desenvolvidos para transportar energia elétrica. Para realizar esse trabalho é necessário o dimensionamento correto e, para isso, precisamos analisar diversas condições a serem atendidas. Os condutores devem operar abaixo do limite de temperatura e queda de tensão e devem suportar correntes acima da capacidade de atuação dos dispositivos de proteção contra sobrecarga e corrente de curto-círcuito por um intervalo de tempo satisfatório.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 1 | A inobservância dos limites de temperatura pode causar acidentes no rompimento do isolamento dos condutores. Fonte: Freepik.

## Queda de tensão

O dimensionamento dos condutores, considerando a queda de tensão admissível, é crucial para garantir a eficiência e a segurança em sistemas elétricos. Minimizar perdas e assegurar a entrega de energia adequada são objetivos fundamentais nesse processo, visando a operação otimizada e a preservação dos equipamentos conectados.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Os equipamentos que usam energia elétrica são desenvolvidos para operar a determinadas tensões, porém existe uma pequena tolerância que precisa ser observada. Essas quedas de tensão se dão em função da distância entre a carga e o medidor e a potência da carga. A queda de tensão aceitável em equipamentos elétricos é essencial para garantir o seu melhor desempenho. Manter a tensão dentro de limites aceitáveis assegura a operação eficiente, prolonga a vida útil dos dispositivos e previne falhas de funcionamento.

## Seções mínimas dos condutores

### Dimensionamento da seção mínima do condutor fase

Os condutores devem possuir seção mínima de  $1,5 \text{ mm}^2$ , no caso de circuitos de iluminação,  $2,5 \text{ mm}^2$  nos casos de circuitos de potência e seção de  $0,5 \text{ mm}^2$  em circuitos de sinalização. O procedimento para dimensionar o condutor fase é por meio do cálculo do cabo pelo critério da capacidade de corrente, sendo a seção dos condutores neutros e terra consequência direta da seção do condutor fase. O primeiro critério para determinar a capacidade de corrente é o tipo de isolamento do cabo, sendo comum o uso do material PVC ou EPR.

Também avaliamos a capacidade de corrente é a maneira como o condutor vai ser instalado, por exemplo, embutido (alvenaria), eletroduto enterrado, eletrocalha etc. Essas situações implicam diretamente na troca de calor do ambiente com os condutores, resultando em uma maior ou menor temperatura para o condutor.

### Dimensionamento da seção mínima do condutor neutro

No sistema trifásico a quatro fios, o condutor neutro também desempenha um papel importante na distribuição da carga elétrica, garantindo que a tensão entre as fases e o neutro seja mantida próxima de zero. Isso é fundamental para o funcionamento adequado de muitos dispositivos elétricos e eletrônicos, que requerem uma tensão equilibrada para operar corretamente, portanto deve ser seguido o critério para se definir adequadamente a sua seção mínima.

### Dimensionamento da seção mínima do condutor de proteção

A definição adequada da seção do condutor de proteção é essencial para garantir a segurança elétrica das instalações e prevenir riscos de choque elétrico. Quando ocorre uma falha elétrica, como um curto-círcuito, o condutor de proteção desempenha um papel crucial ao fornecer uma rota alternativa para a corrente elétrica. Isso ajuda a evitar que a corrente flua por meio de partes metálicas expostas, como carcaças de equipamentos ou estruturas, que poderiam representar um perigo para as pessoas.

## Coordenação: condutores e dispositivos de proteção

Os condutores e os equipamentos que fazem parte de um circuito elétrico devem ser protegidos por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, divididas em correntes de sobrecarga – corrente

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

nominal da carga superior à corrente de projeto do circuito, causada por solicitações de equipamentos acima de suas capacidades nominais, como, por exemplo, os motores que aionam cargas permanentes ou transitórias acima de sua potência nominal, e correntes de curto-círcuito (ou falta) correntes extremamente elevadas devido às faltas elétricas. Para que a proteção seja eficiente, deverá haver uma coordenação entre os condutores e os dispositivos de proteção.

## Capacidade de condução de corrente

A capacidade de condução de corrente ou ampacidade é um método que consiste em calcular a corrente máxima que flui pelo condutor e, conforme com o método de instalação, identificar a seção nominal que atende os critérios estabelecidos pela norma ABNT 5410:2004.

## Siga em Frente...

## Compreendendo os Cálculos para Dimensionamento de Condutores

### Limites de temperatura

A corrente que flui no condutor elétrico por longos períodos em operação normal precisa atender ao requisito de que a temperatura máxima para uma operação contínua, observada na Tabela 1, não ultrapasse esses limites. Sendo assim, as correntes que fluem nos cabos condutores não devem ser superiores aos valores indicados na norma ABNT NBR 5410, e que também estão sujeitos aos fatores de correção.

Tipo de Isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura-limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura-limite de curto-círcuito (condutor) °C
Policlorreto de vinila (PVC) ≤ 300 mm <sup>2</sup>	70	100	160
Borracha etilenopropileno (EPR)	90	130	250
Polietileno-reticulado (XLPE)	90	130	250

Tabela 1 | Temperatura características dos condutores. Fonte: Tabela 35 da NBR 5410:2004.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Ao lidar com condutores elétricos, é crucial considerar não apenas a corrente elétrica, mas também a dissipação de calor e a capacidade do condutor de suportar temperaturas elevadas, garantindo assim a segurança e a integridade do sistema elétrico.

## Queda de tensão

As quedas de tensão admissíveis determinadas em percentagem da tensão nominal ou de entrada, de acordo com a forma abaixo:

$$\text{Queda de tensão (e %)} = \frac{\text{Tensão de entrada} - \text{Tensão da carga}}{\text{Tensão de entrada}} \times 100$$

Por meio da norma NBR 5410:2004, admite-se os seguintes valores de quedas de tensão, conforme mostra a Figura 1.

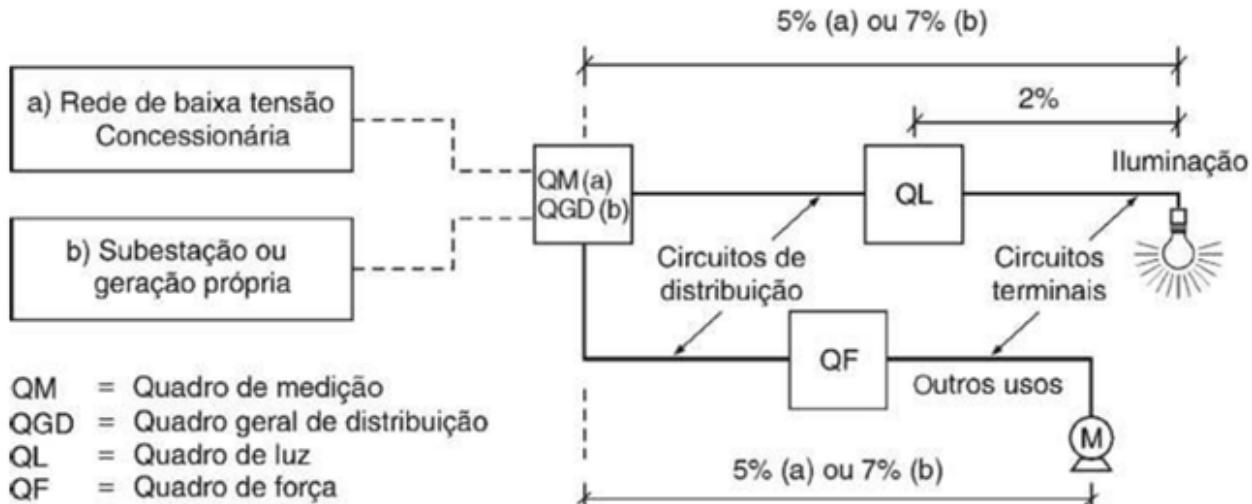


Figura 1 | Quedas de tensão admissíveis. Fonte: Creder H. (p.129).

- para instalações com alimentação direta por meio de um ramal de baixa tensão, a partir da rede de distribuição pública de BT - baixa tensão: 5%;
- em instalações com alimentação direta por meio de uma subestação com transformador próprio a partir de uma instalação de AT - alta tensão ou que possuam fonte geradora própria: 7%.

Nota: em circuitos trifásicos, devemos substituir 2 por  $\sqrt{3}$  e V pelo valor de tensão fasefase.

As Tabelas 2 e 3 fornecem as quedas de tensão percentuais para os alimentadores e ramais em função das distâncias e potências utilizadas, medidas em watts ou VA, para circuitos monofásicos e bifásicos, com fator de potência unitário.

## Bloco 1

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

mm <sup>2</sup>	Queda de tensão (%)		
	1%	2%	3%
1,5	7016	14032	21048
2,5	11694	23387	35081
4	18710	37419	56129
6	28064	56129	84193
10	46774	93548	140322
16	74839	149677	224516
25	116935	233871	350806
35	163709	327419	491128
50	233871	467741	701612
70	327419	654837	982256
95	444354	888708	1333062

## Bloco 2

Queda de tensão (%)	
5%	
28064	35081
46774	58468
74839	93548
112258	140322

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

187096	233871
299354	374193
467741	584676
654837	818547
935483	1169353
1309674	1637093
1777416	2221770

Tabela 2 | Soma das potências em watts × distância em metros V = 127 volts. Fonte: Creder, H. (p.130).

## Bloco 1

mm <sup>2</sup>	Queda de tensão (%)		
	1%	2%	3%
1,5	21.054	42.108	63.162
2,5	35.090	70.180	105.270
4	56.144	112.288	168.432
6	84.216	168.432	252.648
10	140.360	280.720	421.080
16	224.576	449.152	673.728
25	350.900	701.800	1.052.700
35	491.260	982.520	1.473.780
50	701.800	1.403.600	2.105.400

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

70	982.520	1.965.040	2.947.560
95	1.333.420	2.666.840	4.000.260

**Bloco 2**

Queda de tensão (%)	
5%	
84.216	105.270
140.360	175.450
224.576	280.720
336.864	421.080
561.440	701.800
898.304	1.122.880
1.403.600	1.754.500
1.965.040	2.456.300
2.807.200	3.509.000
3.930.080	4.912.600
5.333.680	6.667.100

Tabela 3 | Soma das potências em watts × distância em metros V = 220 volts (2 condutores). Fonte: Creder, H. (p.130 e 131).

Nota: para circuitos trifásicos, multiplicar as distâncias por  $\sqrt{3} / 2 = 0,866$ .

## Seções mínimas dos condutores

### Dimensionamento da seção mínima do condutor fase

Esse critério define o diâmetro do condutor fase, de acordo com a utilização do circuito.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Tipo de instalação		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor ( $\text{mm}^2$ ) - material	
<b>Instalações fixas em geral</b>	Condutores e Cabos isolados	Circuito de iluminação	1,5 - Cu   16 - Al	
		Circuito de força (TUE e TUG)	2,5 - Cu   16 - Al	
		Circuito de sinalização e circuito de controle	0,5 - Cu	
	Condutores Nus	Circuito de força (TUE)	10 - Cu   16 - Al	
		Circuito de sinalização e circuito de controle	4 - Cu	
<b>Ligações flexíveis feitas com cabos isolados</b>		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento	
		Para qualquer outra aplicação	0,75 - Cu	
		Círculo extrabaixa tensão	0,75 - Cu	

Tabela 4 | Seção mínima (condutores). Fonte: ABNT NBR 5410 (2004, p. 113).

Os condutores devem possuir seção mínima de  $1,5 \text{ mm}^2$ , no caso de circuitos de iluminação,  $2,5 \text{ mm}^2$  nos casos de circuitos de potência e seção de  $0,5 \text{ mm}^2$  em circuitos de sinalização.

## Dimensionamento da seção mínima do condutor neutro

O condutor neutro deve possuir a mesma seção do condutor fase. Caso o circuito (trifásico) esteja equilibrado com o neutro e forem constituídos do mesmo material (metal) e o condutor neutro esteja devidamente protegido contra sobrecorrente, a sua seção poderá ser reduzida em relação aos condutores fase, conforme a Tabela 5, abaixo:

Seção dos condutores de fase ( $\text{mm}^2$ )	Seção do condutor neutro ( $\text{mm}^2$ )
$S \leq 25$	$S$

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Tabela 5 | Seção mínima do condutor neutro. Fonte: ABNT NBR 5410:2004.

### Dimensionamento da seção mínima do condutor de proteção

Nos casos dos condutores de fase com até 16 mm<sup>2</sup>, a norma indica que a seção do condutor de proteção precisa seguir a mesma seção do condutor fase. Podemos exemplificar o caso que se o condutor fase possui seção nominal de 4,0 mm<sup>2</sup>, o condutor de proteção também precisará ser de 4,0 mm<sup>2</sup>.

Conforme a NBR 5410, a seção do condutor de proteção pode ser definida através da Tabela 6 abaixo:

Seção dos condutores de fase S (mm <sup>2</sup> )	Seção mínima do condutor de proteção correspondente (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Tabela 6 | Seção mínima do condutor de proteção. Fonte: ABNT NBR 5410 (2004 p.114).

## Coordenação: condutores e dispositivos de proteção

Para proteção contra sobrecargas, deve haver uma coordenação entre os condutores e os dispositivos, que deve atender às duas condições abaixo:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

Onde:

$I_B$ : é a corrente nominal de projeto do circuito;

$I_Z$ : é a capacidade de condução de corrente dos condutores;

$I_N$ : é a corrente nominal do dispositivo de proteção;

$I_2$ : é a corrente que assegura a atuação efetiva do dispositivo de proteção.

## Critérios para a capacidade de condução de corrente

A capacidade de condução de corrente dos condutores possui uma componente importante a ser observada no seu dimensionamento, que é o limite de temperatura. Para se garantir a vida útil dos condutores e de suas isolações, que estão sujeitos aos efeitos de temperatura por causa das correntes próximas às capacidades de condução de correntes respectivas, durante longos períodos de operação. Também deve ser levado em conta as prescrições para as proteções: choques elétricos, efeitos térmicos, sobrecorrentes, queda de tensão, e dos limites de temperatura para os terminais em que os condutores estão conectados.

## Vamos Exercitar?

### A Aplicação dos Critérios para o Dimensionamento de ondutores

#### Limites de temperatura

Vamos considerar um condutor elétrico comum, como um fio de cobre, e explorar um exemplo prático da questão do limite de temperatura associado a esse condutor. Condutores elétricos têm

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

uma capacidade de condução de corrente elétrica, mas essa capacidade não é ilimitada. Quando uma corrente elétrica flui por meio de um condutor, ele gera calor devido à resistência elétrica do material. Se a corrente elétrica for muito alta, o condutor pode aquecer excessivamente, levando a problemas como fusão do material, deterioração do isolamento ao redor do condutor e, em casos extremos, até incêndios.

A potência gerada é diretamente proporcional ao quadrado da corrente e à resistência do condutor. A potência gerada é responsável pelo aquecimento do condutor. Se este não dissipar esse calor adequadamente, a sua temperatura pode aumentar. Se a corrente elétrica exceder um determinado valor, a potência gerada pode fazer com que o condutor ultrapasse a sua classificação de temperatura. Isso pode levar a danos, derretimento do isolamento ou, em situações extremas, a um incêndio.

## Queda de tensão

Agora, vamos ao exemplo prático em que vamos aplicar os conceitos aprendidos até agora sobre a queda de tensão.

Vamos realizar o dimensionamento do alimentador e dos ramais de uma casa (sobrado), com dois circuitos e fornecimento em 127 V (trifásico a 4 fios), conforme o esquemático da Figura 2.

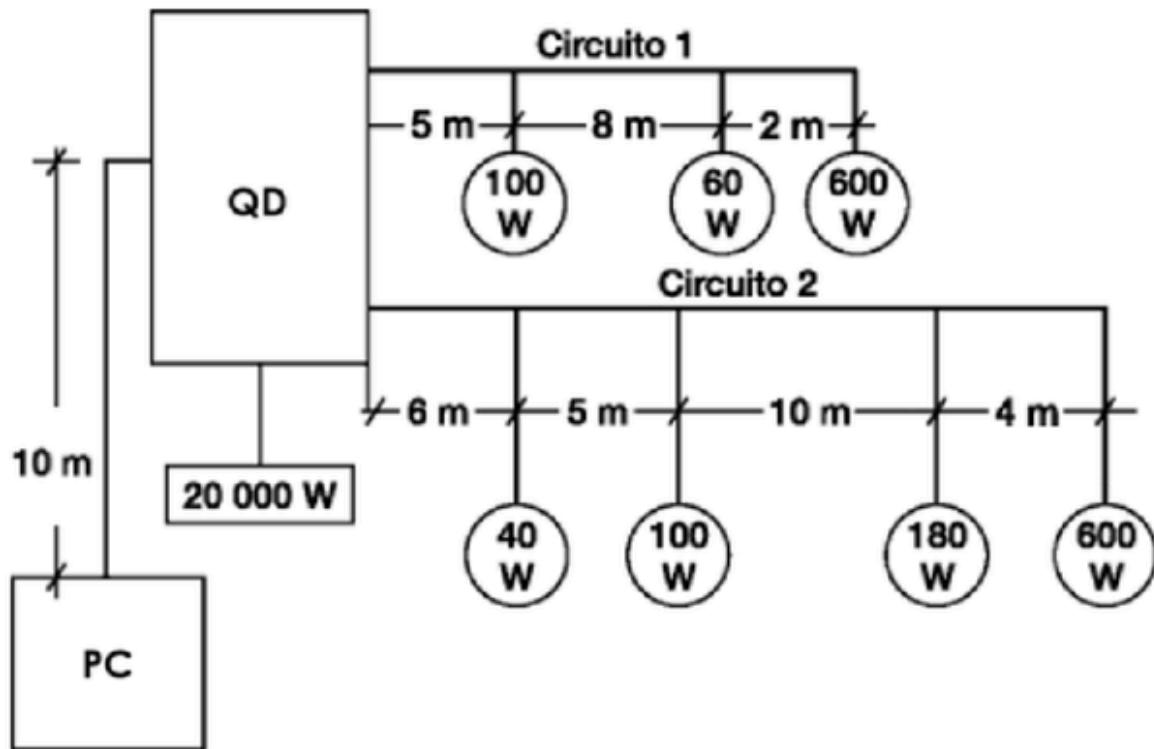


Figura 2 | Esquemático de ligação residencial (sobrado). Fonte: elaborado pelo autor.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Cálculos para o dimensionamento do circuito 1:

Somatório das potências:

$$100 \text{ W} \times 5 \text{ m} = 500 \text{ Wm}$$

$$60 \text{ W} \times 13 \text{ m} = 780 \text{ Wm}$$

$$600 \text{ W} \times 15 \text{ m} = 9.000 \text{ Wm}$$

Total: 10.280 Wm (Watts x metro)

Determinação da sessão do condutor baseado na queda de tensão:

Aplicamos esse valor total na Tabela 3 e verificamos que diâmetro do condutor deve ser 1,5 mm<sup>2</sup> e teremos uma queda de tensão admissível de 2%.

Cálculos para o dimensionamento do circuito 2:

Somatório das potências:

$$40 \text{ W} \times 6 \text{ m} = 240 \text{ Wm}$$

$$100 \text{ W} \times 11 \text{ m} = 1.000 \text{ Wm}$$

$$600 \text{ W} \times 25 \text{ m} = 15.000 \text{ Wm}$$

Total: 20.120 Wm (Watts x metro)

Aplicamos esse valor total na Tabela 3 e verificamos que diâmetro do condutor deve ser 2,5 mm<sup>2</sup> e teremos uma queda de tensão admissível de 2%.

Cálculos para dimensionamento do alimentador:

Nesse caso, sabemos que toda carga se encontra concentrada no quadro de distribuição e, como a alimentação é trifásica a 4 fios, temos:

$$21.680 \times 10 \times 0,866 = 187.748,8 \text{ Wm}$$

Aplicamos esse valor total na Tabela 3 e verificamos que diâmetro do condutor deve ser 16 mm<sup>2</sup> e teremos uma queda de tensão admissível de 3%.

Para se dimensionar por completo, precisamos avaliar utilizando os dois critérios: o de queda de tensão admissível e da capacidade de corrente, optando pelo condutor com a área maior.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Outra forma de calcular o alimentador é aplicando na Tabela 3, conforme abaixo:

$$21.680 / 3 = 7.227 \text{ W}$$

$$7.227 \times 10 \text{ m} = 72.270 \text{ Wm}$$

Aplicando a Tabela 3, para a queda de tensão de 2%, teremos de usar o cabo condutor de  $16 \text{ mm}^2$ .

## Seções mínimas dos condutores

Em sistemas elétricos, a seção mínima dos condutores é crucial para evitar aquecimento excessivo. Podemos aplicar um exemplo prático: ao dimensionar um fio para alimentar uma carga específica, como um eletrodoméstico, é essencial escolher uma seção que suporte a corrente sem ultrapassar os limites de temperatura do condutor, garantindo assim a eficiência e segurança do sistema elétrico, conforme mostra a Figura 3.



Figura 3 | Condutores subdimensionados podem promover riscos para as instalações. Fonte: Freepik.

## Coordenação: condutores e dispositivos de proteção

Sabemos que deve haver uma coordenação entre os condutores e os dispositivos. Vamos então a um exemplo prático: A corrente nominal do circuito é de 10 A, a corrente nominal do disjuntor é de 6A e a capacidade de condução de corrente dos condutores é de 4A.

Vamos avaliar se existe ou não coordenação entre eles:

Utilizando-se da condição:  $IB \leq IN \leq IZ$ , aplicando os valores verificamos que não há coordenação pois  $10 > 6 > 4$ , não satisfaz a referida condição.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Capacidade de condução de corrente

Para o método da capacidade de condução de corrente, pode ser dividida a aplicação desse critério em 07 etapas:

1. escolha do tipo de isolamento utilizado nos condutores e, consequentemente, determinar a temperatura máxima a que eles poderão estar submetidos em regime contínuo, em sobrecarga e/ou em condições de curto-circuito;
2. classificação do método de instalação dos condutores, no qual esse aspecto deve ser levado em conta, pois exerce grande influência na capacidade de troca de calor entre os condutores e o ambiente externo;
3. cálculo da corrente nominal ou corrente de projeto ( $I_B$ ), determinada a partir das especificações nominais e do tipo de circuito (monofásico, bifásico ou trifásico);
4. determinação dos números de condutores carregados;
5. determinação da bitola do condutor para uma temperatura ambiente de 30°C (condutores não enterrados no solo) ou para uma temperatura do solo de 20°C (condutores enterrados no solo);
6. aplicação dos fatores de correção, o fator de correção de temperatura (FCT) e o fator de correção de agrupamento (FCA), de acordo com a necessidade de cada caso específico;
7. cálculo da corrente corrigida. Para obter essa corrente devemos utilizar a seguinte equação:

$$I_c = \frac{I_B}{FCT \times FCA}$$

Em que: o fator de correção de temperatura (FCT) e o fator de correção de agrupamento (FCA).

## Saiba mais

Aqui poderá obter acesso às normas regulamentadoras (Segurança do Trabalho) vigentes no país:

[Ministério do Trabalho e Previdência - Normas Regulamentadoras \(NRs\)](#)

[NR 10 - Segurança do Trabalho em Eletricidade](#)

Com o seguinte livro, você poderá obter excelentes referências adicionais sobre os temas estudados nesta aula:

**Livro disponível da Biblioteca Virtual:**

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 20 a 31.

## Referências

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 93 a 116.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Aula 2

Dimensionamento dos Dispositivos de Proteção

### Dimensionamento dos Dispositivos de Proteção



#### Este conteúdo é um vídeo!

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Olá, estudante.

Você analisará a importância do dimensionamento da proteção em uma instalação elétrica e perceberá que o seu correto dimensionamento pode garantir a eficiência e a segurança do projeto. Nesta aula, vamos abordar as técnicas para dimensionar as proteções para projetos de instalação elétrica, conhecer os elementos de conexão e as suas derivações. Diante desse cenário, serão abordados:

- Dispositivos de proteção contra a sobrecorrente.
- Dimensionamento de proteção contra a corrente de sobrecarga.
- Dimensionamento de proteção contra a corrente de curto-círcuito.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

- Dimensionamento de proteção contra os choques elétricos.

## Ponto de Partida

Estudante, nós lhe desejamos boas-vindas nesta aula sobre instalações elétricas e segurança em eletricidade!

Dimensionar corretamente os dispositivos de proteção reduzirá os riscos de acidentes, incêndios, conferindo o funcionamento seguro das instalações elétricas.

Nesta aula, vamos conhecer mais a fundo o dimensionamento dos dispositivos de proteção que são elementos importantes para garantir a segurança das instalações, reduzir o risco de incêndios e evitar choques elétricos, colaborando ainda mais para a elaboração de projetos seguros, eficientes e com os custos condizentes com a realidade dos requisitos do cliente, seja ele residencial, predial ou industrial.

Procure compreender ao máximo esses conceitos de dimensionamentos de sistemas de proteção, pois, além de serem muito importantes, certamente serão de grande valia a sua formação.

## Vamos Começar!

## Conceitos de Dispositivos de Proteção

### Dispositivos de proteção contra a sobrecorrente

Os condutores fase devem ser protegidos por pelo menos um ou mais dispositivos de seccionamento de modo automático, contra as sobrecorrentes que compreendemos como sobrecargas e curtos-circuitos. As sobrecorrentes devem ser interrompidas por esses dispositivos antes que causem danos, por consequência dos efeitos mecânicos e térmicos, o isolamento, terminais, conexões e outros itens que estejam nas proximidades desses condutores.

O processo de proteção dos condutores realizado corretamente não garante, necessariamente, que a proteção dos equipamentos ligados a esses condutores seja efetiva, portanto, a detecção de sobrecorrentes deve ser definida para todos os condutores fase da instalação. Nesse caso, o dispositivo deve promover a desconexão automática do condutor que estiver com sobrecorrente, sem que os outros condutores fase sejam desligados.

Abaixo, temos os dispositivos de proteção e seccionamento mais usados:

- **Fusível:** dispositivo de proteção contra sobrecorrente que consiste em um elemento fusível (elo) ou lâmina de liga metálica de baixo ponto de fusão que se funde, por efeito Joule, quando a intensidade de corrente elétrica superar, devido a uma sobrecarga ou um curto-círcuito, o

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

valor que poderia danificar o isolamento dos condutores ou danos em outros elementos do circuito. O dispositivo fusível envolve todas as partes que compõem o dispositivo de proteção.

- **Disjuntor:** um disjuntor termomagnético é um dispositivo de proteção utilizado em sistemas elétricos para interromper o fluxo de corrente em caso de sobrecarga ou curto-círcuito. Ele combina duas tecnologias de proteção: o disparo térmico e o disparo magnético. O disparo térmico é acionado quando a corrente elétrica excede o limite nominal por um tempo prolongado, indicando uma sobrecarga. Já o disparo magnético é ativado rapidamente quando há uma corrente muito alta instantânea, indicando um curto-círcito. Esse tipo de disjuntor é amplamente utilizado em instalações elétricas residenciais, comerciais e industriais devido à sua capacidade de proteção contra diferentes tipos de falhas elétricas, garantindo a segurança dos sistemas e prevenindo danos a equipamentos e instalações. Os disjuntores termomagnéticos em caixa são dotados de disparador térmico bimetálico de sobrecargas, ou de um disparador magnético de alta precisão. Pode ser instalado em quadros de distribuição por meio de garras ou trilhos.
- **Dispositivo Diferencial -Residual (DR):** é constituído, em suas linhas essenciais, pelos seguintes elementos: contatos fixos e contatos móveis, transformador diferencial e disparador diferencial (relé polarizado). Os contatos têm por função permitir a abertura e o fechamento do circuito, e são dimensionados de acordo com a corrente nominal (IN) do dispositivo. Quando se trata de um disjuntor termomagnético diferencial, os contatos são dimensionados para poder interromper correntes de curto-círcito até o limite dado pela capacidade de interrupção da corrente nominal do dispositivo. A Norma NBR 5410 tornou obrigatório o uso do DR locais e circuitos (áreas "molhadas", tais como: cozinhas, banheiros etc.) visando à proteção contra os choques elétricos.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

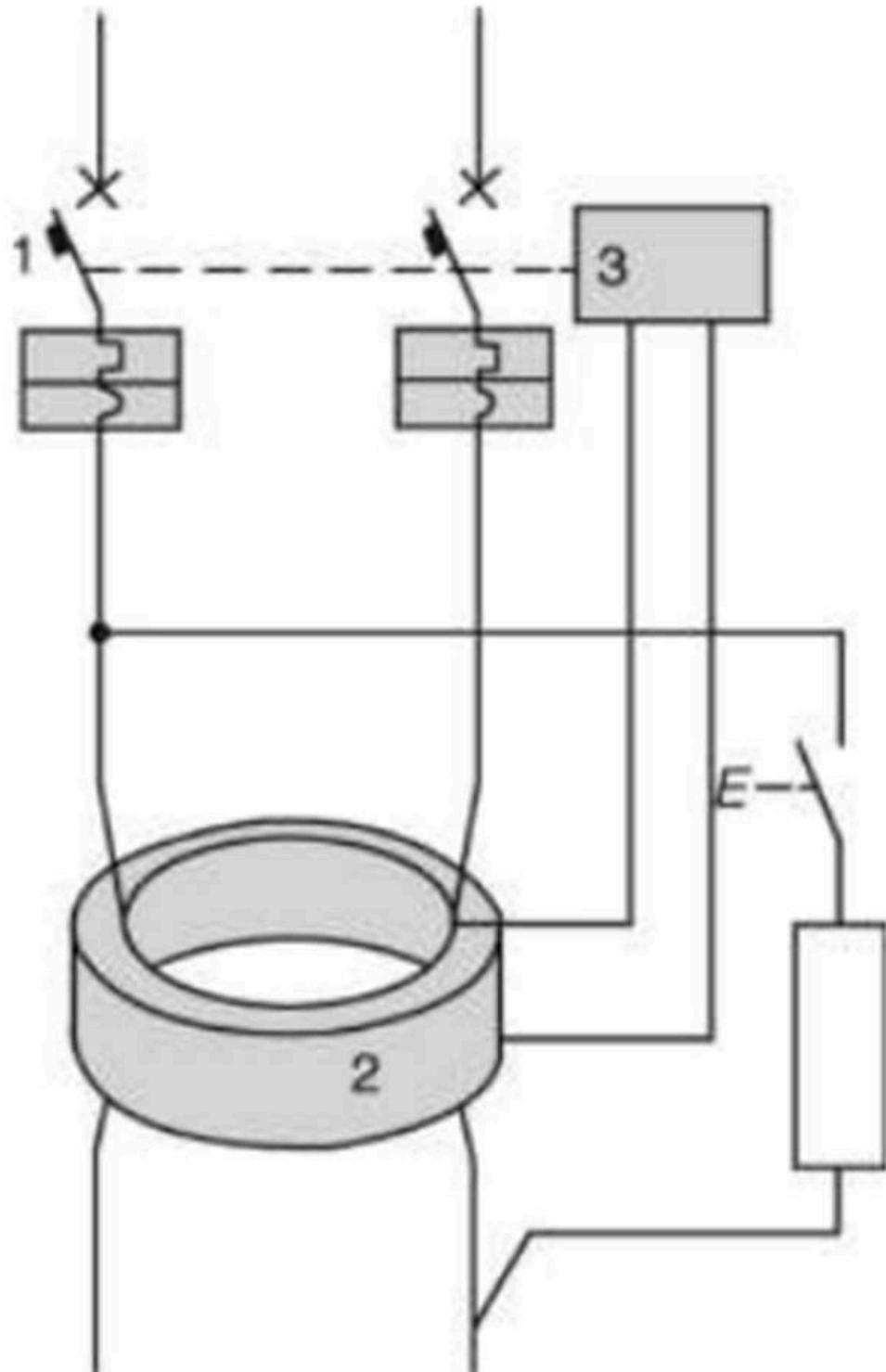


Figura 1 | Esquema do Disjuntor Diferencial-Residual. Fonte: Creder (2016, p. 156).

- **Relé de Sobrecarga:** o relé de sobrecarga é um dispositivo que monitora a corrente elétrica em um circuito. Quando a corrente excede um valor pré-definido, o relé de sobrecarga desativa o

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

círculo, evitando danos causados por sobrecarga.

- **Dispositivos de Proteção contra Surto (DPS):** os DPS são projetados para proteger equipamentos elétricos contra picos de tensão, como os causados por descargas atmosféricas. Eles desviam a energia dos surtos de tensão, protegendo os dispositivos conectados.

Apresentamos alguns exemplos de dispositivos de proteção contra sobrecargas e curto-circuito. A definição do dispositivo adequado no projeto elétrico depende das características da instalação elétrica, das normas e regulamentações aplicáveis e do nível de proteção necessário.

## Siga em Frente...

## Compreendendo os Processos de Proteção Contra Sobrecargas e Curto-circuito

### Dimensionamento de proteção contra a corrente de sobrecarga

No caso de motores trifásicos, se apenas uma fase for desconectada, eles podem se danificar, portanto, devem ser adotados os cuidados necessários para a proteção dos motores desse tipo.

Para o dimensionamento de dispositivo de proteção contra as correntes de sobrecarga, as seguintes condições devem ser satisfeitas:

1.  $I_B \leq I_N$
2.  $I_N \leq I_Z$
3.  $I_2 \leq 1,45 I_Z$

Em que temos:

$I_B$  = corrente de projeto do circuito;

$I_N$  = corrente nominal do dispositivo de proteção;

$I_Z$  = capacidade de condução de corrente de condutores vivos, de acordo com o tipo de instalação (conforme a tabela 3.6 da ABNT NBR 5410);

$I_2$  = corrente convencional de atuação dos dispositivos de proteção em função de  $I_N$ .

### Dimensionamento de proteção contra a corrente de curto-circuito

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de curto-círcito nos condutores dos circuitos, antes que os efeitos térmicos e mecânicos dessa corrente possam tornar-se perigosos aos condutores e suas ligações. Dessa forma, as características dos dispositivos de proteção contra curtos-circuitos devem atender às seguintes condições:

- a. Sua capacidade de interrupção deve ser, no mínimo, igual à corrente de curto-círcito presumida no ponto da instalação, ou seja:

$$I_{int} \geq I_{cc}$$

$I_{int}$  = capacidade de interrupção do dispositivo de proteção;

$I_{cc}$  = corrente de curto-círcito presumida no ponto de aplicação do dispositivo de proteção.

Um dispositivo com capacidade inferior é admitido, se outro dispositivo com capacidade de interrupção necessária for instalado a montante. Nesse caso, as características dos dois dispositivos devem ser coordenadas de tal forma que a energia que eles deixam passar não seja superior à que podem suportar, sem danos, o dispositivo situado a jusante e as linhas protegidas por esse dispositivo.

- b. A integral de Joule que o dispositivo deixa passar deve ser inferior ou igual à integral de Joule necessária para aquecer o condutor, desde a temperatura máxima para o serviço contínuo até a temperatura limite de curto-círcito, indicado pela expressão seguinte:

em que temos:

$$\int_0 i^2 dt \leq K^2 S^2$$

$$\int_0 i^2 dt$$

$K^2 S^2$  = integral de Joule para aquecimento do condutor desde a temperatura máxima em serviço contínuo até a temperatura de curto-círcito, admitindo o aquecimento adiabático (sem troca de calor com o ambiente), como:

**K = 115 para condutores de cobre com isolação de PVC;**

**K = 135 para condutores de cobre com isolação EPR e XLPE;**

**K = 74 para condutores de alumínio com isolação em PVC;**

**S = 87 para condutores de alumínio com isolação EPR ou XLPE;**

**S = seção em mm<sup>2</sup>.**

Para curtos-circuitos de qualquer duração, em que a assimetria da corrente não seja significativa, e para curtos-circuitos assimétricos de duração  $0,1s < t < 5s$ , pode-se escrever:

$$I^2 \times t < K^2 S^2$$

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

I = corrente de curto-circuito presumida, em A;

t = duração do curto-circuito em segundos.

A corrente nominal do dispositivo de proteção contra curtos-circuitos pode ser superior à capacidade de condução de corrente dos condutores do circuito

## Dimensionamento de proteção contra os choques elétricos

A tensão de contato limite, tensão que uma pessoa pode suportar indefinidamente sem risco, é função da forma como esse contato é estabelecido (umidade local e caminho percorrido no corpo humano), e das condições ambientais (tipo de local em que ocorre o contato e do piso). A norma ABNT NBR 5410/2004 identifica quatro níveis de risco a que uma pessoa pode ser submetida a um choque elétrico, associados às condições do contato de acordo com os requisitos da norma.

## Vamos Exercitar?

## Aplicação dos Dispositivos de Proteção

### Dimensionamento de proteção contra as correntes de sobrecarga e de curto-círcito

Basicamente, podemos mencionar dois dispositivos que atuam na proteção contra as correntes de sobrecarga e curto-círcito: o fusível e o disjuntor. O fusível protege contra as correntes de curto-círcito e sobrecarga, porém seu uso não é indicado para sobrecargas leves e moderadas, devido à sua característica de atuação (tempo) x corrente não ajustável.

Esses dispositivos fusíveis atuam interrompendo a circulação de corrente, pela fusão de uma parte dimensionada para tal função, parte esta denominada de elo fusível. Essa interrupção ocorre quando a corrente excede o valor estabelecido durante um intervalo de tempo determinado, causando, dessa forma, a elevação da temperatura no fusível até a sua fusão.

Existem diversos tipos de dispositivos fusíveis no mercado; destacamos três tipos bastante usuais nas instalações: fusíveis cilíndricos, D e NH.

Já os disjuntores termomagnéticos atuam quando submetidos a correntes de sobrecarga e curto-círcito, portanto verificamos na Figura 1, que apresenta como se comporta a curva tempo versus corrente.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

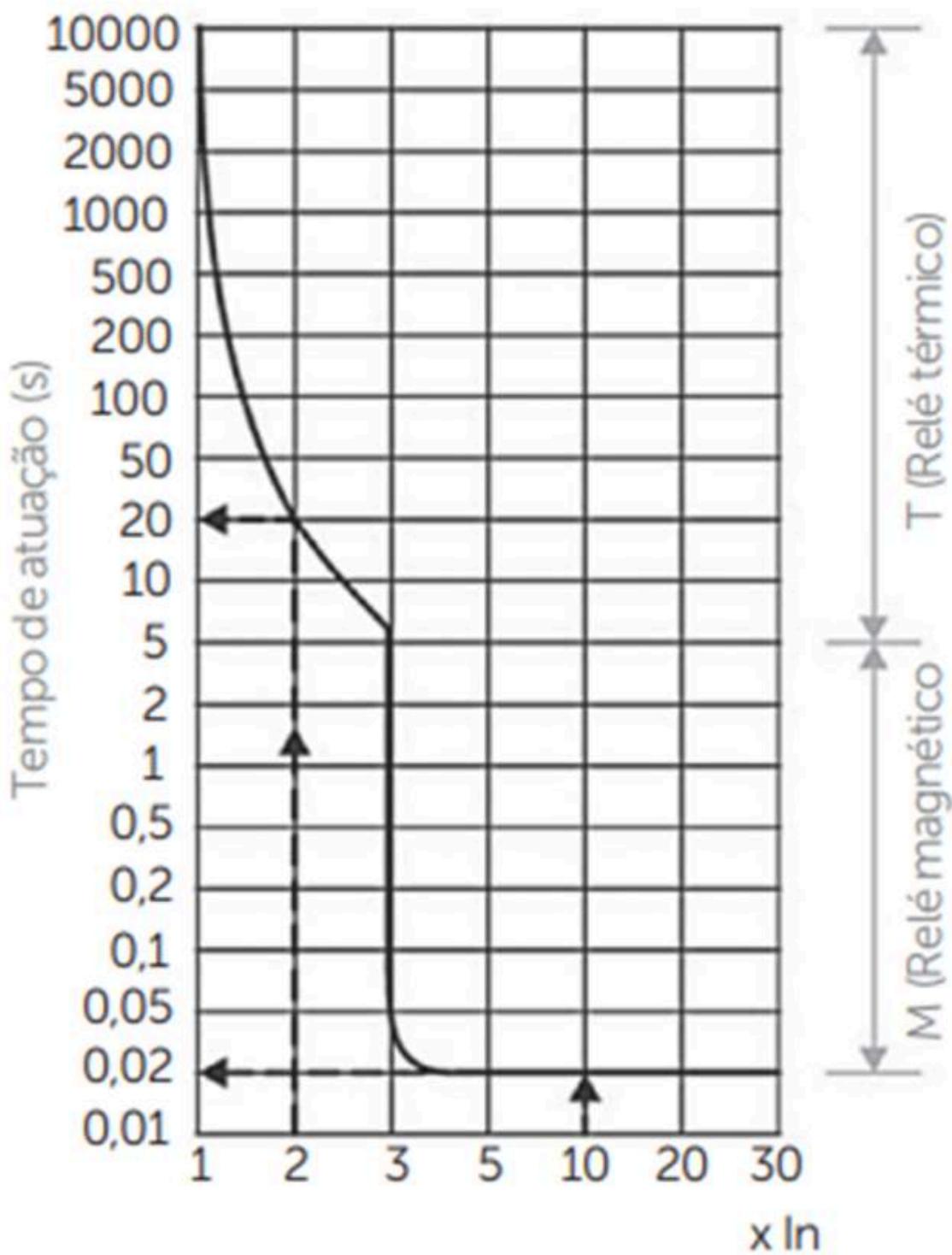


Figura 1 | Curva de tempo x corrente de um disjuntor termomagnético. Fonte: Cruz et al. (2012, p. 350).

A partir da Figura 1 temos informações sobre o tempo de atuação do disjuntor (eixo vertical) em relação ao valor da corrente do circuito, que utiliza a corrente nominal, IN como referência (eixo

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

horizontal). Pode-se verificar ainda que existem duas regiões nesta curva, a T – que corresponde a faixa de atuação do relé térmico e a M – que corresponde a faixa de atuação do relé magnético (eixo vertical). Analisando a curva, pode-se afirmar que em situações em que a corrente do circuito é menor que a corrente nominal, o disjuntor nunca atuará. Já em caso contrário, o disjuntor atuará e a relação tempo versus corrente será inversa, ou seja, quanto maior a corrente, menor será o tempo de atuação do disjuntor.

É importante enfatizar os conceitos sobre os disjuntores termomagnéticos e fusíveis: O disjuntor termomagnético protege contra as sobrecargas (TERMO – proteção térmica) e curtos-circuitos (MAGNÉTICO – proteção magnética). Esse dispositivo possui como principal vantagem a religação sem a troca do equipamento. Já os fusíveis são mais indicados para atuação contra a corrente de curto-círcito, devido ao seu princípio de funcionamento. Após sua atuação, é necessária sua substituição.

## Dimensionamento de proteção contra os choques elétricos

A ABNT NBR 5410/2004 estabelece diversos critérios e requisitos que devem ser atendidos para proteção contra os choques elétricos. Esses choques elétricos podem ser ocasionados por contato direto, quando pessoas ou animais entram em contato com condutores ou partes condutoras das instalações elétricas (denominadas “partes vivas”), ou por meio de contato indireto, quando pessoas ou animais entram em contato com uma massa que ficou em condições de falta, e assim os dispositivos de proteção deverão ser dimensionados a fim de atender a esses aspectos. Nesta seção, discutiremos o uso do dispositivo de proteção diferencial-residual (DR) para esse tipo de proteção. O dispositivo DR é utilizado em instalações elétricas para a proteção de equipamentos, sendo acionado quando detectadas correntes de fuga superiores ao valor nominal.

Em se tratando de segurança em serviços com eletricidade, temos a NR 10, que é a Norma Regulamentadora emitida pelo Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, e cujo objetivo é garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem nas instalações e serviços com eletricidade.

## Saiba mais

Aqui, você poderá obter acesso às normas regulamentadoras (Segurança do Trabalho) vigentes no país:

[Ministério do Trabalho e Previdência - Normas Regulamentadoras \(NRs\)](#)

Com o seguinte livro, você poderá obter excelentes referências adicionais sobre os temas estudados nesta aula

## Livro disponível da Biblioteca Virtual

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 20 a 31.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Referências

CARDOSO, W. P.; SILVEIRA, M. L. X. da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017

CREDER, H. **Instalações Elétricas**, Editora LTC - 15<sup>a</sup> Edição, 2016.

CRUZ, E.C.A.; ANICETO, L.A. **Instalações Elétricas**, Editora Érica - 1<sup>a</sup> Edição, 2012.

NUNES, B. M.. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Aula 3

Dimensionamento de Eletrodutos

### Dimensionamento de Eletrodutos



#### Este conteúdo é um vídeo!

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Olá, estudante. Você analisará a importância dos eletrodutos para uma instalação elétrica e o seu correto dimensionamento pode garantir a eficiência e a segurança do projeto. Nesta aula, vamos abordar as técnicas para dimensionar e avaliar os eletrodutos em uma instalação elétrica, conhecer os elementos de conexão e suas derivações.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Diante desse cenário, serão abordados:

- Taxa máxima de ocupação de eletrodutos.
- Seção interna e seção útil de um eletroduto.
- Área ocupada por condutores e eletrodutos com caixas de derivação e curvas.

## Ponto de Partida

Olá, estudante. Nós vamos conhecer, na aula de hoje, os conceitos de dimensionamento de eletrodutos para a sua aplicação em instalações elétricas.

Você vai observar a importância desse elemento, que protege, sedia e distribui os cabos condutores e os seus circuitos terminais em uma edificação.

Vamos conhecer mais a fundo o dimensionamento dos eletrodutos que são elementos que acondicionam os cabos condutores, colaborando ainda mais para a elaboração de instalações elétricas seguras, eficientes e com os custos condizentes com a realidade dos requisitos do cliente.

Procure compreender ao máximo esses conceitos aqui apresentados, pois, além de serem muito importantes, certamente serão de grande valia a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver atuando na área de eletricidade.

## Vamos Começar!

### Conceitos de Quadro de Distribuição, Circuitos, Eletrodutos, Esquemas e Unifilares

#### Taxa máxima de ocupação de eletrodutos

Os eletrodutos são elementos que acondicionam os cabos condutores, assim como as eletrocalhas e outros elementos de proteção física. Veja um exemplo na Figura 1.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

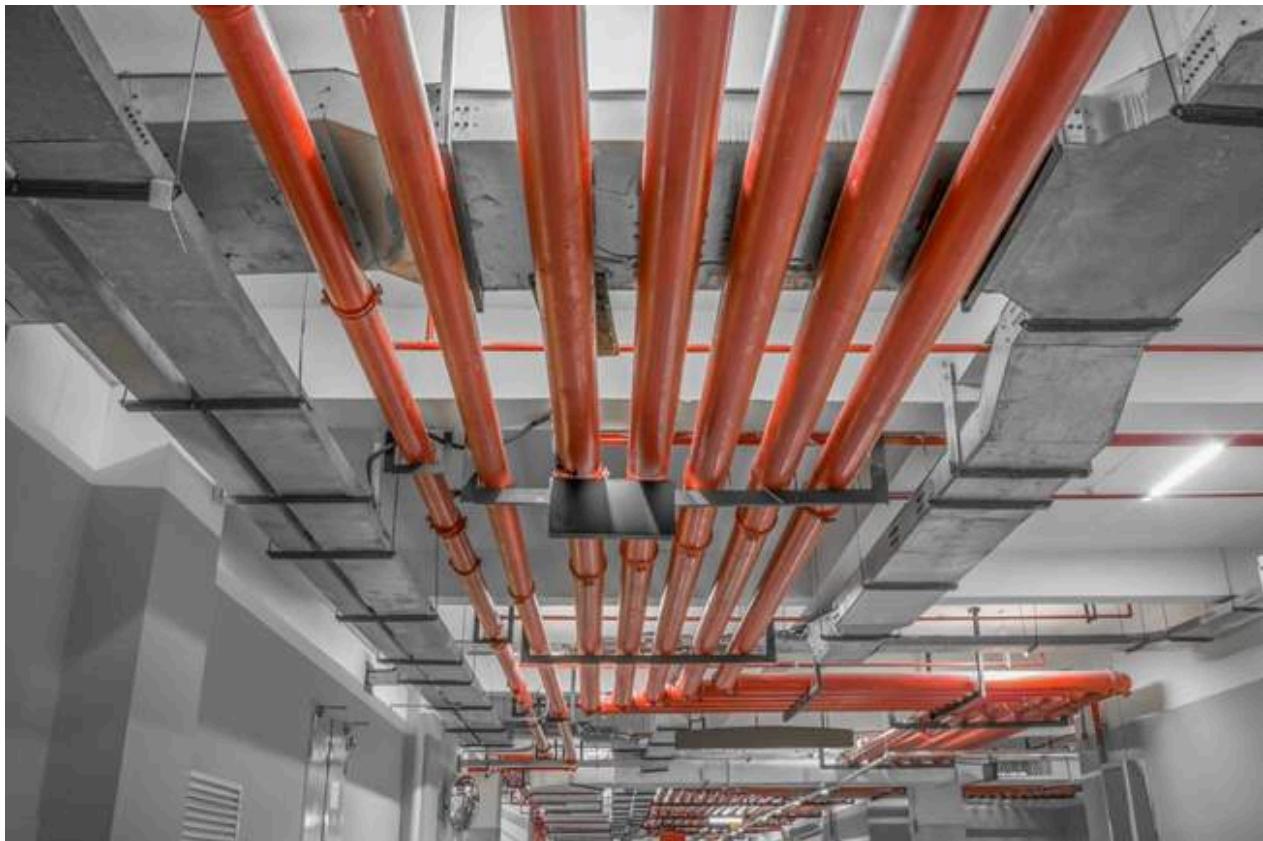


Figura 1 | As eletrocalhas e os eletrodutos sediam e protegem os condutores na edificação. Fonte: Freepik.

A Taxa Máxima de Ocupação de Eletrodutos (ou TMOE) é um parâmetro adotado nos projetos de elétricos, infraestrutura de redes de telecomunicações, sistemas de cabeamento estruturado para que se defina a quantidade máxima de cabos condutores que podem ser sediados nos eletrodutos.

Essa taxa é definida pela relação entre a área livre disponível dentro do eletroduto e a área total ocupada pelos cabos ou condutores. Geralmente é expressa como uma porcentagem, indicando a capacidade máxima de ocupação do eletroduto.

$$TMOE = \frac{\text{Área Livre}}{\text{Área Total}} \times 100$$

## Seção interna e seção útil de um eletroduto (área ocupada por condutores)

Após as montagens dos circuitos, as sessões internas dos dutos elétricos, bem como de suas conexões, precisam garantir a instalação e a remoção fácil dos seus condutores.

Sendo assim, a área máxima ocupadas pelos condutores e o isolamento, deverá representar:

- 53% para um condutor;
- 31% para dois condutores;

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

- 40% para três ou mais condutores.

A área útil do eletroduto refere-se à porção interna do eletroduto que está disponível para a passagem de cabos, fios ou condutores. É a área que pode ser efetivamente utilizada para acomodar e proteger os elementos condutores.

A área útil do eletroduto é calculada subtraindo-se as áreas ocupadas pelos obstáculos internos do eletroduto, como as paredes, divisórias ou outras estruturas internas. Esses obstáculos reduzem o espaço disponível para a passagem dos cabos, e, portanto, influenciam na capacidade de ocupação do eletroduto.

O cálculo da área útil do eletroduto é importante para determinar a sua capacidade de acomodação de cabos ou condutores, e é usado em conjunto com a Taxa Máxima de Ocupação de Eletrodutos (TMOE) para garantir uma instalação adequada e segura.

Todas as suas conexões (curvas, caixas de derivações, *nipes*, entre outros elementos) devem ser considerados, pois os cabos condutores se acomodam não somente nos eletrodutos, mas nesses elementos de ligação também.

A área útil do eletroduto sofre variações que dependem do tipo e das dimensões do eletroduto, bem como dos obstáculos presentes internamente. Essa área útil é medida em unidades de área, como milímetros quadrados ( $\text{mm}^2$ ) ou metros quadrados ( $\text{m}^2$ ).

É importante que se considere a área útil do eletroduto ao planejar e dimensionar a infraestrutura de cabeamento ou a passagem de outros elementos condutores, garantindo que haja espaço suficiente para a instalação e manutenção adequada dos cabos dentro do eletroduto.

Como a área útil do eletroduto é dada por:

$$A_{ele} = \frac{\pi D_i^2}{4}$$

Considerando que  $\sum A_{cond}$  representa a soma das áreas externas dos condutores envolvidos e o diâmetro interno do eletroduto é dado pela fórmula abaixo:

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{cond}}{f \times \pi}}$$

Deveremos, então, observar os seguintes parâmetros, dependendo da quantidade de condutores a serem instalados no interior do eletroduto:

- $f = 0,53$  para um condutor;
- $f = 0,31$  para dois condutores;
- $f = 0,40$  para três ou mais condutores.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Eletrodutos com caixas de derivação e curvas

Caixas de derivação e curvas para eletrodutos são elementos essenciais em instalações elétricas. As caixas de derivação são caixas de conexão para organizar e proteger fios, enquanto as curvas para eletrodutos são peças que facilitam a passagem de cabos em ângulos, garantindo uma instalação elétrica segura e eficiente.

## Siga em Frente...

## Critérios para Dimensionamento de Quadro de Distribuição, Circuitos, Eletrodutos, Esquemas e Unifilares

### Compreendendo a TMOE

A TMOE deve ser cuidadosamente respeitada na execução da instalação dos cabos para evitar o superaquecimento, interferências eletromagnéticas entre os condutores e problemas de serviços de manutenção ou alguma necessidade futura de expansão da rede.

Lembramos que na maioria dos casos os eletrodutos são embutidos nas paredes e, caso estejam no seu limite, em situações de expansão, será necessário realizar obras de alvenaria com a finalidade de se instalar novos ramais com eletrodutos adicionais. Cada tipo de eletroduto possui uma TMOE específica, determinada pelas normas e padrões técnicos aplicáveis.

Vamos relembrar e reforçar as propriedades e vantagens dos dutos elétricos, para a sua melhor compreensão:

- Proteção física: os dutos protegem os cabos elétricos contra impactos, esmagamentos e outros danos mecânicos que possam ocorrer durante a instalação, manutenção ou uso das instalações elétricas.
- Organização: eles permitem a organização dos cabos elétricos, facilitando a identificação e o gerenciamento das conexões elétricas. Isso torna a manutenção e a solução de problemas mais eficientes.
- Segurança: os dutos de eletricidade ajudam a reduzir os riscos de incêndio, curto-círcuito e choques elétricos, isolando os cabos elétricos e mantendo-os protegidos de contato acidental com pessoas ou objetos.
- Flexibilidade: os dutos flexíveis permitem a passagem dos cabos elétricos em curvas e contornos, facilitando a instalação em locais de difícil acesso ou com trajetos complexos.

### Seção interna e seção útil de um eletroduto (área ocupada por condutores)

Na norma técnica ABNT NBR 5410:2004, encontramos as prescrições para as instalações que definem as seguintes condições:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Linhas elétricas de baixa tensão e as linhas de tensão superior a 1000 Volts não podem ser sediadas nas mesmas canalizações ou poços, a menos que sejam adotadas precauções para evitar que os circuitos de BT (baixa tensão) sejam submetidos a sobretensões.

Nos espaços de construção, nas galerias, poços etc., devem ser tomadas as medidas adequadas de precauções de segurança para evitar o incêndio e a sua propagação.

Os eletrodutos, eletrocalhas calhas e blocos (tipo alveolados) poderão conter mais de um circuito de condutores, nas situações abaixo:

- Quando as três condições estiverem atendidas simultaneamente: os circuitos pertençam à mesma instalação, isto é, se originam do mesmo dispositivo de manobra geral e proteção, sem a interposição de equipamentos que transformem a corrente elétrica; 2) as seções nominais dos condutores fase estejam contidas em um intervalo de três valores sucessivos normalizados; e 3) os condutores ou cabos devidamente isolados tenham a mesma temperatura máxima para serviço contínuo.
- na ocorrência de circuitos de força e/ou sinalização do mesmo equipamento.

Cabos unipolares e condutores isolados presentes em circuito comum precisam ser instalados bem próximos aos demais, da mesma maneira que os condutores de proteção.

Se diversos condutores estiverem juntos, em forma paralela, devem ser mantidos do mesmo jeito que os condutores em paralelo; cada grupo deverá conter um condutor de cada fase da mesma polaridade. Cada grupo de condutores deve estar instalado bem próximo uns aos outros.

## Eletrodutos com caixas de derivação e curvas

Caixas de derivação são dispositivos elétricos utilizados em instalações elétricas para abrigar conexões e facilitar a passagem de fios. Curvas para eletrodutos são peças curvas que permitem a mudança de direção dos conduites, garantindo a proteção dos cabos elétricos e facilitando a instalação em espaços diversos. Veja alguns exemplos desses acessórios nos desenhos na Figura 2.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

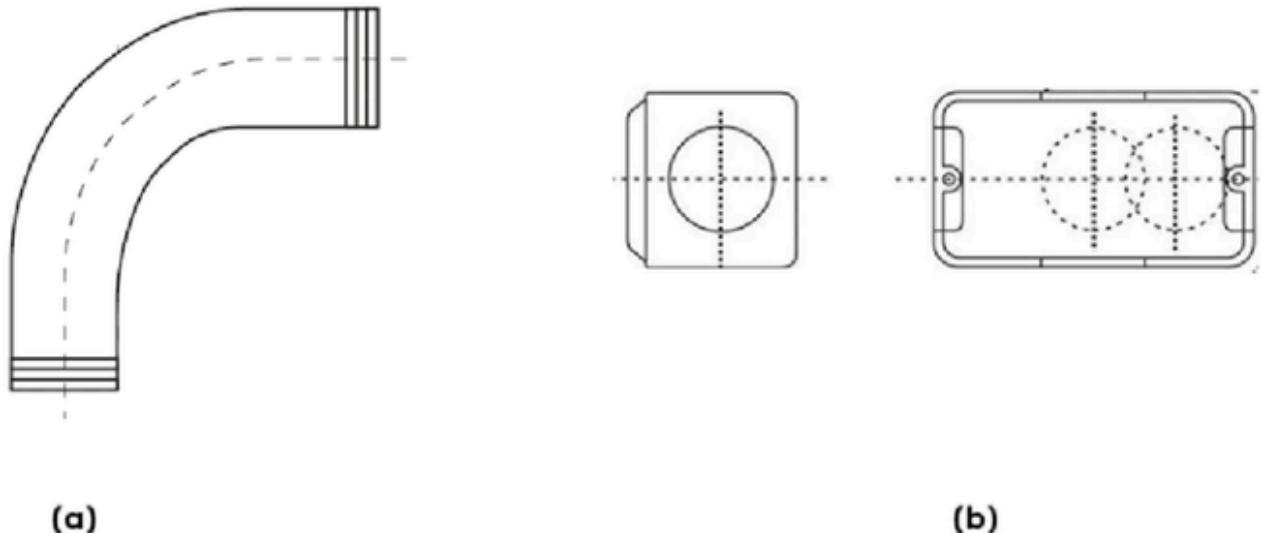


Figura 2 | Exemplos de desenhos técnicos de curvas e caixas de derivação. Fonte: elaborado pelo autor.

Existem vários tipos de curvas, que podem ser de 45º, 90º, 180º e serem curta ou longas. O mesmo ocorre para as caixas de derivação, pois elas podem ser encontradas nos mais variados tamanhos, tipos e materiais empregados (alumínio, plástico etc.).

## Vamos Exercitar?

### Quadro de Distribuição, Circuitos, Eletrodutos, Esquemas e unifilares na prática

#### TMOE na prática

Para fortalecer o entendimento sobre TMOE - Taxa máxima de ocupação de eletrodutos, vamos seguir com um exemplo de aplicação.

Temos um eletroduto que possui uma área total de 1000 mm<sup>2</sup> e, após a instalação dos condutores, resta uma área livre de 700 mm<sup>2</sup>. Nesse caso, a taxa máxima de ocupação do eletroduto seria calculada utilizando a fórmula apresentada anteriormente:

$$\text{TMOE} = (700 \text{ mm}^2 / 1000 \text{ mm}^2) \times 100$$

$$\text{TMOE} = 70\%$$

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Ou seja, a taxa máxima de ocupação desse eletroduto é de 70%, ou seja, pode-se utilizar até 70% da área total do eletroduto para acomodar os condutores. Veja o exemplo dessa ocupação na Figura 3.

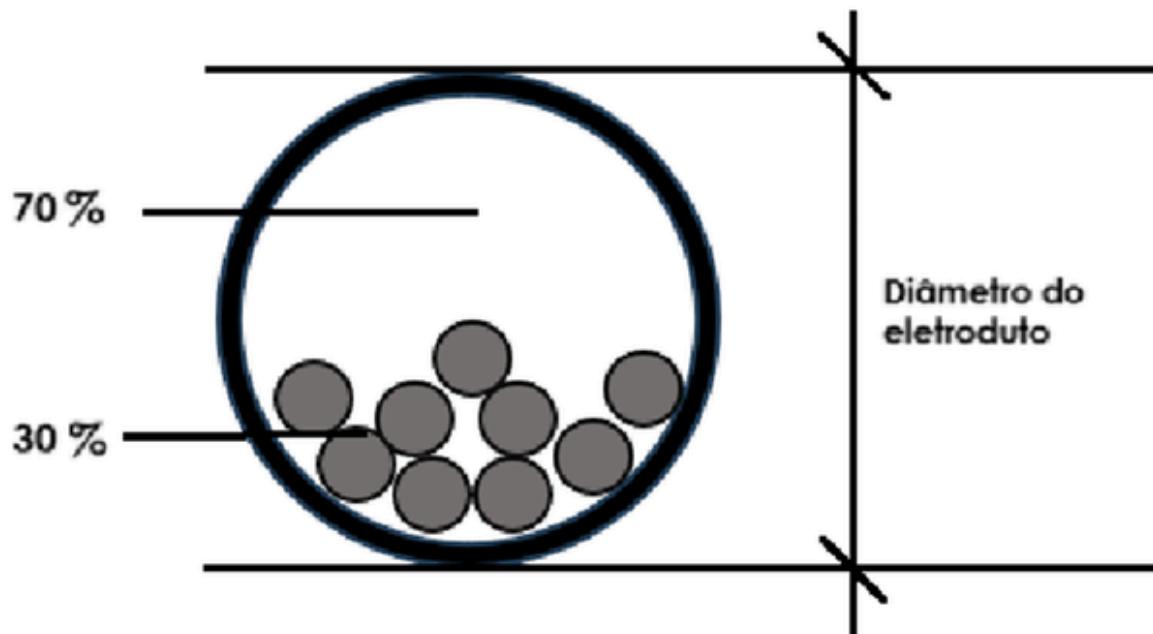


Figura 3 | Taxa de ocupação de um eletroduto. Fonte: elaborado pelo autor.

Normalmente, os eletrodutos rígidos são fornecidos em segmentos com 3m (comprimento), rosqueados e com luvas. Também podem ser de ferro galvanizado, ferro esmaltado, PVC rígido ou de alumínio.

As normas abaixo regem os eletrodutos acima descritos:

- Eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão – ABNT NBR 15465:2008.
- Eletroduto de aço-carbono, com costura, rosca NPT – ABNT NBR 5597:2013.
- Eletroduto de aço-carbono, com costura, rosca BSP – ABNT NBR 5598:2013.

Os eletrodutos que evitam a propagação de chamas e sem produção de fumaça tóxica não são exigidos para as instalações elétricas tratadas pela ABNT NBR 5410:2004. Os eletrodutos precisam suportar situações de esforços mecânicos, ações químicas, elétricas e térmicas que estiverem sendo submetidas e que não apresentem nenhum tipo de deformação.

## Aplicações de eletrodutos com caixas de derivação e curvas

As junções dos eletrodutos deverão ser realizadas por meio de cortes perpendiculares ao centro (eixo), abrindo a rosca novamente e eliminando possíveis rebarbas.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A emenda deve promover uma condutividade elétrica adequada nos eletrodutos de metal, ter resistência mecânica, vedação suficiente e regularidade na superfície interna. Não poderão ser aplicadas curvas de deflexão com ângulo maiores de 90°.

Nos trechos entre as duas caixas de derivação ou entre a extremidade e a caixa de derivação, poderão ser aplicadas, no máximo, três curvas de 90°, ou o equivalente, até no máximo 270°. Caso os condutores sediados nos eletrodutos forem fabricados com capa de chumbo, poderão ser usadas, no máximo, duas curvas de 90°.

Nos eletrodutos rígidos, poderão ser feitas curvas a frio, atentando para o fato de não reduzir a seção interna, somente até o diâmetro de 1". Acima dessa medida, só é possível a aplicação de curvas pré-fabricadas, ou a aplicação de ferramentas especiais para esta finalidade.

Nos casos de lajes pré-fabricadas, devem ser aplicadas caixas de derivação nos pontos de entrada ou saída dos condutores inseridos na tubulação, exceto nos pontos de transição ou passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, os quais, nesses casos, devem ser aplicadas buchas em todos os pontos de emenda e derivação de condutores para dividir a tubulação em trechos com tamanhos determinados.

As caixas (derivação) devem ser instaladas em pontos acessíveis e ser dotadas de tampas. No caso das caixas de saída para alimentação de cargas, elas podem ser fechadas pelas placas que foram desenvolvidas para a fixação desses equipamentos.

## Saiba mais

Normas Técnicas ABNT:

ABNT NBR 5410:2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão ABNT NBR 15465:2008 - Eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão

ABNT NBR 5597:2013 - Eletroduto de aço-carbono, com costura, rosca NPT

ABNT NBR 5598:2013 - Eletroduto de aço-carbono, com costura, rosca BSP-

Livro disponível da Biblioteca Virtual:

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 93 a 116.

## Referências

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. LTC - 15ª Edição.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

CRUZ, E.C.A.; ANICETO, L.A.. **Instalações Elétricas**. Érica - 1<sup>a</sup> Edição.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. Pearson - 5<sup>a</sup> Edição.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. **Instalações Elétricas**. LTC - 5<sup>a</sup> Edição.

## Aula 4

Luminotécnica

### Luminotécnica

#### Este conteúdo é um vídeo!



Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Nesta aula, vamos observar a importância da luminotécnica nos projetos de instalações elétricas. O correto dimensionamento da luminosidade do ambiente confere conforto, produtividade e segurança. A luminotécnica permite atuar profissionalmente em ambientes iluminados de forma a aliar os conceitos técnicos importantes em um ambiente agradável e produtivo. Abordaremos ainda os temas relevantes em luminotécnica, sendo eles:

- Espectro de radiações e grandezas luminosas.
- Tipos de lâmpada: incandescente, de descarga, eletrônica e LED.
- Luminárias e receptáculos.

### Ponto de Partida

Olá, estudante, nós desejamos boas-vindas nesta terceira unidade de aprendizado de instalações elétricas e segurança em eletricidade. Aqui, daremos ênfase na parte de iluminação.

A luminotécnica desempenha um papel crucial na concepção de ambientes iluminados de forma eficiente e esteticamente agradável. Integrando conhecimentos de física e design, essa disciplina

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

otimiza a distribuição da luz, influenciando o conforto visual, a produtividade e o bem-estar em espaços diversos.

Procure compreender ao máximo esses conceitos, pois, além de serem muito importantes, certamente serão de grande valia a sua formação e facilitar o seu desenvolvimento quando estiver atuando em projetos de luminotécnica.

## Vamos Começar!

### Conceitos em Luminotécnica

#### Espectro de radiações

A luz é uma forma de energia radiante que o ser humano percebe por meio da sua visão, do estímulo de sua retina. O olho do homem é capaz de perceber uma faixa de radiação eletromagnética de comprimento de onda entre 3.800 e 7.600 angströms. O símbolo do angström é Å, e ele é o comprimento de onda unitário e igual a dez milionésimos do milímetro.

O comprimento de onda  $\lambda$ , como mostra a Figura 1, é definido pela distância entre as duas cristas de onda, definido no gráfico espaço versus amplitude. O comprimento de onda multiplicado pela frequência é igual à velocidade da luz, que, nesse caso, é constante, conforme a equação:

$$c = \lambda \times f \quad \text{ou} \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

Em que:

$f$  = frequência em ciclos ou Hz;

$c$  = velocidade da luz (300.000 km/s ou  $3 \times 10^8$  m/s);

$\lambda$  = comprimento de onda em m (metros).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

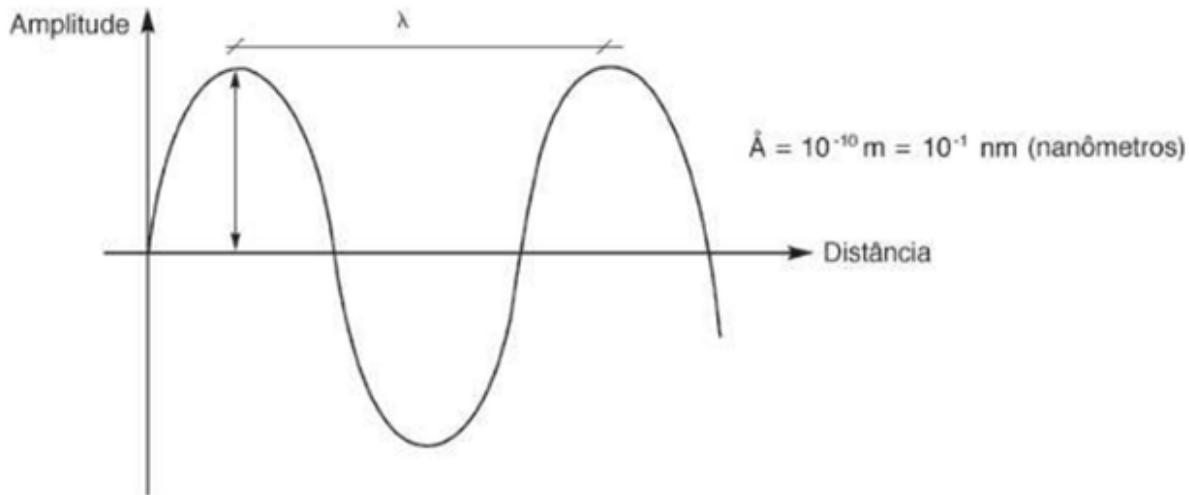


Figura 1 | Comprimentos de onda. Fonte: Creder H. (p. 409).

## Grandezas luminosas

As grandezas luminosas, ou variáveis fotométricas, são medidas e características relacionadas à luz visível percebida pelo olho humano. Elas incluem parâmetros, como intensidade luminosa, fluxo luminoso, luminância, iluminância e distribuição espectral de uma fonte de luz. Essas variáveis são fundamentais para descrever e quantificar a qualidade da iluminação em ambientes e são usadas na área de design de iluminação e engenharia luminotécnica. Podemos observar as suas definições na Tabela 1.

Variável	Unidade	Definição
I – Intensidade luminosa	Candela (cd)	Luz emitida por uma fonte ou refletida em uma superfície iluminada
F – Fluxo luminoso	Lúmen (lm)	Energia luminosa que flui a partir de uma fonte
E – Iluminamento	Lux (lx) Lúmens/m <sup>2</sup>	Quantidade de luz que incide sobre uma superfície
L – Luminância	Candela por m <sup>2</sup> (cd/m <sup>2</sup> )	Quantidade de luz emitida por uma superfície e percebida pelo olho humano
R – Reflectância	(%)	Proporção da luz refletida pela superfície em relação à

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

incidente

Tabela 1 | Variáveis fotométricas. Fonte: elaborado pelo autor.

## Tipos de lâmpada

Dependendo do tipo da lâmpada, temos uma aplicação específica e isso também pode conferir economia e conforto visual. Conhecer os diversos tipos de lâmpadas nos permite realizar o uso mais adequado em uma instalação elétrica.

### Lâmpadas incandescentes

A corrente elétrica passa por um filamento (resistência) que gera luz e calor por conta da passagem de elétrons. Temos dois tipos de filamentos: tungstênio e halogênio. Além de emitir luz e calor, esses materiais também produzem radiação infravermelha.

### Lâmpadas de descarga

Neste modelo, ocorre uma descarga no seu bulbo, como se fosse um raio, em que se produz luz quando os elétrons se chocam com as moléculas do gás existente no interior da lâmpada. Podemos dizer que as lâmpadas de descarga são mais eficientes por gerar mais luz visível com a mesma energia.

### Lâmpadas eletrônicas (LED)

Uma lâmpada de LED originalmente é um componente eletrônico que sofreu aperfeiçoamento para servir como lâmpada. Estamos falando do LED (em inglês *Lighting Emitted Diode* ou diodo emissor de luz) que produzem luz eletroluminescente.

### Luminárias

O emprego da luminária com a lâmpada oferece segurança, proteção e direcionamento do foco luminoso. O conceito de luminária é de um equipamento de iluminação completo, incluindo a fonte de luz (a lâmpada), o suporte (ou suporte), defletor, lentes, suspensão, materiais de instalação (elementos de fixação, fios e terminais), entre outros. Vide exemplo na Figura 2.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 2 | As luminárias conferem segurança e direcionamento do foco luminoso. Fonte: Freepik.

## Receptáculos

Um receptáculo para lâmpadas, comumente conhecido como soquete, é um dispositivo elétrico que permite a conexão mecânica e elétrica de uma lâmpada a um circuito elétrico. Geralmente, possui contatos metálicos que se alinham aos contatos da lâmpada, garantindo a passagem da corrente elétrica, e é projetado para aceitar diferentes tipos de lâmpadas, como incandescentes, fluorescentes ou LED. Esses receptáculos desempenham um papel fundamental na instalação e no funcionamento adequado do sistema de iluminação.

## Siga em Frente...

## Compreendendo como a Luminotécnica Está na Vanguarda da Tecnologia

### Espectro de radiações

As radiações eletromagnéticas de maior frequência são os raios cósmicos, da ordem de  $3 \times 10^{25}$  c/s, ou seja, comprimento de onda igual a:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^{25}} \times 10^{-17} \text{ m}, \quad \text{ou} \quad 10^{-7} \text{ Å}$$

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A corrente alternada em nossas instalações elétricas no Brasil tem  $f = 60$  c/s; então o comprimento é:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10} \times \frac{10^7}{2} \text{ m ou } 5.000 \text{ km}$$

Para uma estação de rádio em FM (Frequência Modulada) de 98,8 MHz, o comprimento de onda será:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{98,8 \times 10^6} = 303 \text{ m}$$

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

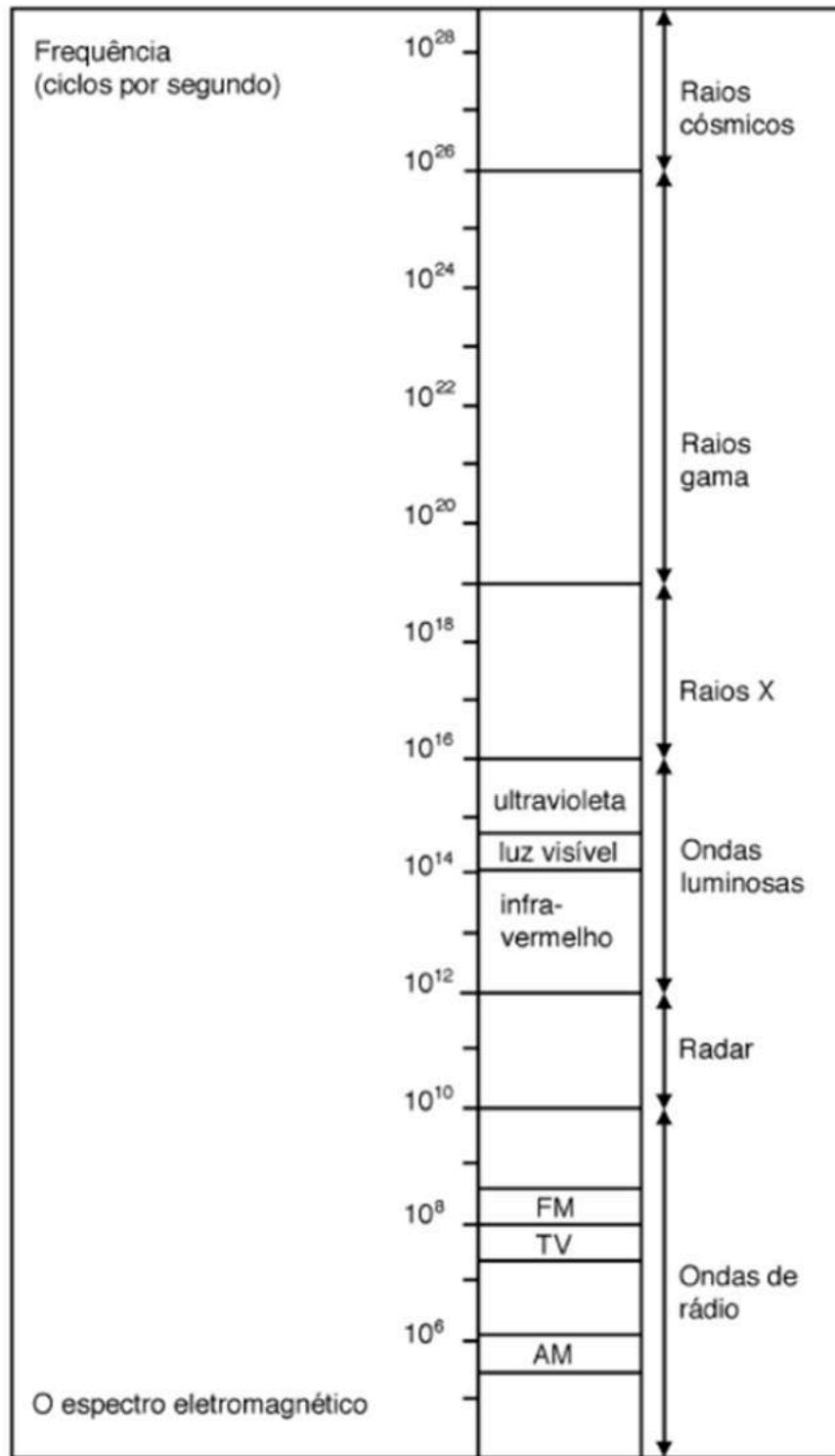


Figura 3 | Espectro eletromagnético em função da frequência (c/s). Fonte: Creder H. (p. 410).

## Grandezas luminosas

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A fórmula da lei do fluxo luminoso é igual ao iluminamento multiplicado pela área incidente:

$$F = E \cdot S = I \cdot 12,57$$

Dessa forma, a constante 12,57 representa a área total de uma esfera ( $m^2$ ) com 1 m de raio, no centro de onde se encontra a fonte luminosa com intensidade  $I$ .

A lei do iluminamento é dada pela equação:

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2}$$

No caso dos raios estiverem incidindo de forma perpendicular na superfície, o ângulo será igual a zero, portanto  $\cos \alpha = 1$ .

$$E = \frac{I}{d^2}$$

A lei da reflectância ocorre por meio na medição da proporção da luz refletida ( $L$  - luminância) em relação à luz incidente ( $E$  - iluminamento), ou seja:

$$R = \frac{L}{E}$$

O mecanismo fisiológico da visão sofre interferência direta do nível de luminância, pois a intensidade luminosa sobre os olhos age no funcionamento dos cones e os bastonetes. A quantidade de luz interfere no rendimento visual, e este tende a crescer, com o logaritmo do iluminamento a partir de 10 lux até aproximadamente 1.000 lux, enquanto a fadiga visual se reduz nessa faixa.

## Tipos de lâmpadas

Cada tipo de lâmpada possui características e modos de funcionamento específicos. Por isso, as suas aplicações são direcionadas para cada necessidade específica. Como exemplos de aplicação, temos: iluminação de um galpão de armazenamento, uma área produtiva, montagem de circuitos eletrônicos, sala de cirurgia etc. Normalmente, utilizamos as luminárias para acondicionar, proteger e direcionar os focos das lâmpadas.

## A tentativa de avanço com as lâmpadas incandescentes

Este modelo é um dos mais antigos e confere muitas perdas de energia com baixa eficiência luminosa. A indústria ainda tentou “salvar” as lâmpadas incandescentes, com o advento dos modelos halógenos, pois com o ingresso das lâmpadas eletrônicas elas vêm perdendo espaço no mercado.

## Os diversos modelos de lâmpadas de descarga

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Nesse cenário, temos alguns tipos de lâmpadas de descarga: fluorescentes, a vapor, luz mista, mercúrio, vapor de sódio, vapores metálicos etc. Cada uma delas possui uma aplicação específica, como em rodovias, calçamentos, corredores de passagens de pedestres etc.

## Outras tecnologias das lâmpadas eletrônicas (LED)

Além das lâmpadas de LED, contamos também com os painéis, LEDs, OLEDs (LEDs orgânicos) e PLEP (do inglês *Polymer Light Emission Plasma*), que utiliza uma capa de polímero. Com o aperfeiçoamento da tecnologia, nós também encontramos os LEDs em locais públicos.

## A relação das luminárias e os receptáculos

Outras aplicações para as luminárias são para os ambientes externos, inclusive conferindo a elas o IP – Índice de Proteção adequado para evitar o ingresso de materiais e líquidos, conforme nós estudamos na aula anterior. Os receptáculos podem ser utilizados independentes das luminárias, mas as luminárias precisam destes, justamente por serem os elementos que conectam fisicamente as lâmpadas na rede elétrica. Ou seja, toda luminária possui em seu interior os receptáculos para suportar fisicamente e eletricamente as lâmpadas.

## Vamos Exercitar?

### Luminotécnica na Prática

#### Espectro de radiações e grandezas luminosas

Illuminação e cores são primordiais para o trabalho, pois a maior parte das informações do ambiente é capturada por meio da visão. Para o projeto ergonômico adequado, se faz necessário realizar um planejamento adequado do iluminamento e das cores, pois isso ajuda a mitigar erros na leitura, elevar a produtividade no trabalho e melhorar a satisfação geral do trabalhador, promovendo a redução dos erros, da fadiga e dos acidentes de trabalho.

Para a realização de atividades normais de escritório, os níveis gerais de iluminamento recomendados variam de 500 lux até 700 lux. Nos casos de ambientes com iluminamento para trabalho exclusivo com computadores até é possível reduzir para níveis de cerca de 300 lux, devido ao iluminamento do próprio monitor. Porém, se o operador usa documentos que serão transcritos para os computadores, eles devem ser iluminados com 500 lux e, se a legibilidade ainda estiver prejudicada, é recomendável uma fonte de lux auxiliar de até 1.000 lux.

Superfícies muito lisas de máquinas e equipamentos podem causar brilho no campo visual ou reflexos. Para ofuscar e reduzir os reflexos, podem ser adquiridos máquinas e equipamentos com superfícies foscas ou adotar fontes de luz indiretas ou difusas, eliminando as superfícies refletoras e colocando as luminárias de modo que a luz incidente no posto de trabalho tenha ângulos menores do que 45° em relação à vertical.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

O mecanismo fisiológico da visão sofre interferência direta do nível de luminância, pois a intensidade luminosa sobre os olhos age no funcionamento dos cones e os bastonetes. A quantidade de luz interfere no rendimento visual, e este tende a crescer com o logaritmo do iluminamento a partir de 10 lux até, aproximadamente, 1.000 lux, enquanto a fadiga visual se reduz nessa faixa.

Depois desse ponto, a elevação do iluminamento não promove melhorias significativas no rendimento, porém a fadiga passa a se elevar, conforme mostra a Tabela 2.

Tipo	Iluminamento recomendado (lux)	Exemplos de aplicação
Illuminação geral de ambientes externos	5-50	Illuminação externa de locais públicos, como ruas, estradas e pátios.
Illuminação geral para locais de pouca exigência visual	20-50	Illuminação mínima de corredores, almoxarifados e estacionamentos.
	100-150	Escadas, corredores, banheiros, zonas de circulação, depósitos e almoxarifados.
Illuminação geral em locais de trabalho	200-300	Illuminação mínima de serviço. Fábricas com maquinaria pesada. Illuminação geral de escritórios, hospitais, restaurantes.
	400-600	Trabalhos manuais pouco exigentes. Oficinas em geral. Montagem de automóveis, indústria de confecções. Leitura ocasional e arquivo. Sala de primeiros socorros.
	1000*-1500*	Trabalhos manuais precisos. Montagem de pequenas peças, instrumentos de precisão e componentes eletrônicos. Trabalhos com

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

		revisão e desenhos detalhados.
Illuminação localizada	1500-2000	Trabalhos minuciosos e muito detalhados. Manipulação de peças pequenas e complexas. Trabalhos de relojoaria.
Tarefas especiais	3000-10000	Tarefas especiais de curta duração e de baixos contrastes, como em operações cirúrgicas.
(*) Pode ser combinado com a iluminação localizada.		

Tabela 2 | Níveis de iluminamento recomendados para algumas tarefas típicas. Fonte: adaptado de IIDA, Itiro (2016, p. 440).

## Aplicações das lâmpadas elétricas e luminárias

Cada tipo de lâmpada possui a sua aplicabilidade específica. Outra aplicação das luminárias se dá para ambientes agressivos (químicos, como, por exemplo, ácidos) ou petroquímicos (com risco de explosão, as luminárias são certificadas para essas áreas classificadas) para evitar centelhamentos em ambientes ricos em gases ou líquidos inflamáveis.

Normalmente, essas luminárias e os seus dispositivos de controle, bem como o material de interligação (eletrodutos, caixas de passagens, quadros de distribuição etc.) recebem certificação "Ex" para que possam ser utilizadas nesses ambientes classificados.

A unidade de medida de iluminância é o Lúmens (lm). Ele indica a quantidade de fluxo luminoso, que é a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa. Ao consultar um catálogo de lâmpadas, uma das grandezas fotométricas fornecidas pelo representante é o fluxo luminoso da lâmpada. As luminárias permitem o máximo aproveitamento do fluxo luminoso por meio de seus refletores e lentes.

## Saiba mais

Livro disponível da Biblioteca Virtual:

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. Páginas 93 a 116.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Referências

CARDOSO, Wellington Prato; SILVEIRA, Marcio Luiz Xavier da. **Instalações prediais básicas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L. B. de M. **Ergonomia**: projeto e produção. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 20 dez. 2023.

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

REIS, N. N. dos. **Instalações elétricas**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017

SQUILLANTE JÚNIOR, R. **Projeto de fábrica e instalações industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “**NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão**”, 2004.

## Aula 5

Encerramento da Unidade

### Videoaula de Encerramento

#### Este conteúdo é um vídeo!



Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

#### Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Olá, estudante!

Aqui nós encerramos a terceira unidade de aprendizado de instalações elétricas e segurança em eletricidade. Vamos ter, agora, um resumo nesta videoaula.

Nós observamos na etapa de instalações elétricas, que o dimensionamento adequado é importante para garantir o funcionamento seguro, eficiente e produtivo das operações com os sistemas

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

elétricos.

Agora, vamos rever os temas aprendidos nas aulas anteriores, com o objetivo de reforçar, em especial, os conceitos de proteção, que são elementos importantes para garantir a segurança das instalações.

Procure reforçar bem esses conceitos em dimensionamento de condutores e luminotécnica, pois, além de serem muito importantes, certamente serão de grande valia para a sua formação e para facilitar o seu desenvolvimento quando estiver realizando seu projeto de iluminação eficiente.

Vamos começar?

## Ponto de Chegada

### Dimensionando Condutores e Iluminação

#### Limites de temperatura

A corrente que flui no condutor elétrico por longos períodos em operação normal, precisa atender ao requisito de que a temperatura máxima para uma operação contínua não ultrapasse esses limites. Sendo assim, as correntes que fluem nos cabos condutores não devem ser superiores aos valores indicados na norma ABNT NBR 5410, e que também estão sujeitos aos fatores de correção.

#### Queda de tensão

As quedas de tensão admissíveis determinadas em percentagem da tensão nominal ou de entrada, de acordo com a equação abaixo:

$$\text{Queda de tensão (e\%)} = \frac{\text{Tensão de entrada} - \text{Tensão da carga}}{\text{Tensão de entrada}} \times 100$$

Por meio da norma NBR 5410:2004, admite-se os seguintes valores de quedas de tensão, conforme mostra a Figura 1.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

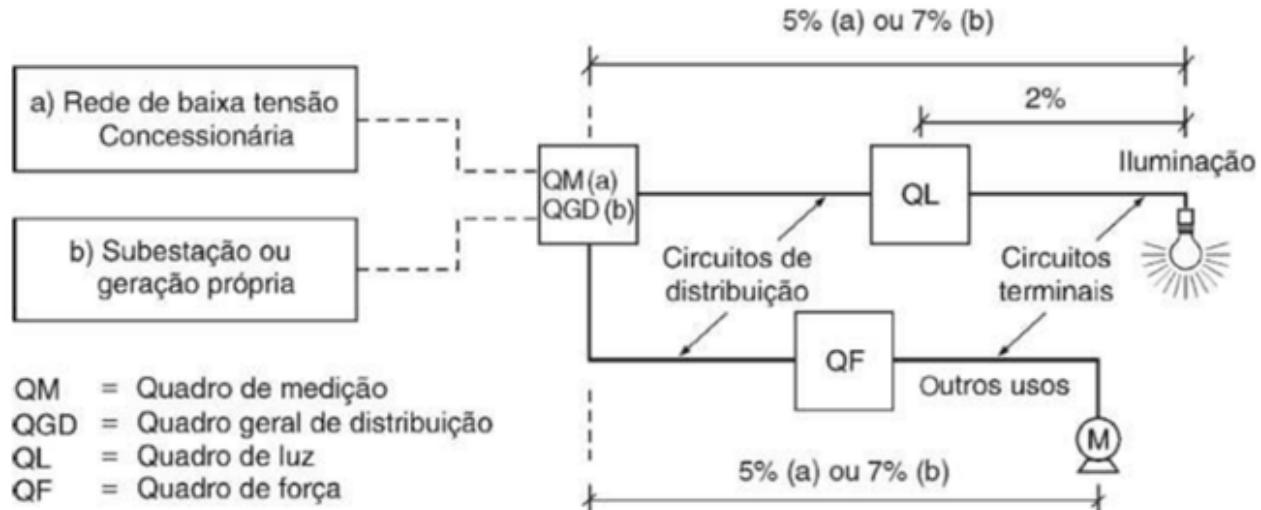


Figura 1 | Quedas de tensão admissíveis. Fonte: Credre H. (p.129).

- para instalações com alimentação direta por meio de um ramal de baixa tensão, a partir da rede de distribuição pública de BT - baixa tensão: 5%;
- em instalações com alimentação direta por meio de uma subestação com transformador próprio a partir de uma instalação de AT - alta tensão ou que possuam fonte geradora própria: 7%.

Nota: em circuitos trifásicos, devemos substituir 2 por  $\sqrt{3}$  e V pelo valor de tensão fase-fase.

As Tabelas 1 e 2 fornecem as quedas de tensão percentuais para os alimentadores e ramais em função das distâncias e potências utilizadas, medidas em watts ou VA, para circuitos monofásicos e bifásicos, com fator de potência unitário.

## Bloco 1

mm <sup>2</sup>	Queda de tensão (%)		
	1%	2%	3%
1,5	7016	14032	21048
2,5	11694	23387	35081
4	18710	37419	56129
6	28064	56129	84193

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

10	46774	93548	140322
16	74839	149677	224516
25	116935	233871	350806
35	163709	327419	491128
50	233871	467741	701612
70	327419	654837	982256
95	444354	888708	1333062

**Bloco 2**

Queda de tensão (%)	
5%	
28064	35081
46774	58468
74839	93548
112258	140322
187096	233871
299354	374193
467741	584676
654837	818547
935483	1169353
1309674	1637093
1777416	2221770

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Tabela 1 | Soma das potências em watts × distância em metros V = 127 volts. Fonte: Creder, H. (p.130).

## Bloco 1

mm <sup>2</sup>	Queda de tensão (%)		
	1%	2%	3%
1,5	21.054	42.108	63.162
2,5	35.090	70.180	105.270
4	56.144	112.288	168.432
6	84.216	168.432	252.648
10	140.360	280.720	421.080
16	224.576	449.152	673.728
25	350.900	701.800	1.052.700
35	491.260	982.520	1.473.780
50	701.800	1.403.600	2.105.400
70	982.520	1.965.040	2.947.560
95	1.333.420	2.666.840	4.000.260

## Bloco 2

Queda de tensão (%)	
5%	
84.216	105.270
140.360	175.450
224.576	280.720

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

336.864	421.080
561.440	701.800
898.304	1.122.880
1.403.600	1.754.500
1.965.040	2.456.300
2.807.200	3.509.000
3.930.080	4.912.600
5.333.680	6.667.100

Tabela 2 | Soma das potências em watts × distância em metros V = 220 volts (2 condutores). Fonte: Creder, H. (p.130 e 131).

Nota: para circuitos trifásicos, multiplicar as distâncias por  $\sqrt{3} / 2 = 0,866$ .

## Seções mínimas dos condutores fase, neutro e de proteção

Para o dimensionamento da seção mínima do condutor fase, a avaliação ocorre de acordo com a utilização do circuito. O condutor neutro deve possuir a mesma seção do condutor fase. Caso o circuito (trifásico) esteja equilibrado com o neutro e for constituído do mesmo material (metal) e o condutor neutro estiver devidamente protegido contra a sobrecorrente, a sua seção poderá ser reduzida em relação aos condutores fase. Nos casos dos condutores de fase com até 16 mm<sup>2</sup>, a norma indica que a seção do condutor de proteção precisa seguir a mesma seção do condutor fase. Podemos exemplificar o caso que se o condutor fase possui seção nominal de 4,0 mm<sup>2</sup>, o condutor de proteção também precisará ser de 4,0 mm<sup>2</sup>.

## Coordenação: condutores e dispositivos de proteção

Para proteção contra sobrecargas deve haver uma coordenação entre os condutores e os dispositivos, que deve atender às duas condições abaixo:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad \text{e} \quad I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

## Critérios para a capacidade de condução de corrente

A capacidade de condução de corrente dos condutores possui um componente importante a ser observado no seu dimensionamento, que é o limite de temperatura. Este é utilizado para garantir a

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

vida útil dos condutores e de suas isolações, que estão sujeitos aos efeitos de temperatura por causa das correntes próximas às capacidades de condução de correntes respectivas, durante longos períodos de operação.

## Dimensionamento de proteção contra as correntes de sobrecarga e de curto-círcuito

Basicamente podemos mencionar dois dispositivos que atuam na proteção contra as correntes de sobrecarga e curto-círcito: o fusível e o disjuntor. O fusível protege contra as correntes de curto-círcito e sobrecarga, porém o seu uso não é indicado para sobrecargas leves e moderadas, devido à sua característica de atuação (tempo) x corrente não ajustável. Esses dispositivos fusíveis atuam interrompendo a circulação de corrente, pela fusão de uma parte dimensionada para tal função, parte esta denominada de elo fusível. Essa interrupção ocorre quando a corrente excede o valor estabelecido durante um intervalo de tempo determinado, causando, dessa forma, a elevação da temperatura no fusível até a sua fusão.

## Dimensionamento de proteção contra os choques elétricos

A ABNT NBR 5410/2004 estabelece diversos critérios e requisitos que devem ser atendidos para proteção contra os choques elétricos. Esses choques elétricos podem ser ocasionados por contato direto, quando pessoas ou animais entram em contato com condutores ou partes condutoras das instalações elétricas (denominadas "partes vivas"), ou por meio de contato indireto, quando pessoas ou animais entram em contato com uma massa que ficou em condições de falta, e assim os dispositivos de proteção deverão ser dimensionados a fim de atender a esses aspectos.

## Taxa máxima de ocupação de eletrodutos

Os eletrodutos que são elementos que acondicionam os cabos condutores, assim como as electrocalhas e outros elementos de proteção física. Para tanto, calculamos a TMOE, conforme abaixo:

$$TMOE = \frac{\text{Área Livre}}{\text{Área Total}} \times 100$$

## Seção interna e seção útil de um eletroduto (área ocupada por condutores)

Após as montagens dos circuitos, as sessões internas dos dutos elétricos, bem como de suas conexões, precisam garantir a instalação e a remoção fácil dos seus condutores.

Sendo assim, a área máxima ocupadas pelos condutores e o isolamento, deverá representar:

- 53% para um condutor.
- 31% para dois condutores.
- 40% para três ou mais condutores.

## Eletrodutos com caixas de derivação e curvas

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Caixas de derivação e curvas para eletrodutos são elementos essenciais em instalações elétricas. As caixas de derivação são caixas de conexão para organizar e proteger fios, enquanto as curvas para eletrodutos são peças que facilitam a passagem de cabos em ângulos, garantindo uma instalação elétrica segura e eficiente.

## Espectro de radiações

A luz é uma forma de energia radiante que o ser humano percebe através da sua visão, por meio do estímulo de sua retina. O olho do homem é capaz de perceber uma faixa de radiação eletromagnética de comprimento de onda entre 3.800 e 7.600 angströms. O símbolo do angström é Å, e ele é o comprimento de onda unitário igual a dez milionésimos de milímetro.

## Grandezas luminosas

As grandezas luminosas ou variáveis fotométricas são medidas e características relacionadas à luz visível percebida pelo olho humano. Elas incluem parâmetros, como intensidade luminosa, fluxo luminoso, luminância, iluminância e distribuição espectral de uma fonte de luz. Veja mais detalhes na Tabela 3:

Variável	Unidade	Definição
I – Intensidade luminosa	Candela (cd)	Luz emitida por uma fonte ou refletida em uma superfície iluminada
F – Fluxo luminoso	Lúmen (lm)	Energia luminosa que flui a partir de uma fonte
E – Iluminamento	Lux (lx) Lúmens/m <sup>2</sup>	Quantidade de luz que incide sobre uma superfície
L – Luminância	Candela por m <sup>2</sup> (cd/m <sup>2</sup> )	Quantidade de luz emitida por uma superfície e percebida pelo olho humano
R – Reflectância	(%)	Proporção da luz refletida pela superfície em relação à incidente

Tabela 3 | Variáveis fotométricas. Fonte: elaborado pelo autor.

## Tipos de lâmpadas

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Dependendo do tipo da lâmpada, temos uma aplicação específica e isso também pode conferir economia e conforto visual. Os tipos mais comuns são: incandescentes, LED e de descarga.

## Luminárias e receptáculos

O emprego da luminária com a lâmpada oferece segurança, proteção e direcionamento do foco luminoso. O conceito de luminária é de um equipamento de iluminação completo, incluindo a fonte de luz (a lâmpada), o soquete (ou receptáculo), defletor, lentes, suspensão, materiais de instalação (elementos de fixação, fios e terminais), entre outros. Vide exemplo na Figura 2.



Figura 2 | As luminárias conferem segurança e direcionamento do foco luminoso. Fonte: Freepik.

## É Hora de Praticar!

Olá, estudante!

Imagine que você é o responsável pelos cálculos de queda de tensão de uma nova instalação elétrica com dois circuitos, que alimentam o pátio 3 da montadora de veículos pesados em que você trabalha.

Para isso, precisamos revisar dois temas práticos importantes no dimensionamento de alguns itens relevantes a respeito de queda de tensão.

Para realizar o dimensionamento do alimentador e dos ramais dessa nova área da fábrica, contamos com dois circuitos e fornecimento em 127 V (trifásico a 4 fios), conforme o esquemático da figura abaixo.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

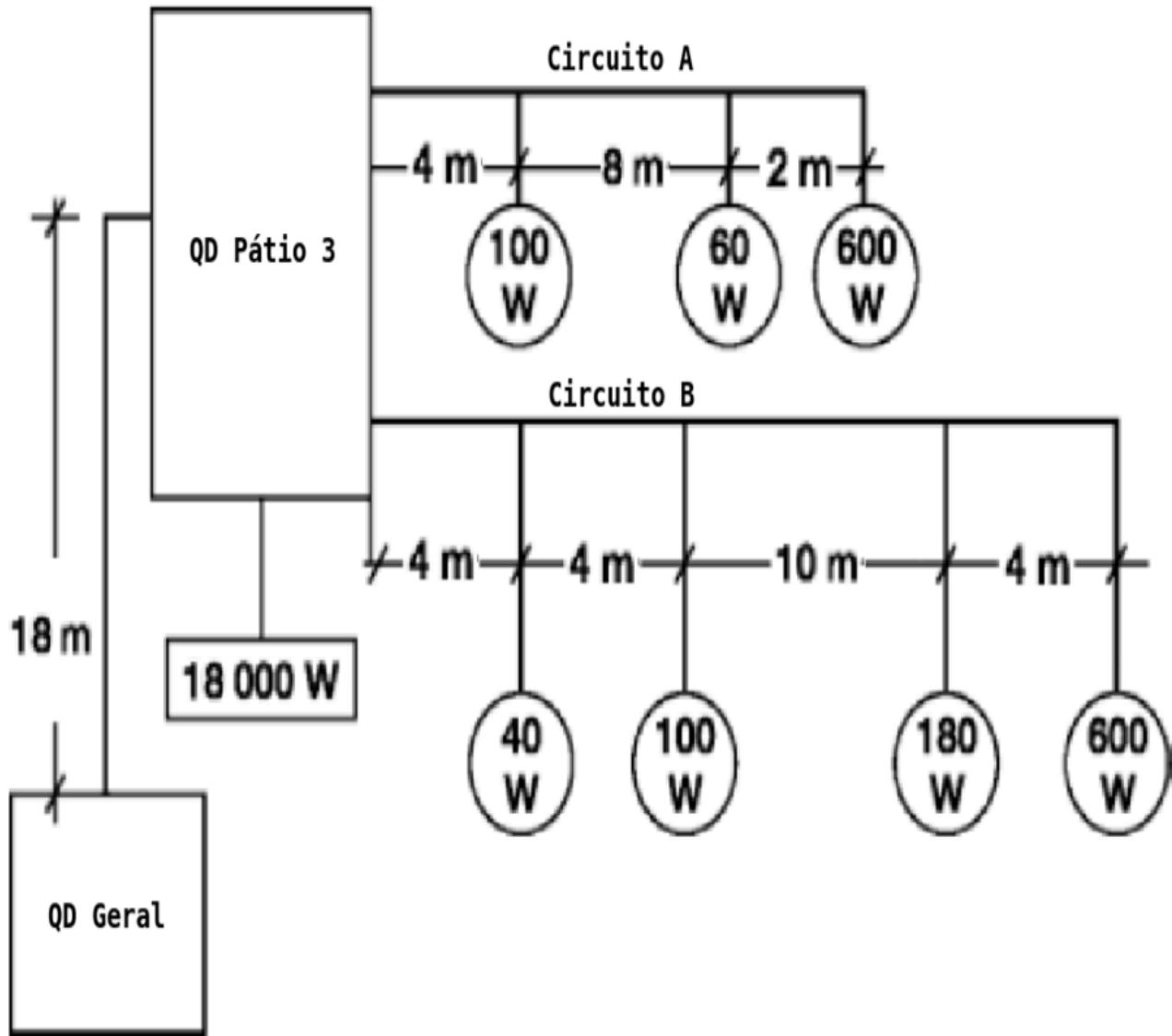


Figura 3 | Esquemático de ligação elétrica de uma nova área na fábrica de carros. Fonte: elaborado pelo autor.

## Qual é a sua missão?

A sua missão é desenvolver e apresentar respostas, os resultados e as memórias de cálculo para os itens a seguir:

1. Somatório das potências do Circuito A em Wm.
2. Dimensionamento do cabo condutor para o Circuito A e a queda de tensão admissível.
3. Somatório das potências do Circuito B em Wm.
4. Dimensionamento do cabo condutor para o Circuito B e a queda de tensão admissível.
5. Apresente o cálculo para o dimensionamento do alimentador.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

O dimensionamento dos condutores, considerando a queda de tensão admissível, é crucial para garantir a eficiência e a segurança em sistemas elétricos. Minimizar perdas e assegurar a entrega de energia adequada são objetivos fundamentais nesse processo, visando a operação otimizada e a preservação dos equipamentos conectados.

Os equipamentos que usam energia elétrica são desenvolvidos para operar a determinadas tensões, porém existe uma pequena tolerância que precisa ser observada. Essas quedas de tensão se dão em função da distância entre a carga e o medidor e a potência da carga. A queda de tensão aceitável em equipamentos elétricos é essencial para garantir o seu melhor desempenho. Manter a tensão dentro de limites aceitáveis assegura a operação eficiente, prolonga a vida útil dos dispositivos e previne falhas de funcionamento.

Diante desse cenário, reflita:

- O que poderia acontecer com uma operação elétrica sem a verificação correta dos critérios de queda de tensão em um dimensionamento de condutores?
- Que resultado poderíamos ter se não fossem levadas em conta as capacidades de carga dos condutores para o seu dimensionamento?

Além disso, a luminotécnica desempenha papel crucial na concepção de ambientes iluminados de forma eficiente e esteticamente agradável. Integrando conhecimentos de física e design. Essa disciplina otimiza a distribuição da luz, influenciando o conforto visual, a produtividade e o bem-estar em espaços diversos.

Sendo assim, vamos refletir:

- O que seriam das operações industriais, se não forem levados em conta os aspectos luminotécnicos em suas plantas fabris?
- Será que os custos operacionais poderiam ser elevados se fossem escolhidos os tipos inadequados de lâmpadas e luminárias?

Olá estudante, chegamos ao encerramento da unidade!

Vamos realizar a experiência presencial que irá consolidar os conhecimentos adquiridos? É a oportunidade perfeita para aplicar, na prática, o que foi aprendido em sua disciplina. Vamos transformar teoria em vivência e tornar esta etapa ainda mais significativa. Não perca essa chance única de colocar em prática o conhecimento adquirido.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



**CONDUTORES E LUMINOTÉCNICA**

**Dimensionamentos**

**Condutores**

Limites de temperatura, queda de tensão, seções mínimas dos condutores, capacidade de condução de corrente, limite da queda de tensão e seções mínimas dos condutores elétricos

**Proteção**

Sobrecorrente, corrente de sobrecarga, corrente de curto-círcuito e choques elétricos

**Eletrodutos**

TMOE, seção interna, seção útil, caixas de derivação e curvas

**Luminotécnica**

Espectro de radiações e grandezas luminosas, Tipos de lâmpada Luminárias e receptáculos

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 15. ed. Barueri: LTC, 2007.

CRUZ, E.C.A.; ANICETO, L.A. **Instalações elétricas**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. **Instalações elétricas**. 5. ed. Barueri: LTC, 2008.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

NUNES, B. M. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. p. 93-116.

## Unidade 4

SPDA

### Aula 1

Proteção Contra Descargas Atmosféricas;

#### Proteção Contra Descargas Atmosféricas



##### Este conteúdo é um vídeo!

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

#### Estudante

Neste vídeo, será abordada a geração de descargas atmosféricas, os danos que podem ser causados por elas e como podemos nos proteger e proteger nosso patrimônio delas.

Existe na norma NBR 5419 uma classificação de graus de proteção em função do que desejamos proteger, se uma casa, um teatro, um prédio etc.

Com base nessa classificação, teremos elementos para escolher o melhor tipo construtivo de SPDA.

É importante saber que mesmo um bom SPDA não garante que haja 0% de danos.

Os danos podem ser patrimoniais com destruição e, também, podem fazer desligar linhas de transmissão (por indução de sobretensão) com prejuízos para toda a coletividade.

#### Ponto de Partida

Vamos, primeiro, compreender o que são raios e como eles se formam.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Os raios são provenientes do atrito entre nuvens.

As nuvens são formadas de vapor d'água, com radicais OH-. Ao se atritar por efeito dos ventos, carregam-se positiva ou negativamente.

São estabelecidos potenciais em relação ao potencial de terra, rompendo-se a rigidez dielétrica do ar, e então ocorrem os raios.

Tanto para residências quanto para comércios, os prejuízos vindos de descargas atmosféricas podem ser grandes. Dentre eles, temos danos estruturais, perdas de eletrodomésticos, motores e equipamentos industriais elétricos, transformadores, explosões e incêndios, por exemplo.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), em sua NBR 5419, classifica o nível de proteção que devem estar sujeitas as instalações, em função do risco à propriedade e à vida humana.

Além da destruição que podem causar em edificações e instalações em geral, existe o risco de choque em seres humanos. Entre as consequências do choque elétrico, podemos citar formigamentos e até a morte.

Quando se estabelece uma diferença de potencial entre dois pontos do corpo humano, flui uma corrente elétrica entre eles, a qual pode até vir a causar óbito.

O SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) é um conjunto de estruturas e soluções que tem a função de proteger pessoas e construções diversas das ações dos raios. No SPDA, o projeto é feito para que haja captação e dissipação das descargas atmosféricas até a terra, em caminho seguro.

## Vamos Começar!

### Descargas atmosféricas

#### As descargas atmosféricas, seus efeitos e dispositivos de proteção

##### O que são

Descargas atmosféricas são descargas elétricas de grande extensão (alguns quilômetros) e de grande intensidade (picos de intensidade de corrente acima de 1 Kiloampere), que ocorrem devido à formação de cargas elétricas nas nuvens e entre elas.

A descarga inicia quando o campo elétrico produzido por essas cargas excede a rigidez dielétrica do ar em um local na atmosfera.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Quebrada a rigidez, tem início um rápido movimento de elétrons de uma região de cargas negativas para uma região de cargas positivas.

Existem diversos tipos de descargas, classificadas em função do local no qual se originam e do local em que terminam (INPE,2023).

## Tipos de descargas

### Nuvem-ionosfera

Estudos realizados nas décadas de 1980 e 1990 permitiram identificar que há uma série de descargas atmosféricas que ocorrem na parte superior das nuvens *cúmulus-nimbus* em direção à ionosfera (camada superior da atmosfera).

### Intra-nuvem

É o tipo mais comum de descarga elétrica na atmosfera. Ocorre entre duas cargas opostas na mesma nuvem.

### Nuvem-nuvem

Ocorre quando há uma descarga elétrica entre duas cargas elétricas opostas, presentes em duas nuvens que estão a uma certa distância uma da outra.

### Nuvem-terra

Ocorre quando há transferências de cargas elétricas entre a atmosfera e a terra. A maioria dessas descargas ocorre das nuvens para a terra (descargas descendentes), mas também é possível que ocorram da terra para as nuvens (descargas ascendentes), de acordo com o potencial elétrico da nuvem em relação ao potencial de terra (mais positivo ou mais negativo do que a terra).

Essas descargas representam um perigo maior para pessoas e bens materiais, em comparação com outros tipos de descargas (SURA, 2023).

O país dos raios! O nosso país é o líder mundial em registros de descargas atmosféricas, registrando em média quase 80 milhões de incidências por ano, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Elétricas (INPE). Na Figura 1 vemos a distribuição espacial no Brasil, da incidência de descargas atmosféricas.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

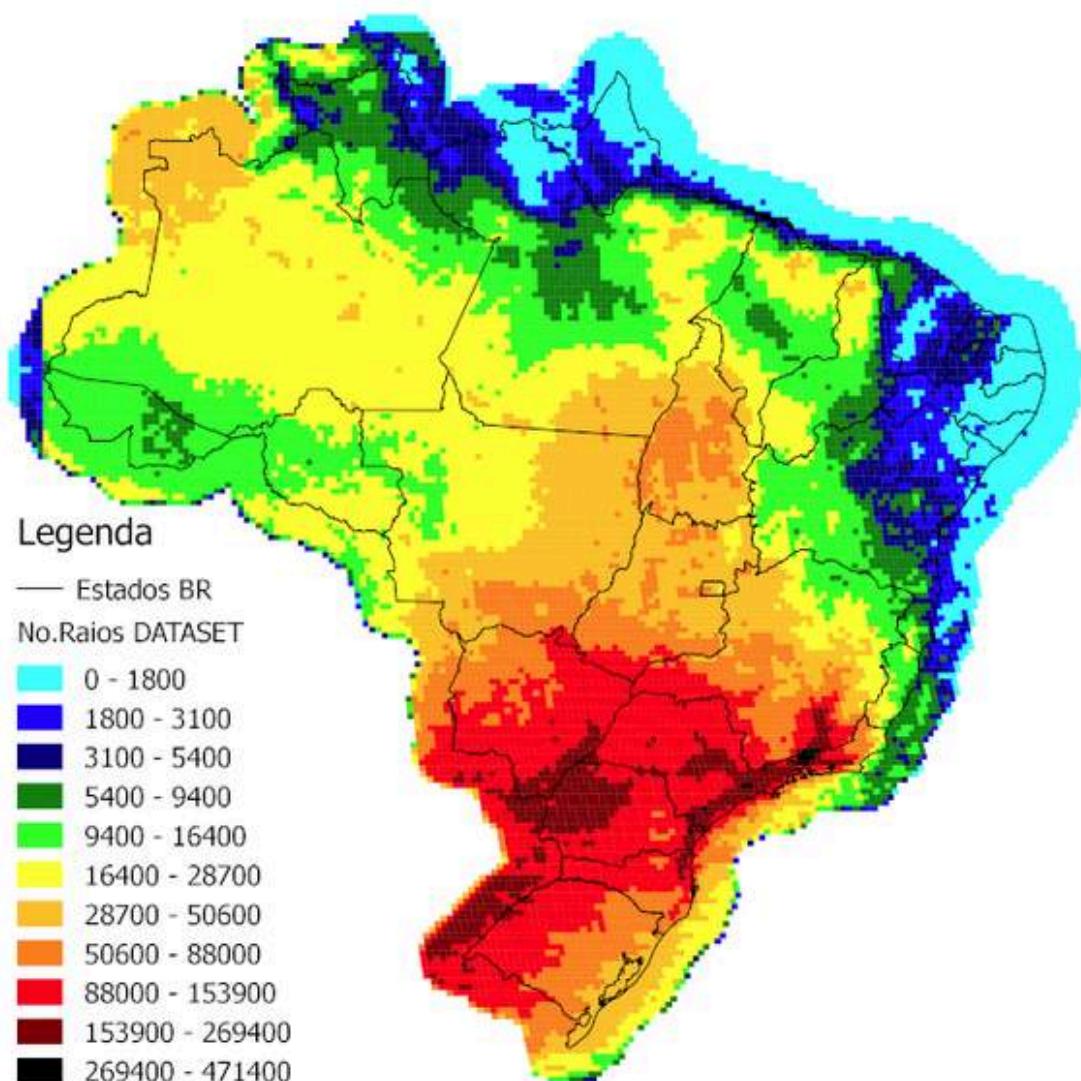


Figura 1 | Densidade de descargas atmosféricas no Brasil - Biênio 2018-2019. Fonte: INPE, 2020.

## Onde caem

As descargas atmosféricas podem se dar em:

Árvores;

Montes e regiões elevadas;

Pastos e áreas planas;

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Riachos;

Cercas rurais.

O uso de cerca elétrica em propriedades rurais está aumentando cada vez mais no Brasil, sendo uma prática fortemente recomendada pela sua eficiência e economia quando comparada a utilização de cercas convencionais no piqueteamento das pastagens. No entanto, o seu local de instalação deve ser longe de locais de trânsito público. Esse tipo de cerca requer o uso de aterramento, pois no pasto, pode haver descargas que atinjam o gado, caso se encontre próximo a elas (Scarpa, 2017).

O aterramento é uma forma de desviar a descarga atmosférica para terra.

## Como se proteger

Torna-se necessário para a confecção de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas, ter como medir a resistência ou resistividade de terra.

Conforme a NBR 7117 (2020), temos que a resistividade do solo é a resistividade equivalente de um volume de solo, incluindo o efeito conjunto dos minerais e rochas contidos nesse volume, além dos fluidos contidos nos poros e fissuras ali existentes. Assim, calcularemos o quanto cada camada desse solo se opõe à passagem de corrente elétrica. Resistividade entre faces opostas do volume de um determinado material, com formato de um cubo de aresta unitária. Seu valor é dado em  $\Omega \cdot M$ . O solo é constituído por várias camadas com resistividade e espessura própria, geralmente de forma heterogênea, sendo que o seu valor pode variar de local para local em função do tipo de solo, do nível de umidade, da profundidade das camadas, da idade da formação geológica, da temperatura e de outros fatores naturais. Elementos externos também podem influenciar, como a contaminação do solo.

O solo em geral é formado por várias camadas, sendo que cada uma delas possui um valor determinado de resistividade e de espessura. A determinação desses valores e a estratificação do solo são muito importantes para o cálculo das características do sistema de aterramento, essenciais para o desenvolvimento dos projetos e estudos. Ao se fazer um projeto de malha de aterramento é necessário colocar as hastes e/ou cabos no solo. Fazer isto sem saber qual é a camada de menor resistividade, isto é, camada que dissipava melhor a corrente elétrica, pode fazer com que surja uma resistência mais elevada que o desejado. Por isso, o estudo do solo é de tamanha importância e com ele podemos otimizar a eficiência da malha de aterramento (Silva; Jefté; Luiz Cortez; Pedro Silva, 2022).

Para estudarmos o solo e as suas camadas é necessário, em primeiro momento, realizar a coleta de valores em campo e estratificar o solo em camadas.

Como mostrado anteriormente, as descargas atmosféricas podem danificar seriamente o patrimônio e vitimar as pessoas e animais, caso estes se encontrem dentro do campo elétrico formado entre a nuvem e o solo e sejam diretamente atingidos.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Mesmo com a instalação de um sistema de para-raios, há sempre a possibilidade de falha desse sistema, podendo a construção protegida, neste caso, ser atingida por uma descarga atmosférica. A NBR 5419/01 determina quatro níveis de proteção com base nos quais devem ser tomadas decisões de projeto mais ou menos severas.

## Níveis de proteção

Os níveis de proteção estão assim definidos:

Nível I: é o nível mais severo quanto à perda de patrimônio. Construções protegidas, cuja falha no sistema de para-raios pode provocar danos às estruturas adjacentes, tais como as indústrias de modo geral, de materiais explosivos, usinas elétricas etc.

☒ Nível II: refere-se às construções protegidas, cuja falha no sistema de para-raios pode ocasionar a perda de bens de estimável valor ou provocar pânico aos presentes, porém sem nenhuma consequência para as construções adjacentes. Enquadram-se neste nível os museus, teatros, hospitais etc.

☒ Nível III: refere-se às construções de uso comum, tais como prédios residenciais, lojas e indústrias de manufaturados simples.

☒ Nível IV: refere-se às construções em que não é rotineira a presença de pessoas. São feitas de material não-inflamável, sendo o produto armazenado nelas de material não-combustível, tais como armazéns de concreto para produtos de construção (MEDINA, L.; LINS, L.; LIMA, G., 2023).

O aterramento é uma forma de desviar a descarga atmosférica para terra.

Quanto ao ser humano: a impedância do corpo humano apresenta-se em torno de 300 a 600  $\Omega$  e a energia média transferida em uma descarga negativa é de

$$5 \times 10^4 A^2 s$$

$$2 \times 10^4 kJ$$

**Siga em Frente...**

## Descargas Atmosféricas e SPDA

**As descargas atmosféricas e como nos protegermos**

**As descargas atmosféricas**

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Nesta aula, abordaremos a questão da formação das descargas atmosféricas, pela eletrização das nuvens, compostas por vapor d'água. Temos a questão de correntes de ar promovendo fricção na crosta terrestre e ionizando-a. Nesse caso, a Terra pode ficar mais positiva ou mais negativa do que as nuvens acima, por isso não podemos dizer que um raio vá sempre da Terra para nuvem, ele pode ir na direção inversa, caso a nuvem esteja mais negativa em relação à Terra.

O Brasil com seu clima úmido e tropical, é mais propício a essas eletrizações, devido a maior presença de vapor d'água acima do solo. Os raios assim gerados apresentam alta tensão, podendo chegar até 100 kV, com duração muito pequena, ou seja, em torno de 200 ms. Também com relação à corrente elétrica, esta vai depender da resistência da Terra. Em alguns casos são correntes da ordem de Kiloampères, apesar do tempo curto.

Uma descarga desse nível pode criar um potencial elevado no local onde caiu, e induzir sobretensão em equipamentos elétricos próximos. É por isso que nos aconselham a desligar os aparelhos das tomadas numa tempestade, e por esse motivo também que se queimam aparelhos eletrodomésticos.

Também pode ser induzida eletromagneticamente uma sobretensão em equipamentos, como transformadores, reguladores de tensão, linhas de transmissão etc.

O aterramento é uma forma de desviar a descarga atmosférica para a Terra.

Quanto ao ser humano: a impedância do corpo humano apresenta-se em torno de 300 a 600  $\Omega$  e a energia média transferida em uma descarga negativa é de

$$5 \times 10^4 A^2 s$$

$$2 \times 10^4 kJ$$

O solo em geral é formado por várias camadas, sendo que cada uma delas possui um valor determinado de resistividade e de espessura. A determinação desses valores e a estratificação do solo são muito importantes para o cálculo das características do sistema de aterramento, essenciais para o desenvolvimento dos projetos e estudos.

## Níveis de proteção

Mesmo com a instalação de um sistema de para-raios, há sempre a possibilidade de falha desse sistema, podendo a construção protegida, nesse caso, ser atingida por uma descarga atmosférica. A NBR 5419/01 determina quatro níveis de proteção com base nos quais devem ser tomadas decisões de projeto mais ou menos severas.

Classificação da estrutura	Tipo de estrutura	Nível de Proteção (SPDA)
----------------------------	-------------------	--------------------------

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Estruturas comuns	Teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas e igrejas	II
	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais, e outros	
	Hospitais, casa de repouso e prisões	
	Museus, locais arqueológicos	
	Residências e indústrias	III
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	III ou IV
Estruturas com risco confinado	Estações de telecomunicação, usinas elétricas, indústrias com risco de incêndio	I
Estruturas com risco para os arredores	Refinarias, postos de combustíveis fábrica de fogos, fábricas de munição	
Estruturas com risco para o meio ambiente	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios químicos	

Tabela 1 | Classificação das estruturas e seu nível de proteção de SPDA. Fonte: NBR 5419:2015-1 (2015).

Para termos um SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas), torna-se necessário conhecermos a resistência de terra, pois o caminho elétrico que estabelecemos para a descarga atmosférica apresentará uma resistência.

## Como medir a resistência de terra

O arranjo de Wenner possui como finalidade realizar o levantamento da curva de resistividade do solo, para estratificar o solo e dessa forma dimensionar o projeto de maneira acurada. Para essa

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

finalidade, vamos precisar do equipamento necessário para realizar a medição, chamado termômetro de quatro estacas (SILVA, J. C. da.; SILVA, J. de L.; SILVA, S. J. da., 2022).



Figura 2 | Exemplo de termômetro de quatro pontas. Fonte: (SILVA et al. 2022), página 20.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

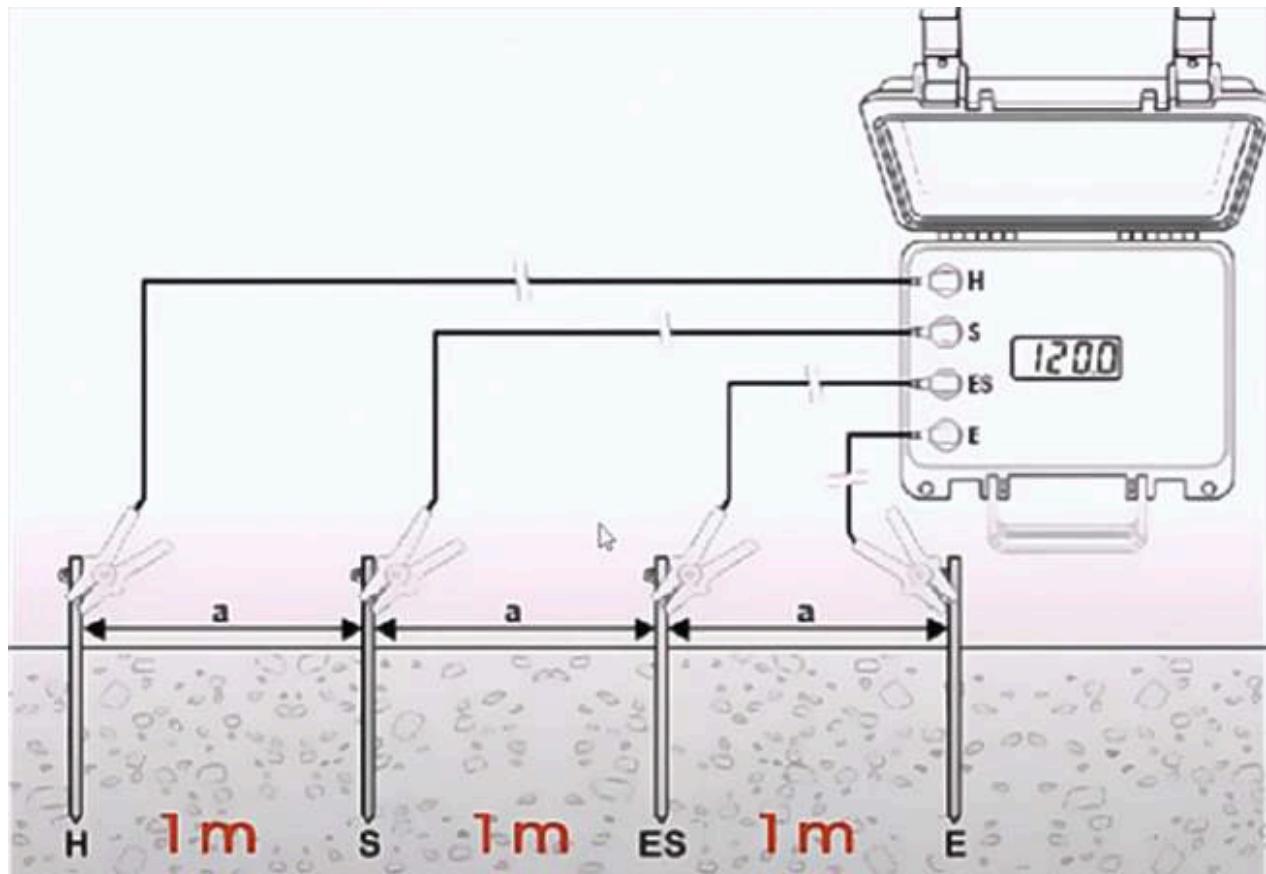


Figura 3 | Terrômetro e o método dos 4 pontos, ou melhor, método de Wenner. Fonte: (SILVA et al. 2022), página 20.

Na Figura 4, temos o arranjo para a medição de resistividade de terra:

Arranjo físico com o termômetro:

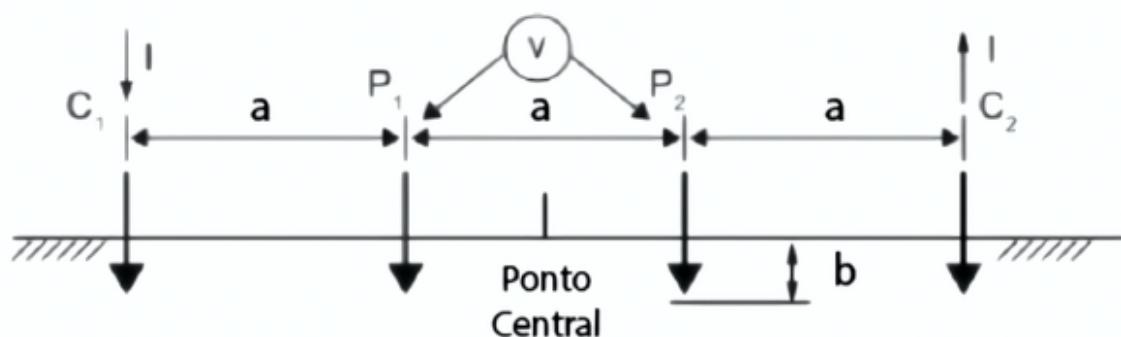


Figura 4 | Método dos 4 pontos. Fonte: (SILVA et al. 2022), página 21;

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

C1 e C2 são os eletrodos de corrente [12]. A tensão é medida entre p1 e p2 do arranjo, sendo “a” a distância entre os eletrodos adjacentes e “b” a profundidade de cravos. A resistividade em função de “a” e “b” é dada por:

São utilizados quatro eletrodos posicionados em uma linha reta em intervalos “a”, enterrados em uma profundidade que não exceda 10% de “a”. Quando “b” é  $\leq a/10$ , a equação pode ser simplificada pela seguinte fórmula:  $P(a) = 2\pi \cdot a \cdot (V/I)$ , sendo a fórmula exata:

$$p = \frac{4 \cdot \pi \cdot a \cdot \left(\frac{V}{I}\right)}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2+4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}}$$

É necessário realizar diversas medições com diversos espaçamentos entre eletrodos para a obtenção da variação da resistividade com a profundidade (SILVA, J.; CORTEZ, L.; SILVA, P., 2022).

Essa resistividade não é uniforme, portanto devem ser feitas várias medições, em camadas diferentes do solo, até chegar-se a uma resistividade que represente a média do solo existente. Essa resistividade permitirá estimar a resistência de terra, fator fundamental estipulado em norma ABNT para verificação anual da efetividade do funcionamento do SPDA.

A resistência de terra máxima, definida na NBR 5419/1977 não deve ser superior a 10 ohms, em qualquer época do ano, medida por aparelhos e métodos adequados.

Como mostrado anteriormente, as descargas atmosféricas podem danificar seriamente o patrimônio e vitimar as pessoas e animais, caso estes se encontrem dentro do campo elétrico formado entre a nuvem e o solo e sejam diretamente atingidos.

## Construção do SPDA

Um SPDA é composto de:

- A - Captores - Hastes no ponto mais alto da edificação.
- B - Malha captora - Cabos que envolvem a parte superior do prédio.
- C – Descidas - Cabos que conectam a malha captora às hastes de aterramento.
- D - Malha ou anel de aterramento que garante a distribuição homogênea da energia pelo solo.
- E-F-Eletrodo de terra - Haste geralmente de cobre que descarrega a corrente elétrica para o solo.

Dispositivos para-raios de SPDA

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

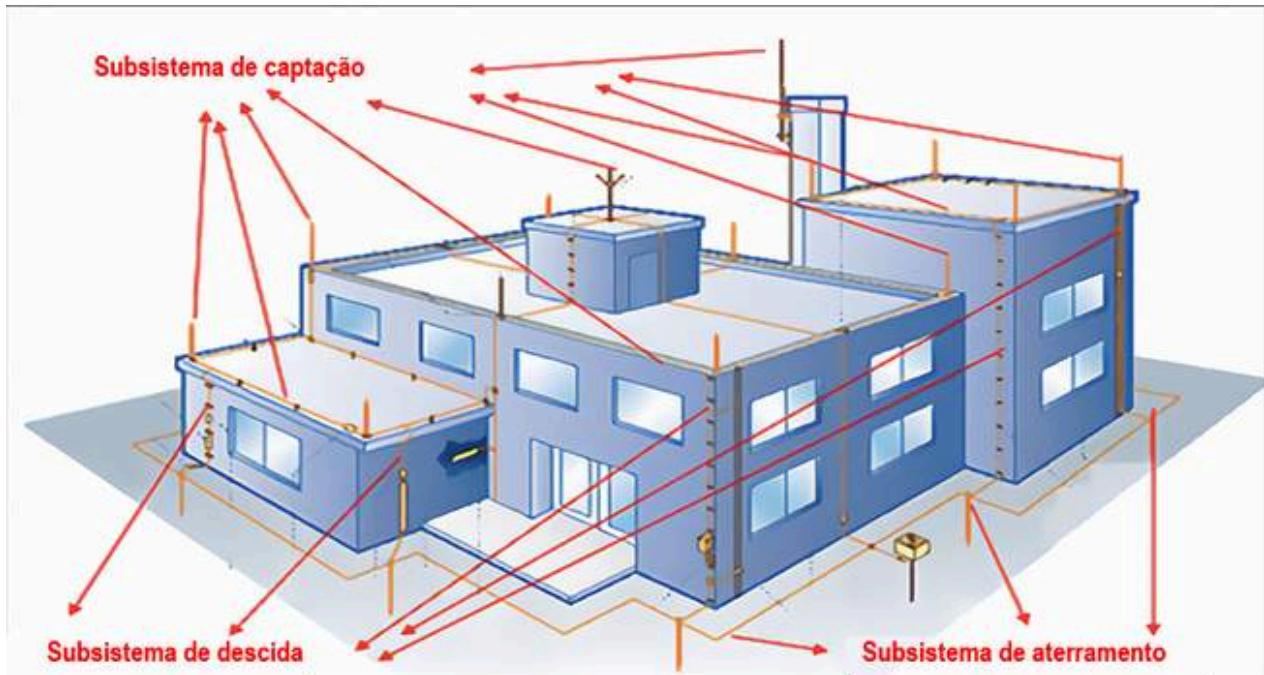


Figura 5 | Dispositivos para raios. Fonte: (SILVA, 2022), página 18.

**Aterramento:** o aterramento tem a função de receber a descarga elétrica vinda das descidas e conduzi-la para o solo, reduzindo ao mínimo a probabilidade das tensões de toque e de passo perigosas, além de equalizar os potenciais de descidas. Ao contrário do que as pessoas pensam, o para-raios tem a função de apenas receber os raios que atingiram o prédio e descarregá-los na Terra como um condutor e não de atraí-los. Todo prédio deve ter seu próprio sistema de proteção, mesmo que o seu imóvel vizinho seja um prédio mais alto e protegido (Norma NBR 5419).

## Vamos Exercitar?

### O SPDA

#### Situações de proteção contra descargas atmosféricas

Vimos que as descargas elétricas são provocadas pelo atrito entre nuvens na atmosfera. Vimos, também, que ao atingir uma propriedade ou um ser humano, o estrago pode ser bem grande, devido à quantidade de energia contida nelas.

É importante lembrar que num raio podem ocorrer correntes de dezenas de KiloAmperes, e, também, que bastam miliamperes (120 mA) para que um ser humano faleça.

As correntes elétricas que chegam a matar são aquelas cuja intensidade está compreendida na faixa entre 100 mA e 200 mA. Com intensidade próxima dos 100 mA, as paredes do coração executam movimentos descontrolados, o que é chamado de fibrilação (Mundo educação, 2023).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Também vimos que temos vários níveis fixados de proteção pela NBR 5419, que nos ajudam a entender qual o risco a que cada uma das edificações está sujeita.

Provavelmente, você já teve momentos de preocupação com raios e trovões em uma tempestade. Existem vários mitos sobre os raios e alguns deles nos deixam intrigados:

1. Afirmação: em uma tempestade, corra para se abrigar ao pé de uma árvore, afinal, ela é um ponto mais alto e a eletricidade tem o poder das pontas.

Realidade: a velha máxima de nunca se abrigar embaixo ou próximo a uma árvore é a principal delas. Por se tratar de uma superfície alta, principalmente em uma área de descampado, os arbustos – assim como os postes de energia – são atraentes como pontos de descargas elétricas, que se espalham e atingem quem estiver perto delas.

2. Afirmação: os para-raios radioativos atraem os raios para si, sendo eficientes para proteção.

Realidade: os para-raios radioativos foram os primeiros de ionização artificial a existir. A sua vantagem consistia na utilização da ionização artificial do ar à sua volta, provocada pelo elemento radioativo, o que fazia crer que o captor do equipamento, estando polarizado, atrairia as descargas atmosféricas próximas. Nada disso foi comprovado.

Uma das desvantagens dos sistemas radioativos é a possibilidade de existir reduzida ou nenhuma eficácia causada pelo envelhecimento e deterioração dos materiais, além da não existência de normas na época da sua montagem, que não permite garantir que o sistema seja eficaz. Foram inúmeros os fabricantes que até meados da década de 80 se dedicaram à produção de para-raios radioativos. Esse fato, conjugado com a falta de informação e registo de onde estes foram colocados, torna muito difícil a identificação desses modelos, sendo atualmente abandonada a sua fabricação.

3. Afirmação: em uma tempestade desligue aparelhos da tomada elétrica, principalmente celulares.

Realidade: retire os aparelhos da tomada quando houver queda de raios. A descarga elétrica que um raio provoca pode atingir a rede elétrica e chegar à fiação da sua casa, queimando aparelhos caso você esteja em contato com fios, causando um grande choque elétrico. Fora da tomada, os aparelhos e você estarão protegidos, bastando aguardar até que o temporal passe para usá-los.

4. Afirmação: não há necessidade de um para-raios para minha casa, pois ao lado existe um prédio ou casa mais alta.

Realidade: depende, se o prédio ao lado, ou casa, for mais alto, mas não tiver para-raios, caso ele seja atingido, existe a possibilidade de o campo eletromagnético gerado pela descarga induzir correntes elétricas em sua residência. De acordo com a norma NBR 5419, todos os edifícios com altura superior a 25 metros devem possuir um SPDA instalado, a fim de minimizar os danos causados por raios.

5. Afirmação: estando numa praia ou lago, posso ficar dentro d'água, pois a descarga se atenua pela quantidade de água.

Realidade: sempre haverá risco de vida em uma situação dessas. A água doce não é uma boa condutora de eletricidade (a água do mar - salgada - conduz melhor). O corpo humano sente a corrente elétrica. No caso de um lago e de um rio, é provável que a distância entre o local de queda do raio e onde está a pessoa não seja grande, o que representa um risco. Já no caso do mar, devido à presença do sal, essa distância pode até ser grande, mas o risco será maior. Há um espalhamento da energia no meio em que o raio se descarrega, diminuindo com a

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

distância. No caso da água, a área de abrangência e espalhamento é maior, principalmente no mar.

Os equipamentos do Sistema Elétrico Brasileiro sofrem com isto e, por esse motivo, também possuem para-raios.

Nas instalações prediais e residenciais, existe a possibilidade de instalar um protetor de surto, visando que não seja elevada demais a tensão no sistema elétrico a proteger. São os supressores de Surto, os quais serão vistos com mais detalhes.

## Saiba mais

Agora que você já aprendeu os conceitos de descargas atmosféricas e dos SPDAs, vamos sugerir a leitura do Livro Instalações Elétricas, de Helio Creder. Nele, você terá os passos necessários para calcular os aspectos construtivos de um SPDA, o correto dimensionamento de seus componentes e a sua classificação conforme a norma NBR 5419, presente nos capítulos 4 e 8 deste livro.

## Referências

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 16ª Edição. Disponível em: <https://www.drb-m.org/av1/Instalaoes16%20edHelioCreder.pdf>. Acesso em: 6 out. 2023.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Densidade de Descargas Atmosféricas no Brasil, Mapa Biênio 2018-2019, 2020 Disponível em <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/infor/incidencia.de.descargas.no.pais.php>. Acesso em: 09/08/2024.

MEDINA, L.; LINS, L.; LIMA, G. **A Importância da Utilização de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas-SPDA**. (2023). Mundo Educação, UOL. Disponível em <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/efeitos-corrente-eletrica-no-corpo-humano.htm#:~:text=As%20correntes%20el%C3%A9tricas%20que%20chegam,que%20%C3%A9%20chamado%20de%20fibra%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 6 out. 2023.

**NBR 5419** - Norma Técnica Brasileira para Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

SCARPA, T. G.. **Descargas atmosféricas em meio rural e suas implicações nos seres vivos**, 2017.

SILVA, A. L. da. **A importância do Aterramento: Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas**, Scientia, Repositório Institucional COGNA, 2022. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/64382/1/ARTHUR+LIRA+DA+SILVA.pdf>; Acesso em: 09/08/2024

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

SILVA, J. C. da.; SILVA, J. de L.; SILVA, S. J. **A importância da resistividade do solo nas instalações do SPDA.** 2022)

SILVA, J.; CORTEZ, L.; SILVA, P., CUNHA, S. - **Importância do cálculo de resistividade do solo no dimensionamento do sistema de proteção contra descargas atmosféricas SPDA.** 2022.

SURA Seguradora. **Descargas elétricas atmosféricas:** origem, impactos e sistemas de proteção. Disponível em: <https://segurosura.com/pt-br/blog/habitat-2/descargas-eleticas-atmosfericas/> Eng. Juan Pablo Restrepo (Universidade Nacional da Colômbia), Eng. Silverio Visacro Filho (UFMG). Acesso em: 3 out. 2023.

## Aula 2

Fator de Potência e Proteção e Coordenação

### Fator de potência e Proteção e coordenação

#### Este conteúdo é um vídeo!



Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Aqui, vamos estudar a forma como a corrente alternada se comporta num circuito indutivo ou capacitivo.

Veremos o triângulo de potências, e porque a potência aparente deve ser diminuída por meio do aumento do fator de potência, de modo a não prejudicar as instalações elétricas.

Aprenderemos como são esses capacitores e como eles formam bancos.

Notaremos como fazer a correção do fator de potência calculando a capacidade necessária.

Identificaremos o local correto para instalar esses capacitores e os seus efeitos em cada situação.

Perceberemos porque a concessionária pode multar a instalação por fator de potência baixo.

Por fim, entenderemos também porque é necessário protegermos o sistema elétrico de faltas e falhas.

## Ponto de Partida

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A compreensão dos efeitos indutivos e capacitivos em uma rede elétrica é fundamental para a análise e o projeto de sistemas elétricos eficientes e estáveis. Os efeitos indutivos são causados por componentes como indutores e transformadores, que armazenam energia em campos magnéticos. Esses efeitos podem levar a quedas de tensão e perdas de energia devido à reatância indutiva, especialmente em sistemas de corrente alternada (CA). Por outro lado, os efeitos capacitivos são originados por componentes como capacitores e linhas de transmissão, que armazenam energia em campos elétricos. A reatância capacitiva pode compensar a reatância indutiva, ajudando a melhorar o fator de potência e a eficiência do sistema. No entanto, um excesso de capacidade pode causar ressonância e instabilidade na rede. Portanto, o equilíbrio entre indutância e capacidade é muito importante para garantir a operação segura e eficiente de uma rede elétrica.

## Fator de potência

A compreensão do fator de potência e a necessidade de sua correção são essenciais para a operação eficiente de sistemas elétricos. O fator de potência é uma medida da eficiência com que a energia elétrica é convertida em trabalho útil e é definido como a razão entre a potência real (em watts) e a potência aparente (em volt-amperes). Um fator de potência baixo indica a presença de uma quantidade significativa de potência reativa, que não realiza trabalho útil, mas ainda assim sobrecarrega a rede elétrica. Isso pode resultar em perdas de energia, aumento de custos operacionais e a necessidade de equipamentos de maior capacidade para suportar a carga adicional. A correção do fator de potência, geralmente realizada através da instalação de capacitores ou bancos de capacitores, visa reduzir a potência reativa e melhorar a eficiência do sistema. Isso não só diminui os custos operacionais, mas também melhora a estabilidade e a capacidade de transmissão da rede elétrica, permitindo um uso mais eficiente da infraestrutura existente.

A avaliação da adequação de um equipamento para a proteção da rede elétrica e do sistema de potência é um processo crítico que envolve a análise de vários fatores técnicos e operacionais. Primeiramente, é essencial verificar se o equipamento atende às normas e especificações técnicas relevantes, como capacidade de corrente, tensão nominal e tempo de resposta. Além disso, o equipamento deve ser compatível com a topologia e os requisitos específicos do sistema de potência, incluindo a capacidade de coordenação com outros dispositivos de proteção para garantir uma operação seletiva e coordenada. A confiabilidade e a robustez do equipamento também são aspectos fundamentais, uma vez que falhas podem resultar em interrupções de serviço e danos aos componentes do sistema. Testes de desempenho, como ensaios de curto-circuito e de sobrecarga, são frequentemente realizados para validar a eficácia do equipamento em condições reais de operação. Finalmente, a facilidade de manutenção e a disponibilidade de suporte técnico são fatores adicionais que influenciam a escolha do equipamento, garantindo que ele possa ser mantido em condições ótimas de funcionamento ao longo de sua vida útil.

A corrente elétrica usada em instalações residenciais, comerciais e industriais é alternada e senoidal, representada por uma senóide com valor 0 V em t=0 s.

No entanto, em um circuito prático, temos duas possibilidades:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

- a. Se o circuito for indutivo, a tensão  $e(t)$  ficará adiantada de um ângulo  $\theta$  em relação à corrente. Nos sistemas elétricos, na maioria das vezes, por termos sistemas com enrolamentos elétricos, bobinas etc., inserimos reatâncias indutivas nos circuitos elétricos.
- b. Se o circuito for capacitivo, a tensão  $e(t)$  ficará atrasada de um determinado ângulo em relação à corrente.

Vetorialmente representamos assim a tensão e corrente em um circuito RL, defasadas, portanto, de certo ângulo  $\theta$ :

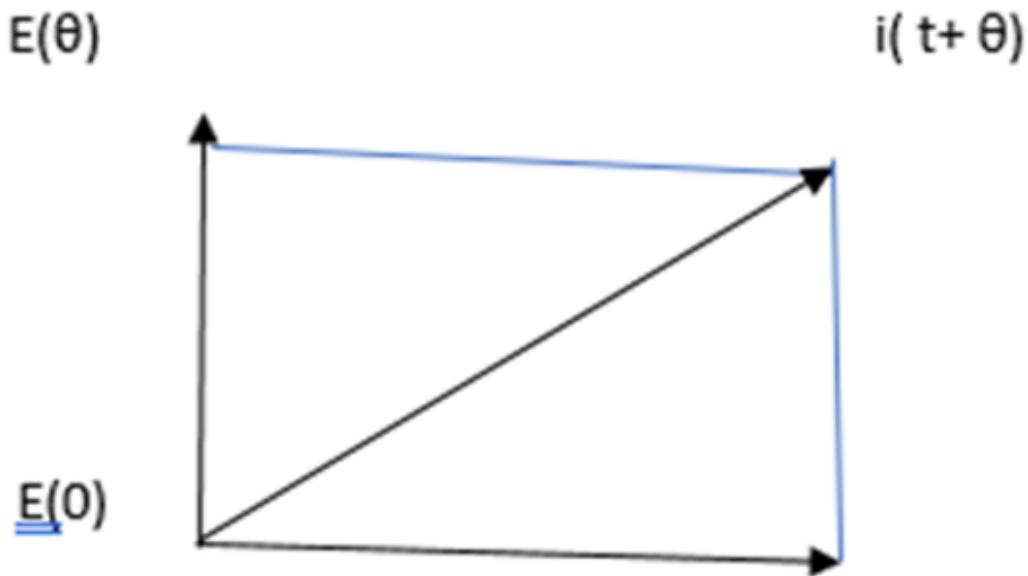


Figura 1 |Triângulo de Vetores de Tensão e Corrente. Fonte: elaborado pelo autor.

$E(0)$  é a tensão aplicada.

$E(\theta)$  é a tensão no indutor.

$i(t+\theta)$  é a corrente no circuito.

Essas correntes dão origem a três potências no circuito:

**Potência ativa**, a que produz trabalho, ou seja, calor, em Watts.

**Potência reativa** é apenas necessária para manter os campos eletromagnéticos das máquinas, ou no caso dos capacitores, o campo elétrico interno deles mesmos.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

**Potência Aparente**, que é a potência total fornecida pelos geradores, transformadores etc., medida em Volt-Amperes.

O cosseno do ângulo  $\theta$  chama-se fator de potência no caso, e é importante que ele se aproxime ao máximo de 1, ou seja, o ângulo entre tensão e corrente se aproxime de 0 graus.

Em uma instalação com características indutivas, devemos compensar os efeitos reativos com capacitores, ou seja, manter o fator de potência o mais próximo de 1. Por norma da ANEEL, ele deve ser mantido acima de 0,92.

Um fator de potência baixo (grande ângulo  $\theta$ ) acarreta problemas na rede elétrica que tem de ser capaz de suportar maiores correntes.

A correção do Fator de Potência se faz com a colocação de capacitores ou bancos de capacitores na linha ou junto à cada equipamento, com o objetivo de diminuir efeitos indutivos, aumentando então esse fator.

## Proteção de sistemas elétricos

A energia elétrica é fundamental para um país, implicando a necessidade de estudo e de acompanhamento dos parâmetros operacionais. O consumidor, individual, comercial ou industrial necessita da continuidade do fornecimento de energia elétrica com requisitos mínimos de qualidade.

A proteção de qualquer sistema elétrico é projetada com o objetivo evitar risco de vida e danos materiais. Quando ocorrerem situações anormais durante a operação desse sistema, equipamentos irão proteger o sistema contra sobretensões (internas e descargas atmosféricas) e sobrecorrentes (curtos-circuitos).

Normalmente, a proteção contra curtos-circuitos é feita utilizando basicamente fusíveis e relés que acionam disjuntores.

Já o equipamento fundamental para proteção contra sobretensões é o para-raios.

## Vamos Começar!

## Fator de Potência e suas parcelas

### O capacitor, corrente alternada e fator de potência

Num circuito indutivo do tipo LR, ao injetarmos uma senoide no circuito, a saída será  $e(t)=V_{max}\cdot\text{sen}(wt+\phi)$ , em que  $\phi$  é o ângulo de defasagem positivo, ou seja, a tensão  $e(t)$  fica adiantada de um ângulo  $\phi$  em relação à corrente  $i(t)$  alternada.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Esse comportamento é muito comum em indústrias, em que, ao longo do dia, motores são ligados, fazendo com que a tensão se mostre bastante defasada da corrente.

Isto faz com que a potência aparente  $S = e(t+\theta)$ . I(t) mostre-se também defasada, com um módulo  $|S|$  maior do que o módulo de  $P = e(t) \cdot I(t)$  quando a defasagem era zero.

A consequência é uma maior demanda de potência nos equipamentos, sendo que a indústria tenderá a ser cobrada por essa energia aparente, com módulo maior.

Como o comportamento do capacitor é oposto ao do indutor, ou seja, vetorialmente teremos a tensão no capacitor atrasada de um ângulo  $\theta$  em relação à tensão aplicada conforme mostra a Figura 2.

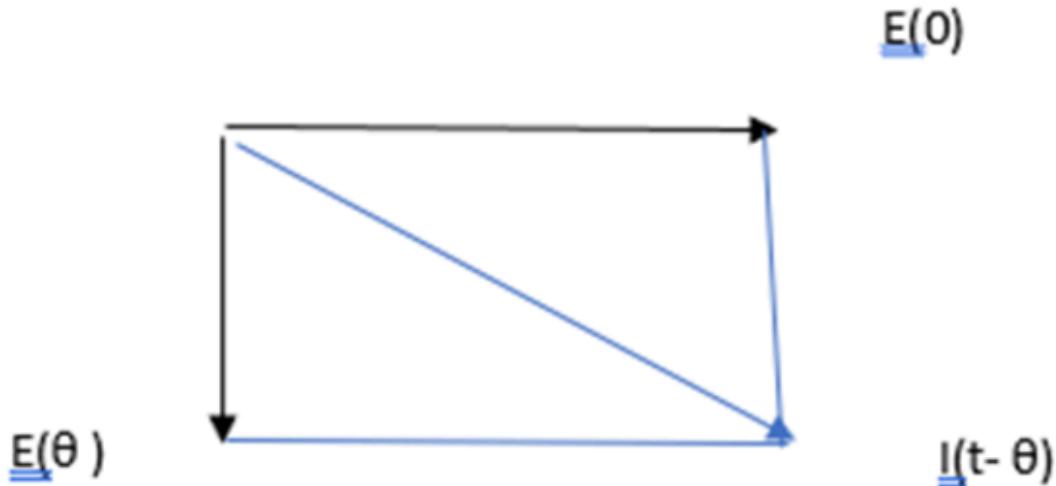


Figura 2 |Triângulo de Vetores de tensão e corrente. Fonte: elaborado pelo autor.

Ou seja, como a tensão em um capacitor encontra-se atrasada da corrente de um ângulo  $\theta$ , vemos que um capacitor pode cancelar o efeito da indutância nas redes, podendo até zerar o vetor resultante das duas potências reativas, a do efeito indutivo, com a do efeito capacitivo.

No circuito LR, então, temos:

**Potência ativa**, a que produz trabalho, ou seja, calor, em Watts.

**Potência reativa** necessária para manter os campos eletromagnéticos das máquinas, ou no caso dos capacitores, o campo elétrico interno destes.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

**Potência aparente**, que é a potência total fornecida pelos geradores, transformadores etc., medida em Volt-Amperes.

O cosseno do ângulo  $\theta$  chama-se fator de potência no caso, e pelo que vimos acima é importante que ele se aproxime ao máximo de 1, ou seja, o ângulo se aproxima de 0 graus.

Portanto, sempre que tivermos uma instalação com características indutivas, devemos compensar os efeitos reativos com capacitores, ou seja, manter o fator de potência o mais próximo de 1. Por norma, ele deve ser mantido acima de 0,92.

Um fator de potência baixo (grande ângulo  $\theta$ ) acarreta problemas na rede elétrica que tem de ser capaz de suportar maiores correntes.

A correção do Fator de Potência se faz com a colocação de capacitores ou bancos de capacitores na linha ou junto à cada equipamento, ou junto à instalação toda, para diminuir efeitos indutivos, aumentando então o Fator de Potência. Um fator de potência baixo (grande ângulo  $\theta$ ) acarreta problemas na rede elétrica que tem de ser capaz de suportar maiores correntes.

Capacitor é um componente que *armazena carga elétrica*. É constituído por um par de condutores separados por um (isolante) dielétrico. Quando ele é ligado a uma fonte, esta transfere elétrons para uma das placas. Logo, se estabelece entre as placas do capacitor um campo eletrostático. Como existe campo elétrico no interior do capacitor, ele armazena energia elétrica.

Em um capacitor, a relação entre a carga elétrica positiva que se acumula em uma das suas placas e a voltagem nos seus terminais é constante, esta é denominada capacidade.

$$C=Q/V$$

A expressão acima mostra que quando dois capacitores são ligados a uma mesma voltagem, aquele que tem capacidade maior acumula uma quantidade maior de carga. Logo, a capacidade está relacionada com a capacidade do capacitor em acumular cargas elétricas. A unidade de capacidade é denominada Faraday (F).

## Capacitor em corrente alternada (CA)

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

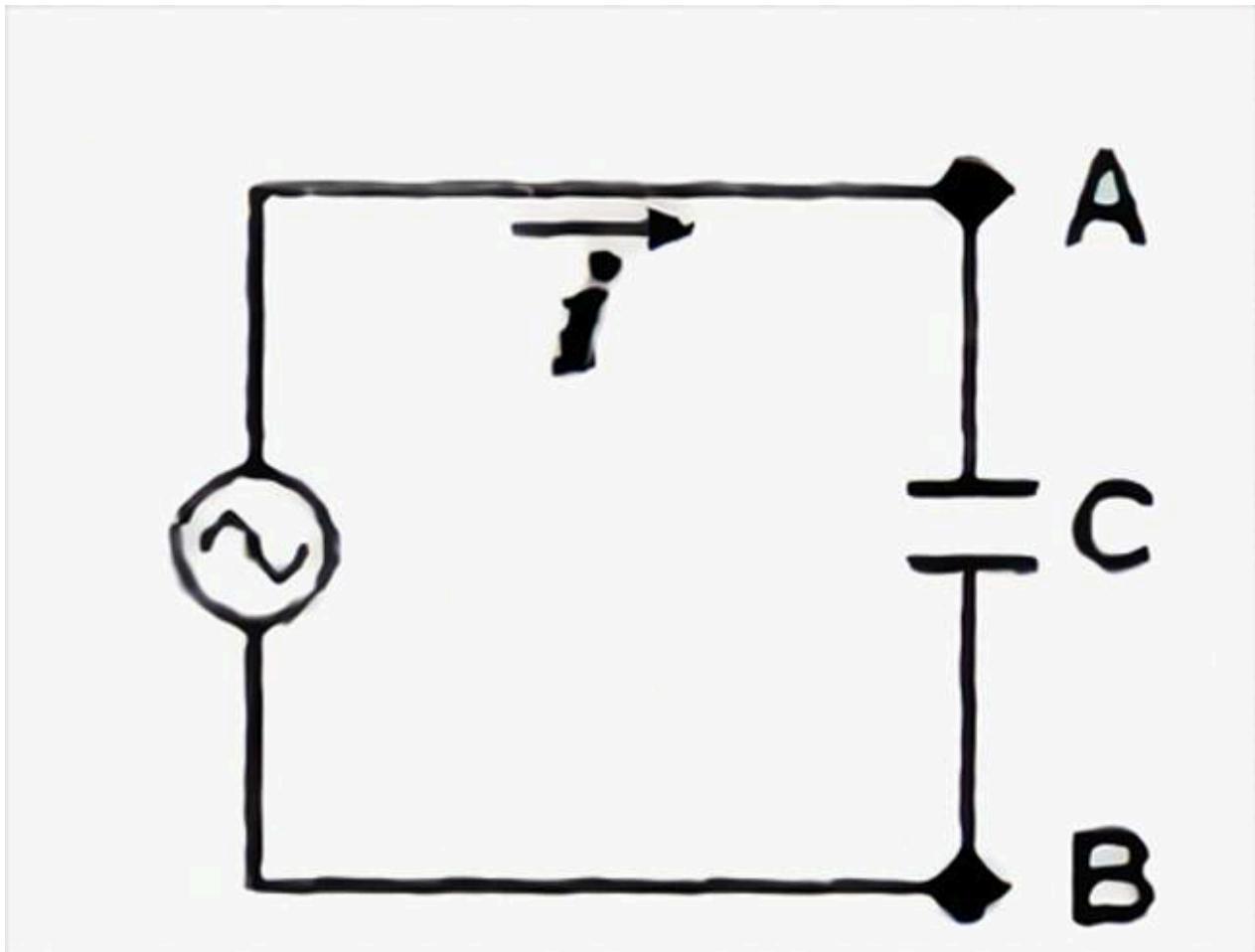


Figura 3 |Circuito Gerador - Capacitor. Fonte: elaborado pelo autor.

A corrente em um capacitor alimentado por corrente alternada é dada por  $i = I_0 \cdot \sin \omega t$ , em que  $\omega = 2\pi f$  chamado velocidade angular do fasor corrente.

A tensão no capacitor é expressa por:

$$V_c = V_{cm} \cdot \sin(\omega t - \pi/2)$$

Em que  $V_{cm}$  é a tensão máxima no capacitor e  $V_c$  a tensão no capacitor.

e temos também as fórmulas:

$$V_{cm} = X_c \cdot I_m \text{ e } X_c = 1/\omega C$$

A tensão e a corrente sobre um capacitor podem ser então mostrados num diagrama fasorial:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

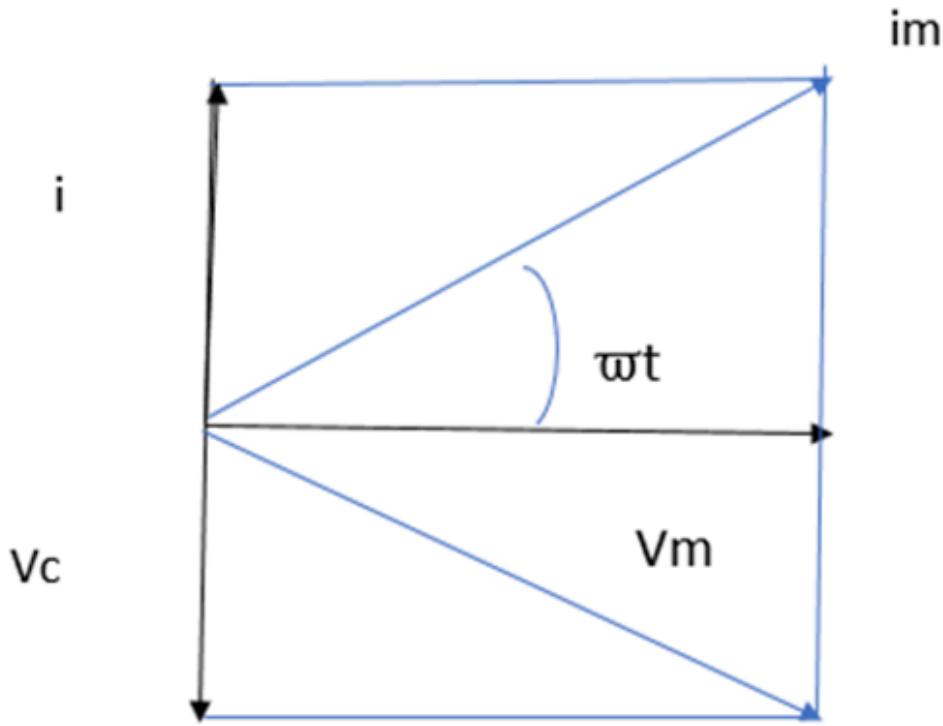


Figura 4 |Diagrama fasorial de um circuito gerador-capacitor. Fonte: elaborado pelo autor.

em que teremos:  $V_c = V_{cm} \cdot \text{sen}(\omega t - t)$  (Poli, 2011)

Em termos de Potência, temos:

**Potência ativa**, a que produz trabalho, ou calor, em Watts.

**Potência reativa** é a potência necessária para manter os campos eletromagnéticos das máquinas, ou no caso dos capacitores, o campo elétrico interno deles mesmos, conforme mostra a figura abaixo:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

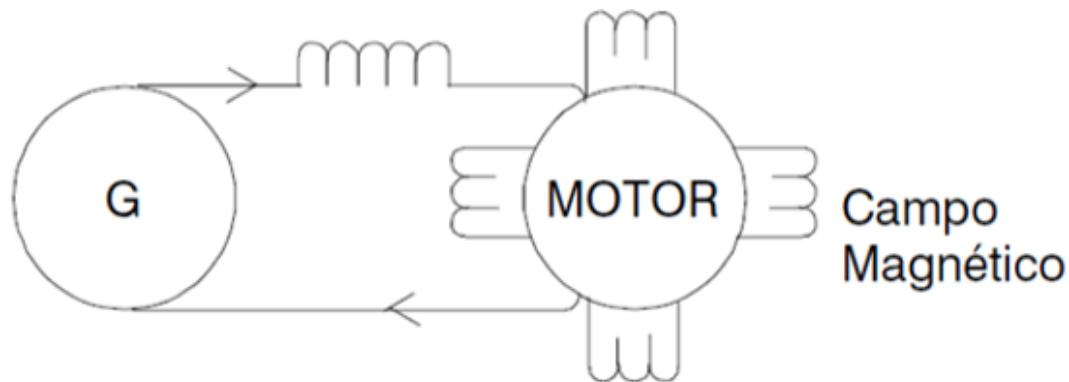
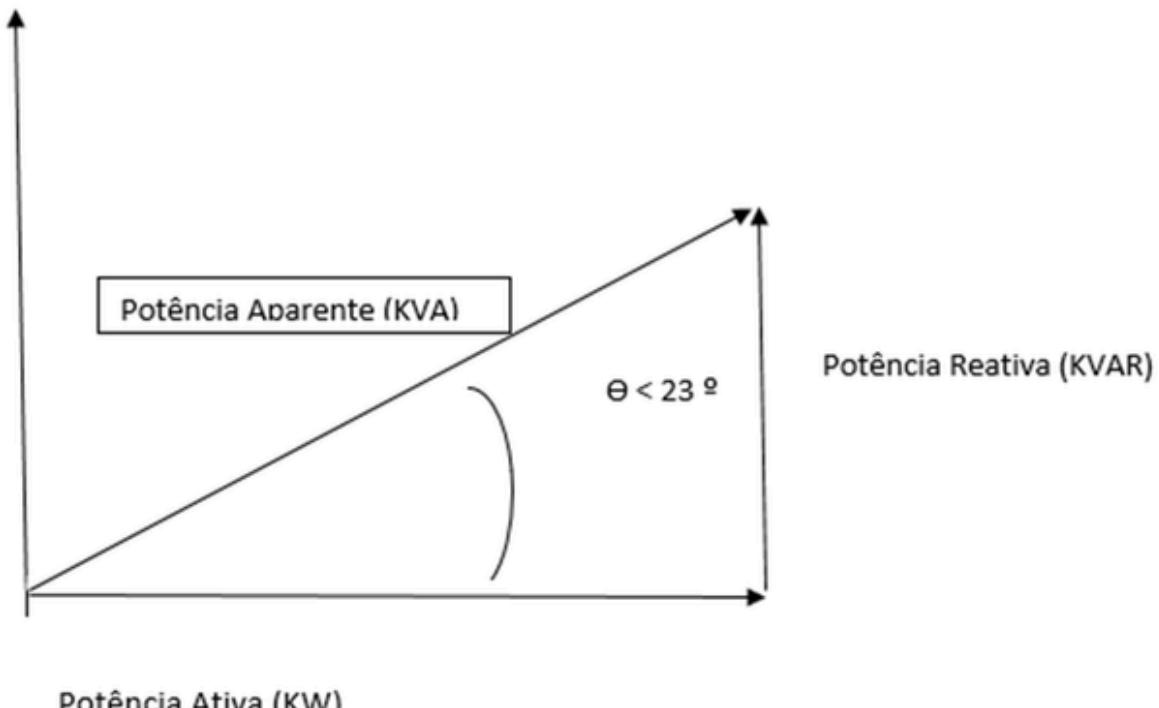


Figura 5 | Circuito gerador-motor elétrico. Fonte: elaborado pelo autor.

O motor, para funcionar, tem de energizar os campos eletromagnéticos de estator e rotor. Para isso, precisa da potência reativa em VAR (volt amperes reativos).

**Potência Aparente**, que é a potência total fornecida pelos geradores, transformadores etc., medida em Volt-Amperes.

A relação entre potência ativa e potência aparente é o cosseno do ângulo de defasagem  $\theta$  que, por norma da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), deve se manter maior do que 0,92 (Mamede,2011).



# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Figura 6 | Triângulo de potências elétricas. Fonte: elaborado pelo autor.

Então, as relações entre as potências ficam da seguinte forma:

$$FP = \frac{kW}{KVA} = \cos \varphi = \cos(\arctan \frac{kvar}{kW}) FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2+kvarh^2}}$$

Quais são os efeitos de um fator de potência < 0,92? Em que afeta o sistema elétrico?

## Consequências do baixo fator de potência:

Perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor ( $P=R.I^2$ ). Como  $I$  cresce com o aumento de reativos, isso leva ao aquecimento dos condutores elétricos.

O incremento da corrente leva a quedas de tensão acentuadas, que podem ocasionar:

- Interrupção do fornecimento de energia.
- Sobrecarga em elementos da rede.
- Diminuição no rendimento da iluminação.
- Aumento da corrente total em motores (para potência ativa constante e  $V$  constante, a corrente  $I$  aumentará com aumento da potência aparente).

Um fator de potência fora do padrão implica em:

- Sobrecarga da instalação.
- Inviabiliza a total utilização da capacidade dos equipamentos (Ideal seria  $S = P$ ).
- Cria a necessidade de aumento da capacidade dos componentes da instalação (transformadores, condutores, equipamentos de proteção e manobra), pois eles devem suportar a carga total, ou seja, a potência aparente) ( $S$ ).

Quando temos um fator de potência pequeno, ele levará a sobrecarga dos equipamentos (geradores, transformadores etc.) (Reis, 2015).

Como o fator de potência influencia no dimensionamento de equipamentos e condutores?

Vamos ver, agora exemplos de como diminuindo o fator de potência (aumentando  $\theta$ ) torna-se necessário aumentar a seção de condutores e a potência de transformadores.

A concessionária cobrará por esse excesso de demanda em seus equipamentos!

Vejamos em tabelas o efeito causado pela diminuição do fator de potência no dimensionamento do equipamento:

Seção Relativa	Fator de Potência
----------------	-------------------

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

1,00	1,00
1,23	0,90
1,56	0,80
2,04	0,70
2,78	0,60
1,00	0,50
6,25	0,40
11,10	0,30

Tabela 1 |Seção do Condutor versus Fator de Potência. Fonte: Fergutz, 2016.

Potência Útil Absorvida – kW 800	Fator de Potência	Potência do Transformador - KVA
	0,50	1.600
0,80		1.000
1,00		800

Tabela 2 – Potência do Transformador versus Fator de Potência. Fonte: Fergutz, 2016.

Como podemos corrigir o fator de potência usando capacitores?

Ao introduzirmos um capacitor ou banco de capacitores no sistema, ou junto ao equipamento que gera os reativos, seja ele mono, bi, ou trifásico, teremos a sua corrente composta conforme mostra a figura abaixo.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

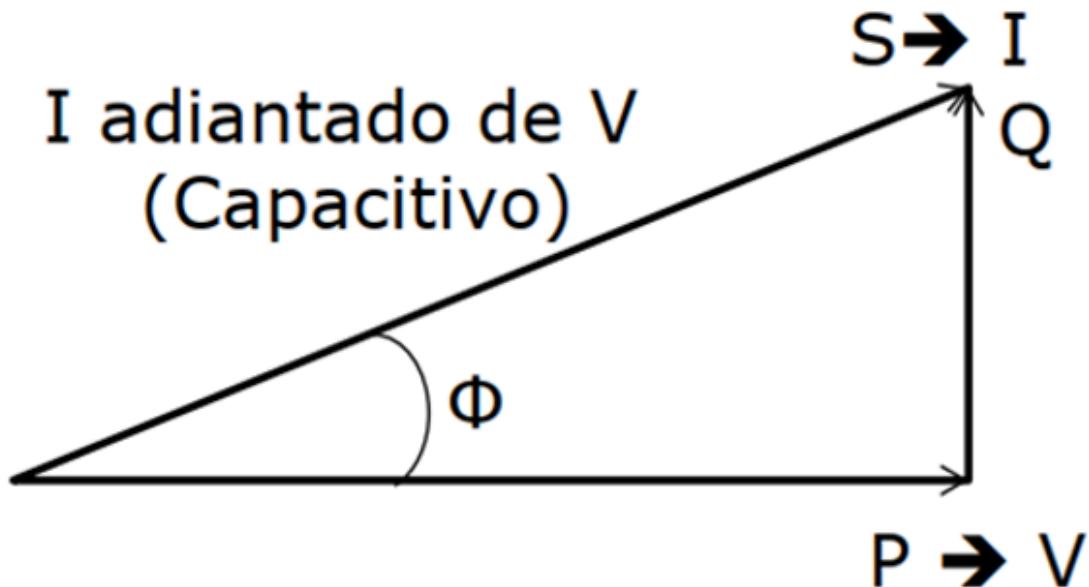


Figura 7 |Triângulo de vetores: corrente e tensão (capacitivo). Fonte: elaborado pelo autor.

Essa corrente no capacitor irá se contrapor à corrente de natureza indutiva no circuito, tendendo a aumentar o fator de potência (Fergutz, 2016).

### Causas do baixo fator de potência:

São ligadas geralmente à ociosidade e a equipamentos não adequados.

Os causadores de fator de potência baixo são:

### Motores de indução

Esses motores consomem praticamente a mesma energia reativa, quer operando em vazio, quer operando à plena carga. A energia ativa, entretanto, é diretamente proporcional à carga mecânica aplicada ao eixo do motor. Nessas condições, quanto menor a carga, menor a energia ativa consumida e menor o fator de potência;

### Transformadores subutilizados ou a vazio (inclusive gerando vibração)

Analogamente aos motores e aos transformadores, quando superdimensionados para a carga que devem alimentar, consomem uma quantidade de energia reativa relativamente grande, se comparada à energia ativa, contribuindo para um fator de potência baixo.

### Reatores de baixo fator de potência no sistema de iluminação (os reatores抗igos de indutor)

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

As lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, vapor de sódio, fluorescentes etc.) necessitam de um reator para funcionar. Os reatores magnéticos, como os motores e os transformadores, possuem bobinas que consomem energia reativa, contribuindo para a redução do fator de potência. O uso de reatores compensados (com alto fator de potência) pode contornar o problema. Os reatores eletrônicos, de boa procedência e especificação, apresentam boas características relativas ao fator de potência, alguns até próximos de 100%.

## Fornos de indução ou a arco

Devido a características próprias de autotransformadores que elevem a tensão para formação do arco voltaico.

## Máquinas de solda

Pelos mesmos motivos do forno de indução ou a arco (Mamede Filho, 2013).

Uma indústria que opere com ociosidade, tende a ter seu fator de potência diminuído e será penalizada pela concessionária com multas, estipuladas pela ANEEL, caso não corrija seu fator de potência (Silva, 2009).

Como instalar o capacitor ou banco de capacitores:

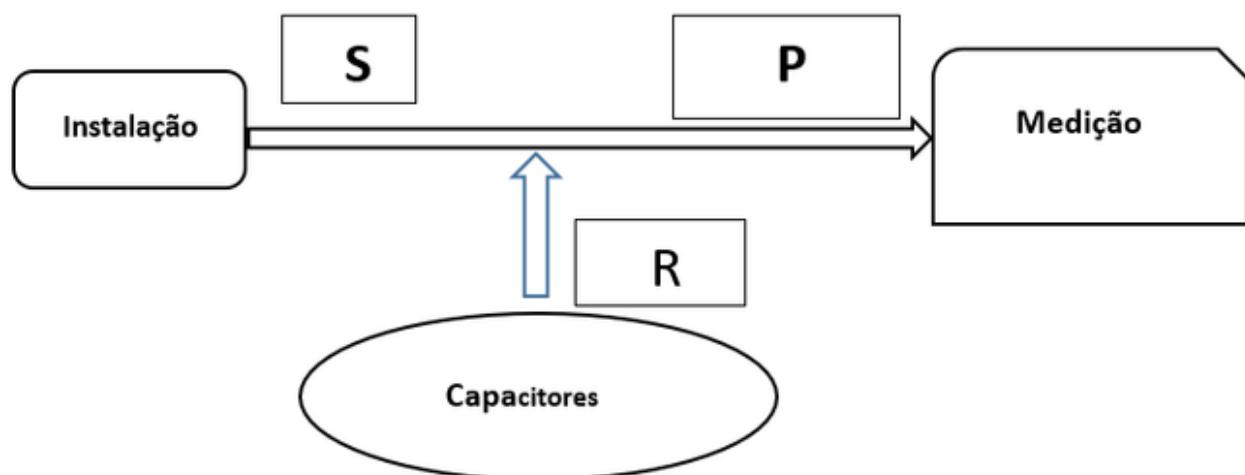


Figura 8 |Instalação do banco de capacitores. Fonte: elaborado pelo autor.

Fisicamente o capacitor pode se apresentar assim:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 9 | Instalação de capacitores. Fonte: Shutterstock.

Ou assim, em bancos:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 10 | Banco de capacitores. Fonte: Imagem elaborada pelo Cogna IA.

## Tipos de Correção

A correção pode se dar pelo lado de baixa tensão ou pelo de alta tensão

### Lado da Alta Tensão

É possível corrigir o fator de potência visto pela concessionária instalando o banco de capacitores junto ao lado de alta, porém:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

- Haverá aumento de tensão do lado da concessionária.
- Haverá aumento da capacidade de curto-círcuito na rede da concessionária, que verá uma impedância de curto-círcuito menor.
- Não serão obtidos benefícios relacionados com a diminuição das correntes reativas nos cabos, transformadores etc.  
Este tipo de correção é utilizado em instalações elétricas com elevado número de cargas com potências diferentes e regimes de utilização não uniformes.
- A principal desvantagem consiste em não haver alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento (Reis, 2016).

## No Lado da Baixa Tensão (Geral)

### Correção por grupo de cargas

Pode-se instalar um capacitor ou banco junto à cada grupo de cargas importante. Nesse tipo de correção, o capacitor é instalado de forma a corrigir um setor ou um conjunto de pequenas máquinas (<10cv);

- Ele é instalado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos.
- Ele tem como desvantagem não diminuir a corrente nos circuitos de alimentação de cada equipamento. (Mamede Filho, 2013).

### Correção por carga (Individual)

O procedimento a ser utilizado deve ser:

Para motores de 10 cv ou mais, corrige-se o fator de potência com capacitor em paralelo ao motor (cuidado com motores de alta inércia, que deverão usar contatores para manobra sempre que a corrente nominal dos capacitores alcançar 90% da corrente de excitação do motor).

Motores com menos de 10 cv são corrigidos por **Grupos de cargas**.

### Correção mista

Do ponto de vista de "Conservação de Energia", considerando aspectos técnicos, práticos e financeiros, é a melhor solução (FORT, M. L., 2017).

## Proteção de sistemas elétricos

A energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento de um país. A sociedade atual demanda, de forma crescente, a continuidade do fornecimento de energia elétrica e a garantia de que a energia fornecida atenda a requisitos mínimos de qualidade. Por isso, o Sistema Elétrico de Potência (SEP) deve ser protegido contra operações anormais do sistema.

A proteção de qualquer sistema elétrico é projetada com o objetivo de diminuir ou evitar risco de vida e danos materiais, ao ocorrerem situações anormais na operação.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Geralmente, tais sistemas elétricos são protegidos contra sobretensões (internas e descargas atmosféricas) e sobrecorrentes (curto-círcuito).

Normalmente, a proteção contra curto-circuitos é feita utilizando equipamentos eletromecânicos, digitais ou eletrônicos e ela basicamente utiliza fusíveis e relés que acionam disjuntores. O equipamento fundamental para proteção contra sobretensões é o para-raios.

**Siga em Frente...**

## Correção do Fator de Potência

### O circuito indutivo e defasagem tensão corrente

Vimos que o indutor e o circuito indutivo têm a tendência de atrasar a corrente elétrica em relação à tensão. Isto porque cria-se no instante da aplicação da tensão, um campo eletromagnético que tende a se opor ao crescimento da corrente no interior do indutor.

Já com o capacitor, o fenômeno é diferente, a corrente elétrica com suas cargas flui para as placas instantaneamente, e as cargas acumuladas nelas vão aumentando aos poucos a tensão no dielétrico.

Com isto, já podemos analisar o Fator de Potência: vem a ser o ângulo de defasagem (na verdade, medido em termos de velocidade angular) que existe entre a tensão aplicada pela fonte e a corrente em um circuito elétrico.

Na figura 11,  $\theta_1$  é o ângulo entre a tensão e a corrente num circuito indutivo.

Ao introduzirmos no circuito o elemento capacitivo, representado pelo vetor  $I_C$ , o novo ângulo será ângulo  $\theta_2$ , pela composição de  $I_L$  e  $I_C$ , com a resultante corrente  $I$ .

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

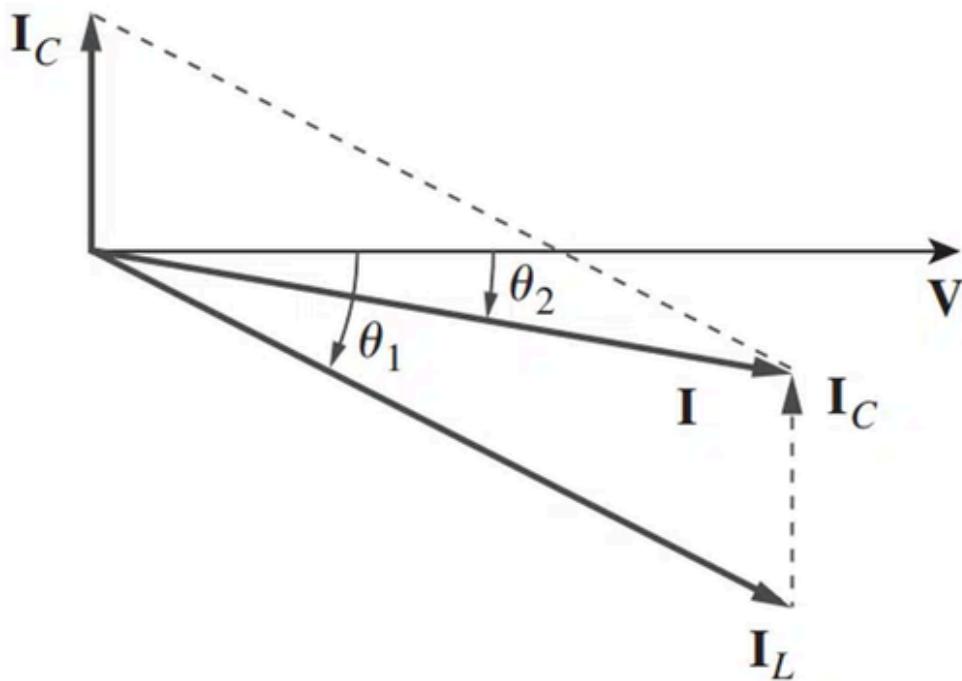


Figura 11 | Triângulo de vetores de corrente e tensão resultante da inserção de um elemento capacitivo em um circuito indutivo.  
Fonte: elaborado pelo autor.

Vê-se que  $\theta_2$  é menor do que  $\theta_1$ , logo iremos ter um  $| \mathbf{I} |$  menor do que o  $| \mathbf{I}_L |$  anterior. O produto da corrente pela tensão gera a potência aparente. Podemos afirmar, então, que a potência ativa permaneceu a mesma, porém a potência aparente diminuiu.

A potência aparente exige bitolas maiores nos condutores, transformadores com maior potência, apesar de não realizar trabalho.

## Correção do fator de potência

Diminuindo a potência aparente, teremos como trabalhar com bitolas de condutor menores, transformadores menores, diminuindo, assim, os custos da instalação.

O fator de potência deve ficar sempre acima de 0,92. A justificativa é que o consumidor estaria, caso menor do que 0,92, exigindo mais dos equipamentos sem pagar por isto, pois só a potência ativa é cobrada do consumidor, medida por meio de Wattímetros.

Apresentamos vetorialmente as potências envolvidas, e a nova potência aparente  $S_2$ , ao inserirmos um capacitor de correção no circuito (Fergutz, 2016).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

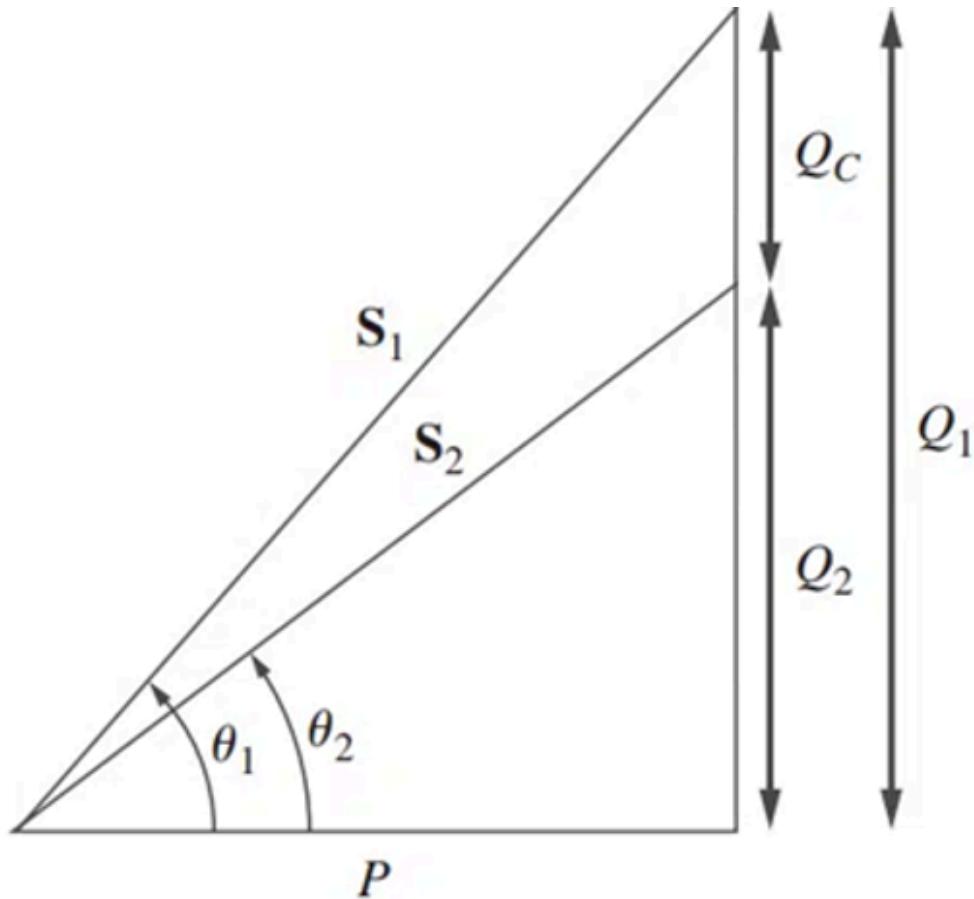


Figura 12 | Triângulo de vetores de potências resultante. Fonte: elaborado pelo autor.

Se a carga indutiva original tiver potência aparente  $S_1$ :

$$P = S_1 \cos \theta_1 Q_1 = S_1 \sin \theta_1 = P \bullet \tan \theta_1$$

Para levar o fator de potência de  $\cos \theta_1$  para  $\cos \theta_2$ , com a mesma potência ativa (ou seja, com  $P = S_2 \cos \theta_2$ ), a potência reativa deve ser:

$$Q_2 = P \bullet \tan \theta_2$$

Colocando um capacitor em paralelo com a carga, então teremos:

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

O cálculo da capacidade necessária é feito da seguinte maneira:

$$C = \frac{Q_C}{\omega V_{RMS}^2} = \frac{P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)}{\omega V_{RMS}^2}$$

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Vemos que a potência ativa P dissipada pela carga é a mesma de antes da correção do fator de potência (Fergutz, 2016).

Será necessário um capacitor com essa capacidade para levar o fator de potência ao nível desejado.

Pode acontecer de um circuito ser capacitivo e precisarmos de um indutor para compensar o fator de potência. Seguindo o mesmo raciocínio, teríamos:

$$Q_L = \frac{V_{RMS}^2}{X_L} = \frac{V_{RMS}^2}{\omega L} \rightarrow L = \frac{V_{RMS}^2}{\omega Q_L}$$

Pode-se, então, colocar geradores ou motores síncronos na rede para gerar efeitos capacitivos. Para isso, a corrente de excitação desses equipamentos deve ser ajustada para tal (Mamede, 2011).

## Proteção de sistemas elétricos

Um sistema de proteção para sistema elétrico deve fornecer:

- proteção à integridade física de operadores, usuários e animais;
- minimizar danos materiais;
- manter a continuidade da operação;
- diminuir despesas com manutenção corretiva (Creder,H., 2023).

## Tipos de proteção dos sistemas elétricos

### Proteção de sobrecorrente

Sobrecorrentes são os eventos mais comuns e que submetem os equipamentos elétricos ao maior estresse.

O sistema elétrico se protege das sobrecorrentes das seguintes maneiras:

### Proteção nas sobrecargas

Quando há variações moderadas da corrente do sistema elétrico, verifica-se se as sobrecargas são limitadas em módulo e tempo. Estas não trazem maiores danos, porém quando ultrapassam os limites, devem ser retiradas do sistema.

A principal proteção às sobrecargas são os relés térmicos.

Também são usados relés eletromecânicos, eletrônicos e digitais com temporizações moderadas (Cotosck, 2007).

### Curto-circuitos

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Curto-circuitos impõem variações extremas à corrente do sistema elétrico: podem ser monofásicos, bifásicos ou trifásicos, com ou sem envolver o Terra.

Se essas correntes não forem limitadas em módulo e tempo, elas danificam os componentes elétricos pelos quais circulam.

Os dispositivos de proteção a sobrecorrentes São construídos para atuar em até 1000ms dependendo do caso, ou seja, a proteção tem de ser muito rápida.

Os equipamentos de manobra também devem ser protegidos contra curto-circuitos. Usam-se, para isso, elementos fusíveis ou relés.

Elementos fusíveis são os mais utilizados em BT e MT (distribuição), enquanto os relés são os mais empregados para o SIN (sistema integrado nacional) em tensões mais elevadas (LTs, SEs e UGs).

## Proteção de sobretensão

Basicamente, as sobretensões do SEP (Sistema Elétrico de Potência) nunca devem superar 110% da tensão nominal de operação.

As sobretensões podem ser geradas de diferentes maneiras:

Descargas atmosféricas.

Manobras em equipamentos.

Curto-circuitos monopolares, ou seja, curto-círcito em uma fase desequilibra o sistema, fazendo com que as outras fases sofram sobretensão.

Nesses casos, temos de ter proteção a sobretensões, que utilizam relés com transformadores de potencial, capazes de detectar as sobretensões.

## Descargas atmosféricas e proteção por SPDA

As descargas atmosféricas diretas ou indiretas podem envolver uma ou mais fases e podem gerar sobretensões;

Contra descargas diretas nos equipamentos são usadas blindagens como: cabos de guarda ou pararaios de haste instalados nas estruturas das Subestações.

Existem também as descargas indiretas que caem próximas aos equipamentos, induzindo sobretensões e que são tratadas com protetores de surtos;

Nas cidades, edificações e outras estruturas auxiliam na proteção, pois as descargas tendem a ser feitas nestas estruturas, porém não impedem a indução de tensões sobre a rede elétrica (Mamede,

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

2011).

## Vamos Exercitar?

### Como corrigir fator de potência e a proteção de sistemas elétricos

#### Correção de fator de potência

Fator de potência de uma instalação elétrica é o cosseno do ângulo que a tensão faz com a corrente em um circuito.

Se o circuito for predominantemente indutivo, teremos a tensão adiantada da corrente, no máximo em 90°.

Se o circuito for predominantemente capacitivo, teremos a tensão atrasada da corrente em até 90°.

Entre esses dois extremos, variará o ângulo, e o fator de potência que é o cosseno desse ângulo, fica entre 0 e 1, sempre.

As consequências de um fator potência baixo são danosas aos equipamentos e à rede elétrica, pois tendem a exigir maiores bitolas dos condutores, e mais potência dos equipamentos.

Somente produz trabalho a potência ativa no sistema.

Nas instalações industriais principalmente, há a tendência de existir um fator de potência mais elevado e indutivo, por isso, são instalados capacitores ou um banco deles junto à linha principal de alimentação da indústria, ou junto à cada equipamento gerador dos reativos indutivos (motores, p.ex.).

Podemos calcular indiretamente o fator de potência da seguinte maneira:

- a. Medindo com um wattímetro a potência na carga.
- b. Medindo a corrente total existente nos alimentadores da carga.
- c. Calcula-se a potência aparente multiplicando essa corrente pela tensão nominal na indústria.
- d. Dividindo-se a potência ativa pela potência aparente, teremos o  $\cos \theta$ , ou seja, o fator de potência.

Para fazer a correção deste, até o valor a ser adotado, ou seja, no mínimo de 0,92, basta:

- a. Calcular qual é a potência aparente, para esse f.p., mantendo a potência ativa.
- b. Calcular qual é a potência reativa capacitiva necessária para essa potência aparente e f.p.
- c. Essa potência calculada acima é a resultante da Potência Reativa sem capacitor (ou seja, a inicial) – a Potência Reativa capacitiva S a ser instalada. Podemos então ter:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A instalar:

$$P_{reativa\ final} = P_{reativa\ inicial} - P_{reativa}$$

Em que:

$$P_{reativa\ a\ instalar} = P_{reativa\ inicial} - P_{reativa\ final}$$

Sabendo a potência que nosso capacitor deve gerar, descobre-se sua reatância capacitiva do capacitor a instalar:

$$X_C = V^2 / P_{reativa\ a\ instalar}$$

Vimos, então, o procedimento prático para medir um fator de potência e com manipulações matemáticas, determinar a capacidade de um capacitor ou banco, para levar aquele fator de potência ao exigido. Em nossa prática veremos como determinar o fator de potência por medições e como corrigi-lo.

## Exemplo de cálculo das potências

Um motor de 5 HP possui um fator de potência atrasado de 0,6 e um rendimento de 92%. Considerando que o motor será alimentado com 220V e 60Hz, calcule as potências ativa, reativa e aparente.

Primeiro passo: calcular o valor da potência ativa de saída do motor.

O motor tem 5 HP. Se 1 HP = 746 W

Então  $P_o = 5 \text{ HP}$

$$P_o = 5 \times 746 = 3730 \text{ W}$$

Segundo passo: encontrar o ângulo de defasagem  $\theta$ :

Se o ângulo de defasagem é o arco cujo cosseno é 0,6

$$\theta = \arccos(\cos \theta) \quad (fp)$$

$$\theta = \arccos(0,6) = 53,13^\circ$$

Terceiro passo: cálculo da potência ativa de entrada do motor

$$P_i = \frac{P_o}{rendimento}$$

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Como o rendimento foi dado (0,92), teremos:

$$P_i = 3730 / 0,92$$

$$P_i = 4054,35 \text{ W}$$

Quarto passo: calcular a potência aparente do motor

A potência aparente é obtida dividindo a potência do motor pelo rendimento:

$$S_i = P_i / \cos\theta S_i = \frac{4054,35}{0,6} S_i = 6757,25 \text{ VA}$$

Quinto passo: calcular a potência reativa do motor

A potência reativa é obtida multiplicando a potência aparente pelo seno do ângulo de defasagem:

$$Q_i = S_i \cdot \sin\theta Q_i = 7757,25 \cdot \sin(53,13) = 5405,8 \text{ VAR}$$

Temos, então, a representação do triângulo de potências, conforme já visto:

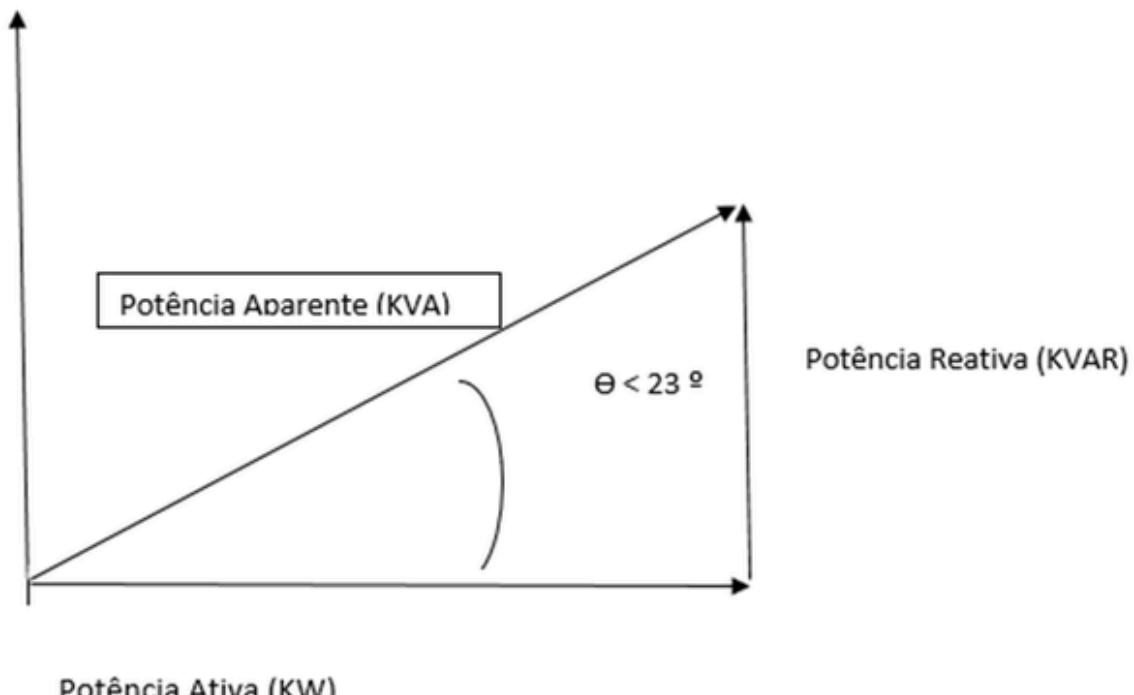


Figura 13 | Triângulo de vetores de potência. Fonte: elaborado pelo autor.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Sexto passo: calcular a reatância capacitiva para um fator de potência igual a 1.

Nesse caso, deveremos ter a potência reativa indutiva igual à potência reativa capacitiva.

$$Qi = Qc = 5405,8 \text{ Var}$$

Da lei de Ohm:  $P=V^2/R$

$$Xc = V^2/Qc$$

$$Xc = 220^2/5405,8 = 9\Omega$$

Sétimo passo:

Dada a reatância capacitiva, calcular o capacitor.

$$C = 1/(2\pi f Xc) \text{ se } X = 1/(2\pi f C)$$

$$C = 1/(2\pi \cdot 60 \cdot 9)$$

$$C = 294,7 \mu\text{F}$$

## Proteção de sistemas de Potência

Um sistema elétrico de potência é composto, basicamente, por usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações. Desse modo, ele pode ser classificado em: geração, transmissão, e distribuição, conforme mostra a Figura 14 (SOUZA, 2008).

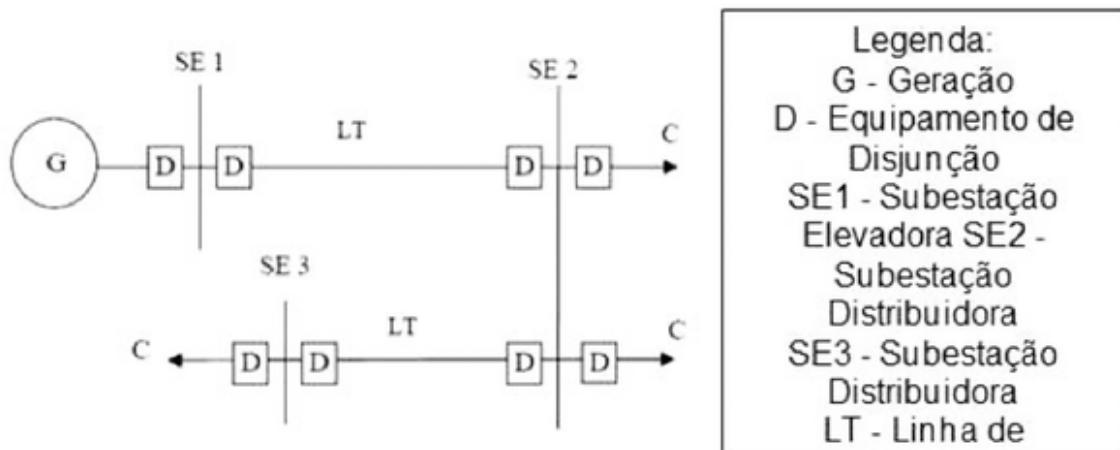


Figura 14 |Proteção de sistemas de potência. Fonte: SOUZA, 2008.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A proteção dos sistemas elétricos deve proporcionar, além da interrupção do fornecimento de energia, a possibilidade de armazenar dados com o intuito de se estudar posteriormente as causas das "falhas" ocorridas. Isso é possível com os equipamentos eletrônicos microprocessados hoje existentes.

## Princípios fundamentais da proteção

Os relés de proteção, principais equipamentos de proteção dos sistemas elétricos, são encarregados da retirada rápida do elemento (equipamento, barra ou seção de linha) quando este está em curto-circuito ou em operação anormal de funcionamento, impedindo que o problema se propague a outros elementos do sistema.

Os relés devem também informar onde que ocorre a falta e o objetivo da rápida manutenção do elemento causador desta e, portanto, o rápido religamento (Cotosck, 2007). Isso é possível com relés digitais que possuem microcontroladores embarcados.

## Tipos de relés

### Relés de sobrecorrente

Esses relés atuam quando o nível de corrente ajustado é ultrapassado.

Os relés de sobrecorrente podem ser instantâneos ou temporizados. Os relés temporizados podem operar com característica de tempo definido para atuação.

Podem, também, possuir característica inversa, isto é, quanto maior o nível de corrente, menor o tempo de operação dos relés.

### Relés diferenciais

São relés projetados para atuar quando a diferença entre a entrada e saída da grandeza associada ao elemento (equipamento ou circuito) de proteção excede o valor previamente estabelecido. São utilizados na proteção de falhas para terra, quando a corrente de terra é comparada à corrente em uma determinada fase.

### Relés direcionais de sobrecorrente

Os relés direcionais de sobrecorrente comparam a grandeza de referência, normalmente uma tensão, com a direção do fluxo de corrente, podendo então desligar partes do sistema elétrico submetidas a sobrecorrente em toda uma direção.

### Relés de distância

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Os relés de distância comparam o ponto de ocorrência da falta com o ponto onde se encontra o relé. Para tanto, o relé analisa a relação entre a tensão e a corrente no trecho. Dessa relação, determina-se a impedância vista pelo relé. A impedância de uma linha (ou trecho de linha) é proporcional ao comprimento dela, portanto a distância (comprimento da linha) em que ocorreu a falta (Cotosck, 2007).

Esses dispositivos de proteção serão mais bem estudados em disciplinas específicas.

## Saiba mais

Agora que você já aprendeu os conceitos envolvidos em circuitos indutivos e capacitivos e a correção do fator de potência, além de compreender como protegemos o sistema elétrico de potência, vamos sugerir a leitura do livro [Instalações Elétricas](#), de Helio Creder, especificamente o capítulo 9. Nele, você terá os passos necessários para calcular um banco de capacitores para correção de fator de potência, e as noções da aplicação dos diversos tipos de dispositivos de proteção de sistemas elétricos.

## Referências

COTOSCK, K. R. **Proteção de sistemas elétricos: uma abordagem técnico-pedagógica.** (2007).

CREDER, H. **Instalações Elétricas.** .6ª Edição. Disponível em:  
<https://www.drb.org.br/av1/Instalaoes16%20edHelioCreder.pdf>. Acessado em: 6 out. 2023.

FERGÜTZ, M. **Correção do Fator de Potência.** Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016.

FORTI, M. L. **Estudo de caso da correção de fator de potência industrial.** (2017).

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais.** 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013. 666 p.

POLI, E. de. **Circuitos elétricos de corrente alternada e a produção e transmissão de energia elétrica.** (2011).

REIS, J. C. S. dos; KIKUCHI, G. T. **Banco de capacitores para correção de fator de potência em indústria.** 2015. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica / Eletrônica, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo (feau), Universidade do Vale do Paraíba (univap), São José dos Campos, 2015. Disponível em:  
[https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/39095/1/ELEMAR\\_DOS\\_SANTOS\\_SILVA.pdf](https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/39095/1/ELEMAR_DOS_SANTOS_SILVA.pdf). Acesso em: 06 mar. 2024.

SOUZA, F. A. **Detecção de falhas em sistema de distribuição de energia elétrica usando dispositivos programáveis.** Dissertação em Engenharia Elétrica. UNESP, São Paulo, 2008.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Aula 3

Sistema Elétrico de Potência

### Sistema Elétrico de Potência



#### Este conteúdo é um vídeo!

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Olá, estudante!

Neste vídeo, serão abordados os seguintes temas: a situação do Sistema Elétrico de Potência brasileiro, suas fontes de energia e os equipamentos constituintes.

A matriz elétrica brasileira é predominantemente hidrelétrica, visto o país ser um dos que mais fontes hídricas possui no mundo, em condições de geração.

Outras fontes vêm aumentando a sua participação, como as fotovoltaicas e eólicas.

Abordaremos a questão dos componentes desse SEP.

Também veremos os equipamentos que o constituem e as suas funções dentro do conjunto SEP.

### Ponto de Partida

O sistema elétrico de potência é uma rede complexa e interconectada que envolve a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Este sistema é essencial para garantir que a energia elétrica gerada em usinas chegue de forma eficiente e segura aos consumidores finais. A seguir, abordaremos cada uma das etapas principais do sistema elétrico de potência. (BISCHELS, 2018)

A geração de energia é o primeiro estágio do sistema elétrico de potência. A energia elétrica pode ser gerada a partir de diversas fontes, incluindo (BISCHELS, 2018):

- Hidroelétricas: Utilizam a energia potencial da água armazenada em reservatórios.
- Termoelétricas: Queimam combustíveis fósseis como carvão, gás natural ou óleo.
- Nucleares: Utilizam reações nucleares para gerar calor e, consequentemente, eletricidade.
- Fontes Renováveis: Incluem energia solar, eólica, biomassa e geotérmica.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Após a geração, a energia elétrica precisa ser transmitida para áreas distantes, onde será utilizada. A transmissão de energia envolve (BISCHELS, 2018):

- Linhas de Transmissão: Transportam a energia elétrica em alta tensão para minimizar perdas.
- Subestações de Transmissão: Equipadas com transformadores que aumentam a tensão para transmissão e reduzem-na para distribuição.

## Equipamentos Utilizados na Transmissão

- Transformadores: Ajustam os níveis de tensão para transmissão e distribuição.
- Disjuntores: Protegem o sistema contra sobrecargas e curtos-circuitos.
- Seccionadores: Permitem a desconexão de partes do sistema para manutenção.
- Parafusos de Aterramento: Protegem contra surtos de tensão.

A distribuição é a etapa final, onde a energia elétrica é entregue aos consumidores. Envolve (BISCHELS, 2018):

- Subestações de Distribuição: Reduzem a tensão para níveis utilizáveis por consumidores residenciais, comerciais e industriais.
- Linhas de Distribuição: Transportam a energia a partir das subestações até os consumidores finais.
- Transformadores de Distribuição: Ajustam a tensão para níveis adequados ao uso final.

## Equipamentos Utilizados na Distribuição

- Transformadores de Distribuição: Reduzem a tensão para níveis seguros para consumo.
- Cabos de Distribuição: Conduzem a energia até os consumidores.
- Medidores de Energia: Monitoram o consumo de energia pelos usuários.
- Chaves Fusíveis: Protegem contra sobrecargas e falhas no sistema.

As subestações são componentes muito importantes em ambas as etapas de transmissão e distribuição. Elas contêm uma variedade de equipamentos que ajudam a controlar e proteger o fluxo de energia elétrica (BISCHELS, 2018).

## Equipamentos em Subestações:

- Transformadores: Ajustam os níveis de tensão.
- Disjuntores e Seccionadores: Protegem e isolam partes do sistema.
- Relés de Proteção: Detectam falhas e acionam disjuntores.
- Painéis de Controle: Monitoram e controlam a operação da subestação.

## Histórico

A facilidade com que a energia elétrica pode ser transformada em outras formas de energia

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

– luminosa, mecânica, térmica, sonora – rapidamente e sem poluição, levou a humanidade a uma gigantesca utilização dessa forma de energia, a tal ponto que atualmente a energia elétrica é considerada vital para o desenvolvimento de qualquer país (Bichels, 2018).

A interligação de todas as áreas de consumo e usinas geradoras do país, formando um grande sistema interligado, possibilita maior confiabilidade e qualidade no atendimento às cargas e viabiliza a integração das fontes de geração desse sistema.

Tentou-se inicialmente a distribuição da energia elétrica em corrente contínua, gerando um gasto enorme em condutores, e perdas por efeito Joule muito grandes.

A partir de Nikola Tesla, demonstrou-se a viabilidade de gerar e distribuir a energia elétrica sob forma alternada. Em 1883, já no Brasil, Campos seria a primeira cidade iluminada a partir de energia elétrica, vindo depois as demais, e o aprimoramento do sistema elétrico brasileiro (Bichels, 2018).

Com respeito às tensões, também houve uma diversidade muito grande, a exemplo das de 2,3; 6,9; 11; 13,8; 15; 22; 34,5; 44; 69; 88; 138; 230; 345; 440 e 500 kV. Com o Decreto-Lei no 73.080, de 5 de novembro de 1973, foram padronizadas no Brasil as seguintes tensões para a transmissão: 13,8; 34,5; 69; 138; 230; 500 e 750 kV e as tensões de 13,8 e 34,5 kV para distribuição em alta tensão (também consideradas média tensão) (Bichels, 2018).

Quanto à frequência, o Brasil seguiu inicialmente o padrão americano de 60Hz e também o europeu de 50 Hz. Na década de 1950, houve a unificação das frequências em 60 Hz, o que permitiu a interligação das diversas fontes de geração de energia elétrica, formando o Sistema Elétrico Brasileiro (ONS,2023).

Atualmente, o Brasil conta com um grande sistema elétrico interligado, com mais de 138.965 km de linhas de transmissão com tensões de 230, 345, 440, 500 e 750 kV em corrente alternada e frequência de 60 Hz e linhas de 600 kV em corrente contínua como conexão das UHEs Itaipu, Jirau e Santo Antônio e de 800 kV como conexão da UHE Belo Monte, com a capacidade de transformação superior a 318.000 MVA, estendendo-se do Rio Grande do Sul ao Pará e interligando também os Estados do Amapá e Amazonas e interconectando 4.704 usinas com uma capacidade instalada total de 153.644.053 MW (ONS,2023).

## Configuração do SEP brasileiro

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 1 | SEP. Fonte: Coelce, 2015.

A geração é a etapa de obtenção e transformação de energia oriunda de fonte primária (energia potencial hidráulica, gás natural, petróleo, carvão mineral etc.) em energia elétrica. Geralmente, as usinas geradoras estão localizadas próximas dos recursos naturais e energéticos, como, por exemplo, as usinas hidrelétricas, em grandes rios e em represas com alto volume de água visando aproveitar o desnível para a queda d'água. Atualmente, as usinas hidrelétricas no Brasil, tendem a utilizar a alta vazão de água, e não a diferença de níveis, vide a usina de Belo Monte.

A transmissão é a condução do local de onde a energia foi gerada até os centros de distribuição. O transporte da eletricidade é feito por linhas de transmissão de alta tensão. Essas são fixadas em grandes torres de metal, ou concreto, como pode-se observar na Figura 2.

Transcorrida a travessia de longas distâncias, a eletricidade passa por subestações para diminuir a tensão elétrica e assim iniciar a distribuição (ESTAÇÃO REBAIXADORA) (ELÉTRICA, 2017).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 2 | Torre de transmissão. Fonte: Shutterstock.

A distribuição é o passo final no fornecimento de energia elétrica. Nessa etapa, ocorre o rebaixamento da tensão oriunda do sistema de transmissão. A energia chega em subestações rebaixadoras de tensão, a fim de que seja feita a distribuição.

A rede de distribuição é composta por equipamentos que operam em níveis de alta tensão (superior a 69 kV e inferior a 230 kV), média tensão (superior a 1 kV e inferior a 69 kV) e baixa tensão (igual ou inferior a 1 kV) (SRD, 2015).

A energia que vem pelas Linhas de Transmissão, ao se aproximar dos grandes centros, tem a sua tensão rebaixada sucessivamente, até chegar aos níveis de consumidor (110, 220 ou 380V), através das subestações transformadoras rebaixadoras de energia.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 3 | Subestação elétrica. Fonte: Shutterstock.

## Vamos Começar!

### Sistema Elétrico Brasileiro

#### Características do Sistema Elétrico Brasileiro

O Brasil possui um sistema elétrico que pode ser considerado único em âmbito mundial devido ao seu tamanho e características. É um sistema hidroelétrico de grande porte, com forte predominância de usinas hidroelétricas, privatizadas ou não.

A geração é responsável por produzir energia elétrica e levá-la aos sistemas de transporte (transmissão e distribuição) para que chegue aos consumidores.

Um ponto importante sobre a produção e o consumo de energia elétrica é que, diferentemente de redes de saneamento e gás, a energia elétrica não pode ser armazenada de forma economicamente viável, e isso exige equilíbrio constante entre oferta e demanda. Em outras palavras, toda a energia consumida deve ser produzida instantaneamente e, quando há desequilíbrios, mesmo que por

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

frações de minuto, todo o sistema corre o risco de desligamentos em cascata, os chamados "apagões".

## Energia hidrelétrica

Atualmente, a energia hidrelétrica representa 16% da energia gerada em todo o planeta, conforme indicam os dados da Agência Internacional de Energia (IEA, sigla em inglês), representando a terceira fonte mais utilizada para a produção energética no mundo. Ela fica atrás somente do carvão e do gás natural (ONS, 2023).

No Brasil, a hidrelétrica é a principal forma de energia que abastece as residências, indústrias e estabelecimentos, e responde por 67% da eletricidade gerada no país. Os dados atualizados são da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) (Brasilescola, 2023).

A energia hidrelétrica é o produto final da transformação da energia da água em movimento (energia cinética). Todo esse processo acontece normalmente por meio de um conjunto de turbinas que integram as usinas hidrelétricas.

Os reservatórios das usinas são responsáveis pelo armazenamento de uma grande quantidade de água, a qual detém o que se chama de energia potencial gravitacional. Pode, em alguns casos, ser a energia cinética da vazão do rio também a produzir movimento nas turbinas.

A partir do momento em que essa água deixa o reservatório, ela entra em alta velocidade na casa de força e realiza a movimentação das pás que formam as turbinas, convertendo, assim, a energia potencial em energia cinética (Brasilescola, 2023).

Os movimentos das turbinas acionam os geradores, responsáveis pela transformação da energia cinética em energia elétrica. A água que passou por todos esses processos é redirecionada para o rio por meio do escoadouro, enquanto a hidreletricidade é conduzida para a rede de distribuição, responsável pela transmissão.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

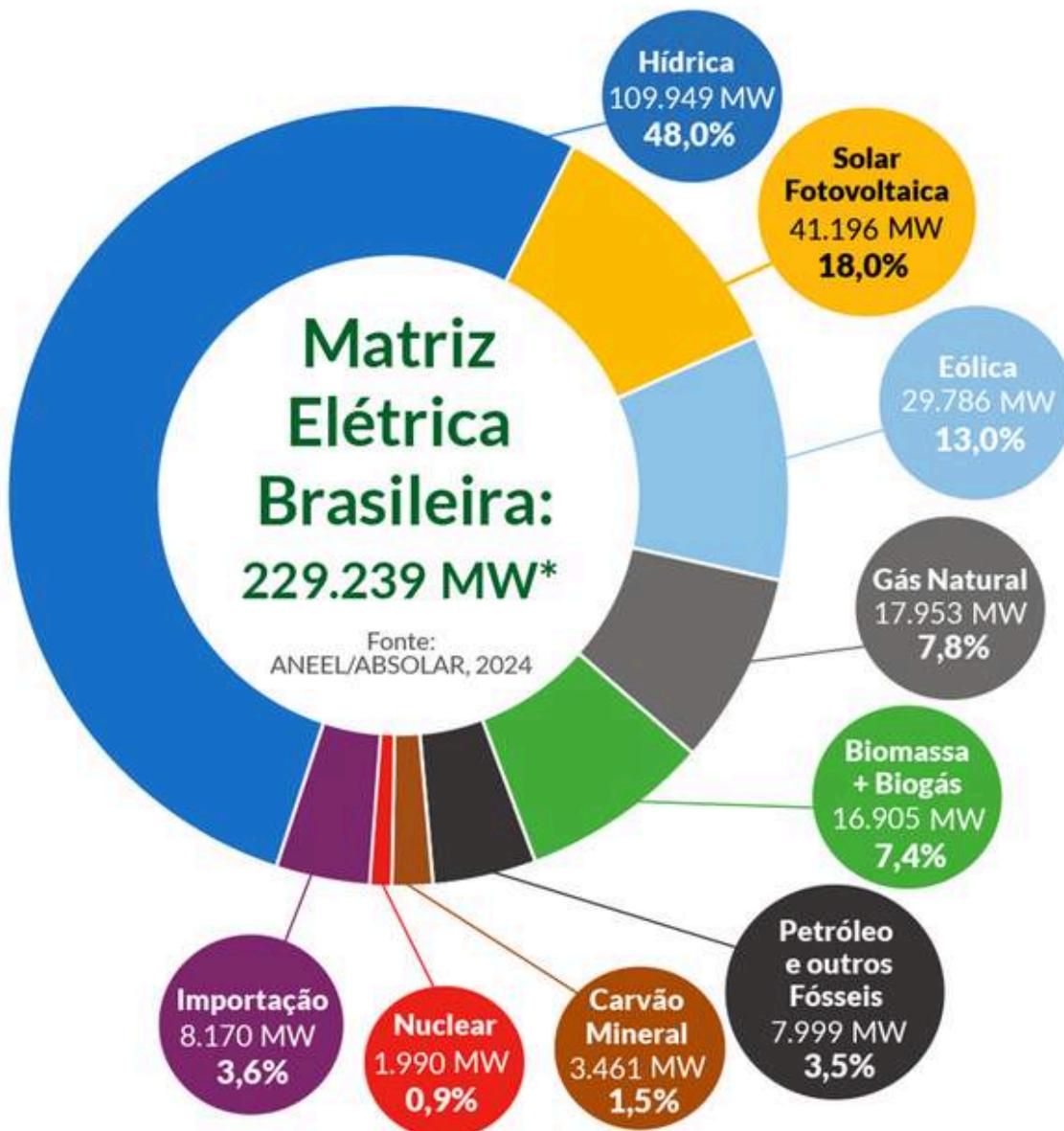


Figura 4 | Matriz elétrica brasileira. Fonte: Portal Solar, 2024.

Após a geração, equipamentos transformadores entram em ação, elevando a tensão, com a finalidade de que a energia possa viajar pelas Linhas de Transmissão, com as menores perdas por efeito Joule possíveis.

No Brasil, temos uma matriz energética “limpa”, com crescimento acentuado de outras fontes energéticas, como a energia fotovoltaica e a eólica (ONS, 2023).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Subestações elétricas

De acordo com Altoé (2013), nas subestações existem sistemas de medição, proteção e transformação, visando o atendimento à demanda de energia solicitada pelas instalações alimentadas por elas, com flexibilidade para realizar manobras e confiabilidade tanto na proteção quanto na operação.

Geralmente localizada na saída de usinas geradoras, uma SE Transformadora Elevadora tem como objetivo principal facilitar o transporte de energia, a diminuição das perdas e melhoria no processo de isolamento dos condutores, visto que ao se elevar a tensão diminui-se a corrente e, consequentemente, a espessura dos condutores e as perdas (BARBOSA FILHO, 2019, p. 21).

## Linhas de transmissão

A linha de transmissão é basicamente um conjunto de estruturas elevadas com fios capazes de suportar e transmitir cargas elétricas de um lugar para outro. Geralmente, elas percorrem longas distâncias, portanto, tem de haver estrutura física para suportá-las, e estas são construídas em aço ou concreto.

## Classificação das linhas de transmissão

As classificações das linhas de transmissão variam conforme a distância que elas conseguem transmitir energia. Com relação ao comprimento, podem ser linhas curtas, médias e longas.

- Até 80 km: linhas curtas;
- De 80 a 240 km: linhas médias
- Acima de 240 km: linhas longas.

## Subestações distribuidoras

A subestação abaixadora faz com que a tensão de saída seja menor do que a tensão de entrada, e são posicionadas próximo aos centros urbanos, de modo que não haja necessidade de longas distâncias na distribuição.

As subestações de distribuição são instaladas nos centros urbanos com média tensão que é classificada como nível primário de distribuição, ou seja, 13,8 kV a 34,5 kV conforme a NBR5460 (ABNT, 1992).

A classificação acerca do tipo de instalação baseia-se no tipo de construção e na forma em que são instalados os equipamentos. A instalação abrigada se caracteriza pelo estabelecimento dos equipamentos e aparelhos são instalados em dependências protegidas das intempéries climáticas. Por sua vez, na instalação os equipamentos são resistentes às intempéries em conformidade com a NBR 14039 (2005).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 5 | Painéis (a) de subestação externa (b). Fonte: Shutterstock.

Siga em Frente...

## Equipamentos e Subestações

### Tipos de subestações

Subestação de baixa tensão 380/220/110 V

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 6 | Subestação de baixa tensão. Fonte: elaborado pelo autor.

Reparam que ela é totalmente abrigada, de pequenas dimensões, porém com grades de proteção para impedir o acesso de pessoal não autorizado.

## Subestação de média tensão (13,8 KV)

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 7 | Subestação de média tensão. Fonte: Shutterstock.

Na Figura 7, vemos que essa subestação é relativamente pequena e com equipamentos básicos. No chão, há bastante brita. A finalidade da brita é justamente fragmentar o piso de maneira a se evitar o “potencial de passo”.

Potencial de passo é a diferença de potencial gerada sobre um indivíduo devido aos campos eletromagnéticos gerados pelos transformadores. Quando um indivíduo assim energizado vai dar um passo nesta área da subestação, a diferença de potência entre cada pé pode matá-lo. Se o piso estiver fragmentado, haverá uma maior resistência a circular a corrente fatal.

## Subestação de Alta tensão (138KV)

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 8 | Subestação de alta tensão. Fonte: elaborado pelo autor.

Essas subestações são comuns na entrada de cidades, em locais isolados, e sem operadores humanos, visando a sua segurança. São expostas ao tempo, e com isoladores próprios para não acumular água da chuva ou poeira, que poderiam gerar perdas nos dielétricos.

## Subestação de Extra Alta Tensão (230 KV)

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 9 | Subestação de Extra Alta Tensão. Fonte: Shutterstock.

Nota-se uma grande quantidade de equipamentos isolados, visando evitar riscos de descargas a esse nível de tensão.

## Equipamentos usados em Subestações

### Transformadores de corrente

Os transformadores de corrente possuem a função de suprir de corrente os medidores e os equipamentos de medição e proteção.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

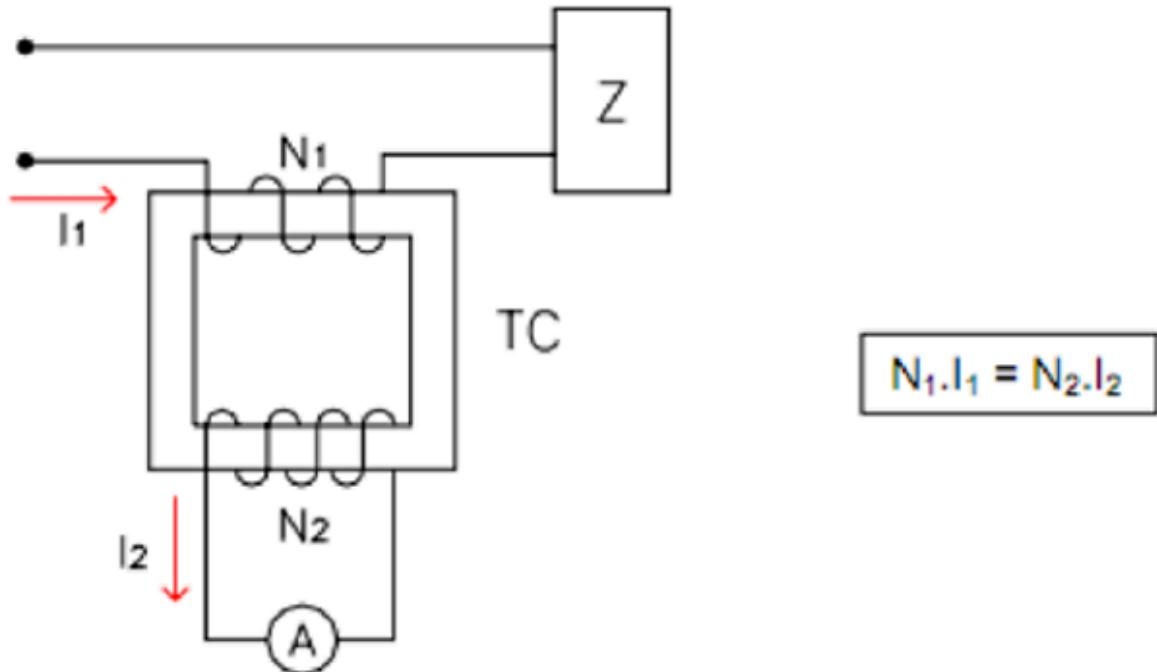


Figura 10 | Esquema básico de um transformador de corrente. Fonte: elaborado pelo autor.

Ou seja, seu primário é atravessado por uma corrente geralmente muito maior que a do secundário. Geralmente esse transformador é usado para medição, em equipamento sensível.

## Transformadores de corrente para medição

Utilizados para medição de correntes em alta tensão, possuem características de boa precisão (0,3% a 0,6% de erro de medição) e baixa corrente de circulação.

São equipamentos de alta precisão na transformação da corrente secundária, pois alimentam medidores, geralmente de faturamento.

Classe de exatidão dos transformadores de corrente	% recomendada
ABNT	0,3; 0,6; 1,2; 3,0
ANSI	0,3; 0,6; 1,2

Tabela 1 | Classes de exatidão. Fonte: elaborado pelo autor.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Transformador de corrente para proteção

Utilizados para proteger os equipamentos da subestação e isolar o circuito primário do secundário.

Usados para proteção de circuitos de alta tensão, são caracterizados por não precisarem de alta precisão (10% a 20% de erro de medição).

## Transformadores de potencial

Os transformadores de potencial têm a função fazer a medição de tensão em sistemas com tensão acima de 600 V. Eles possuem uma filosofia de funcionamento análoga ao dos transformadores de corrente, fornecendo uma tensão proporcional aos circuitos de alta tensão que estão sendo medidos.

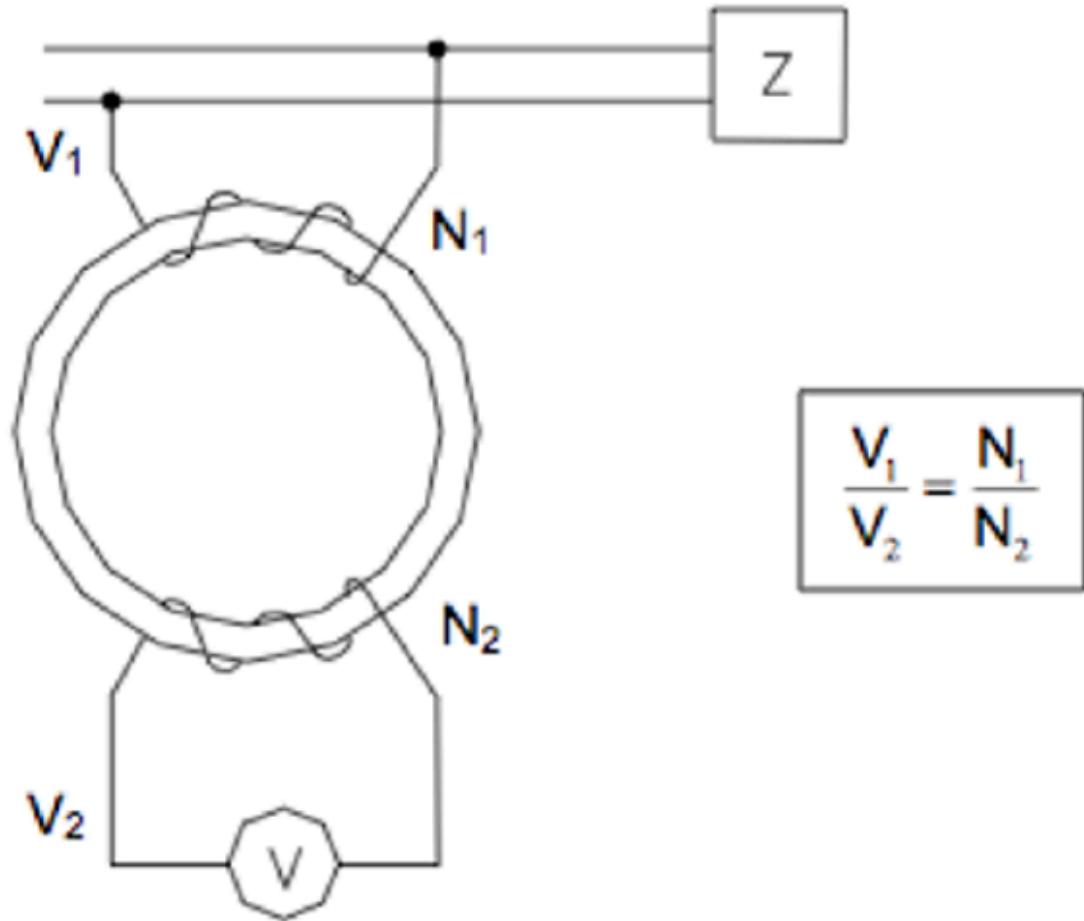


Figura 11 | Transformador de Potencial. Fonte: elaborado pelo autor.

No caso, com  $N_1 > N_2$ , teremos no secundário uma tensão significativamente menor, que possa ser medida por um instrumento convencional.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Os TPs e TCs são usados sempre em medições, portanto estão sujeitos a classes de precisão e potências padronizadas.

Esses equipamentos têm que obedecer a seguinte padronização:

## TENSÃO PRIMÁRIA NOMINAL

A tensão primária do transformador de potencial vai ser a mesma da tensão do circuito ao qual seu primário está ligado.

## TENSÃO SECUNDÁRIA NOMINAL

É padronizada em 115 V ou  $115/\sqrt{3}$  V.

## CLASSE DE EXATIDÃO

Representa o valor máximo do erro que o transformador de potencial poderá apresentar para os instrumentos da subestação. Esse valor é representado em percentual.

Classe de exatidão	% recomendada	% aceitável
TP alimentando instrumentos	0,3	0,6
Medidores e indicadores	0,6	1,2

Tabela 2 | Classes de exatidão para transformadores de potencial. Fonte: elaborado pelo autor.

## Seccionadores

São equipamentos destinados a fechar, abrir ou transferir as ligações de um circuito tendo como isolante o ar. O seccionamento deve acontecer sem carga, ou seja, após a abertura do circuito por outro dispositivo, no caso um disjuntor. Tais operações devem atender aos requisitos de manobra, que são:

- Na posição fechada, possui baixa resistência.
- Na posição aberta, deve suportar com segurança as tensões que se estabelecem.
- As partes que em qualquer condição de operação possam ficar sob tensão, devem ser isoladas (para terra e entre fases).

## Seccionadores só operam em circuitos sem passagem de corrente

Os seccionadores podem interromper somente correntes pequenas, tais como: correntes de magnetização de transformadores, ou correntes em vazio de linhas de transmissão, porém nunca

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

correntes nominais (Creder, 2023).

## Interruptores

São dispositivos mecânicos de manobra capazes de fechar, abrir ou transferir as ligações de um circuito, podendo operar em condições nominais do circuito e sob carga, resistindo aos esforços decorrentes.

## Chaves de aterramento

As chaves de terra ou de aterramento são necessárias em serviço de manutenção, visando proteger operadores. Isto devido a diversos componentes do sistema elétrico não serem aterrados, como, por exemplo, banco de capacitores em derivação, barramentos ou linhas de transmissão. Para segurança dos operadores, deve ser sinalizada a operação e todos os pontos da linha aterrados, antes de qualquer intervenção humana.

Segundo a ABNT / IEC, as chaves de aterramento são dispositivos dotados de um sistema de acionamento rápido, preparados para atuar em situações de emergência, ou de manutenção.

A função principal é aterrinar componentes do equipamento em manutenção.

## Vamos Exercitar?

## Mitos e Verdades sobre Descargas Atmosféricas

Entender os mitos e verdades sobre descargas elétricas é muito importante para adotar medidas de segurança adequadas durante tempestades. Sempre busque abrigo seguro e evite comportamentos que possam aumentar o risco de ser atingido por um relâmpago (BICHELS,2018).

Dentre os mitos mais comuns podemos citar, sempre seguidos de suas correspondentes verdadeiras (BICHELS,2018):

1. Mito: Relâmpagos nunca caem duas vezes no mesmo lugar.  
Realidade: Relâmpagos podem e frequentemente caem várias vezes no mesmo lugar. Estruturas altas como arranha-céus e torres de rádio são atingidas repetidamente.
2. Mito: Pneus de borracha de um carro protegem contra relâmpagos.  
Realidade: O que realmente protege é a estrutura metálica do carro, que atua como uma gaiola de Faraday, direcionando a eletricidade ao redor dos ocupantes e para o solo.
3. Mito: Você está seguro de um relâmpago se estiver dentro de casa.  
Realidade: Embora seja mais seguro estar dentro de casa, relâmpagos podem entrar através de fios elétricos, canos e até mesmo através de janelas abertas.
4. Mito: Relâmpagos só ocorrem durante tempestades.  
Realidade: Relâmpagos podem ocorrer em qualquer condição meteorológica, incluindo

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

erupções vulcânicas, tempestades de poeira e até mesmo em incêndios florestais.

5. Mito: Se você não vê nuvens de tempestade, está seguro de relâmpagos.

Realidade: Relâmpagos podem ocorrer a até 16 km de distância de uma tempestade, mesmo em áreas onde o céu está claro.

E dentre as verdades mais relevantes, seguidas de suas respectivas explicações (BICHELS,2018):

1. Verdade: Relâmpagos são extremamente perigosos.

Explicação: Relâmpagos podem causar queimaduras graves, danos neurológicos e até mesmo a morte. É crucial buscar abrigo seguro durante tempestades.

2. Verdade: Relâmpagos podem causar incêndios.

Explicação: Relâmpagos podem incendiar árvores, casas e outras estruturas ao atingir materiais inflamáveis.

3. Verdade: Relâmpagos podem viajar através de encanamentos e fios elétricos.

Explicação: Durante uma tempestade, é aconselhável evitar o uso de aparelhos elétricos e encanamentos, como chuveiros, para reduzir o risco de choque elétrico.

4. Verdade: Relâmpagos são mais comuns em certas áreas geográficas.

Explicação: Regiões tropicais e áreas com alta incidência de tempestades, como a Flórida nos Estados Unidos, têm maior frequência de relâmpagos.

5. Verdade: Relâmpagos podem ocorrer durante tempestades de neve.

Explicação: Embora raro, relâmpagos podem ocorrer durante tempestades de neve, um fenômeno conhecido como "thundersnow".

## Saiba mais

Agora que você compreendeu como o SEP brasileiro é constituído e a sua interligação a qualquer forma de geração de energia, aconselhamos se aprofundar nos sites do NOS (organizador Nacional do Sistema) e EPE (Empresa de Planejamento Energético) do Brasil.

Recomendamos que você aprofunde seus conhecimentos em relatórios de:

[Balanço Energético Nacional.](#)

[ONS - Operador Nacional do Sistema.](#)

Bons estudos!

## Referências

ALUGAGERA. **Potência ativa, reativa e aparente.** Disponível em:

<https://alugagera.com.br/noticias/potencia-ativa-reactiva-aparente>. Acesso em: 20 nov. 2023.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

ANEEL, Cadernos Temáticos. "Micro e minigeração distribuída." *Sistema de Compensação de Energia Elétrica*. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação-Cedoc (2014).

ALTOÉ, S. M. L. et al. "Perfil das informações ambientais: um estudo exploratório em empresas dos setores siderúrgico e metalúrgico." *REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL*-Universidade Federal do Rio Grande do Norte-ISSN 2176-9036 5.2 (2013): 209-228.

BARBOSA FILHO, S. R. **Utilização de tecnologia híbrida para compactação de subestações elétricas.** 140 F. 2019. Monografia (Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Ceará). 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/45280> . Acesso em: 21 out. 2023.

BICHELS, A. **Sistemas elétricos de potência: métodos de análise e solução.** (2018).

Brasil Escola. **Energia hidrelétrica** . Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/energia-hidreletrica.htm>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CREDER, H. Instalações Elétricas. 16ª. Edição. Disponível em: <https://www.drb-m.org/av1/Instalaoes16%20edHelioCreder.pdf>. Acesso em: 6 out. 2023.

DE CAMPOS, L. F. G.; ESTEVAM, G. P. A atuação das subestações no Sistema Elétrico de Potência. *Revista eSALENG-Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO-Vol 9.1* (2020).

ANEEL AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, A. N. de E. **Plano de Dados Abertos 2016-2017.** 2017. ANEEL. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aprt20164074\\_2.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aprt20164074_2.pdf) . Acesso em: 23 mar. 2020. Citado na página 17.

LEÃO, A. R. **Sistema de geração de energia elétrica em tratores para aplicações agrícolas.** MS thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.

MARTINS, H. H. **Criando uma nova fonte para o setor elétrico brasileiro: o papel das políticas públicas e dos drivers na promoção da bioeletricidade.**(2020).

NBR 5460 de 30 abr. 1992.**Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)**. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=4123> . Acesso em: 29/11/24 .

ONS. Organizador Nacional do Sistema. Disponível em: <http://ons.org.br>.Acesso em 20/11/2023.

PORTAL SOLAR, 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/> . Acesso em: 09/08/2024.

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica.** 2015. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: [https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/tomadas-de-subsídios?p\\_p\\_id=participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&p\\_p\\_col\\_id=column-](https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/tomadas-de-subsídios?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-)

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

[2&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_ideDocumento=39519&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_tipoFaseReuniao=fase&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp](#). Acesso em: 27 abr. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 35.

## Aula 4

Características do Sistema de Distribuição e Visita Técnica

### Características do Sistema de Distribuição e Visita Técnica

#### Este conteúdo é um vídeo!



Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Nesta videoaula, estudaremos a forma como as redes de geração, transmissão e distribuição são montadas visando o fornecimento de energia elétrica ao consumidor. A isto chama-se topologia de redes.

## Ponto de Partida

A topologia de redes de distribuição de energia refere-se à configuração e ao arranjo dos componentes que compõem a rede elétrica, incluindo linhas de transmissão, transformadores, subestações e consumidores finais. Existem várias topologias comuns, como radial, em anel e malhada. Na topologia radial, a energia flui de um único ponto de origem para vários pontos de consumo, semelhante aos ramos de uma árvore, sendo simples e econômica, mas vulnerável a falhas. A topologia em anel conecta os pontos de consumo em um laço fechado, permitindo maior confiabilidade e redundância, pois a energia pode ser redirecionada em caso de falha.

## Topologia

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A topologia malhada é a mais complexa e robusta, com múltiplas interconexões entre os pontos de distribuição, proporcionando alta confiabilidade e flexibilidade, mas com maior custo e complexidade de gerenciamento. A escolha da topologia depende de fatores como custo, confiabilidade desejada e características geográficas da área a ser atendida. (ROCHA, 2022)

A escolha entre uma rede de distribuição de energia aérea ou subterrânea depende de uma série de características e fatores que influenciam a decisão. Redes aéreas são geralmente mais econômicas de instalar e manter, além de serem mais fáceis de reparar e expandir. No entanto, são mais suscetíveis a danos causados por intempéries, como ventos fortes, tempestades e quedas de árvores, o que pode resultar em interrupções mais frequentes no fornecimento de energia. Por outro lado, redes subterrâneas, embora significativamente mais caras de instalar e reparar, oferecem maior proteção contra eventos climáticos e vandalismo, resultando em maior confiabilidade e menor impacto visual, o que é particularmente desejável em áreas urbanas densamente povoadas e em locais onde a estética é uma preocupação importante. Além disso, a escolha pode ser influenciada por fatores geográficos e ambientais, como a presença de terrenos rochosos ou áreas sujeitas a inundações, que podem aumentar a complexidade e o custo da instalação subterrânea. Em resumo, a decisão entre uma rede aérea ou subterrânea envolve um balanço entre custo, confiabilidade, estética e considerações ambientais. (ROCHA, 2022)

## Redes de Distribuição de Energia Elétrica

As redes de Distribuição de Energia Elétrica interligam os sistemas de transmissão até as unidades consumidoras. O transporte da energia elétrica se dá por meio de circuitos de transmissão (tipicamente em tensões de 69 a 138 kV), e de distribuição primária (11,9 a 34,5 kV) e secundária (110 a 480 V) (CRISPINO, 2001).

## Topologias de Redes de Distribuição de Energia Elétrica

Em função da demanda de energia elétrica, as distribuidoras credenciadas de energia elétrica fazem uso de diferentes topologias de rede, ou seja, ligações entre os equipamentos da rede para o fornecimento de energia.

As topologias de rede mais utilizadas são mostradas a seguir (BARRETO, 2001):

Rede radial;

Rede malhada;

Rede em anel.

### Rede radial

Se dividem em:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## a. Rede radial

Nos sistemas de distribuição radiais simples, a energia elétrica flui por uma única via, da subestação até a unidade consumidora. Nesses sistemas, uma falha no alimentador gera interrupção do fornecimento de energia elétrica a essas cargas, até que o defeito seja reparado (LIRA, G.N.,2011).

## b. Rede radial com recurso

Redes de distribuição radiais com recurso são como as redes radiais simples com pontos de interligação, destinados a permitir manobras realizadas manualmente ou automaticamente (LIRA, G.N.,2011).

## c. Rede reticulada

Em redes reticuladas, dois ou mais transformadores são ligados em paralelo, alimentam circuitos de baixa tensão interligados ou independentes. Os transformadores são alimentados por circuitos primários independentes e na falha de um alimentador os outros transformadores continuam alimentando a carga. Essa topologia, muito aplicada em redes subterrâneas, é geralmente empregada em grandes centros urbanos, onde a densidade de carga é elevada e existem impedimentos a interrupções de fornecimento.

## d. Rede em malha

É um tipo de rede em malha que permite a alimentação de um mesmo ponto de rede, por mais de dois caminhos diferentes. Esse tipo de tipologia é aplicado em redes de transporte ou linhas de transmissão.

Os consumidores podem ser alimentados por várias linhas, sendo ligadas com o objetivo de constituírem malhas fechadas. Os geradores estão ligados de forma que o fluxo de energia vá até aos consumidores, por qualquer percurso.

## e. Rede em anel

Nela, a alimentação de um mesmo ponto de rede por dois caminhos diferentes, podendo ser utilizado o regime de anel aberto. Essa topologia apresenta maior confiabilidade em relação à rede malhada e à rede radial, porém com custo mais elevado (Ferreira, 2018).

A Figura 1 apresenta a estrutura topológica da rede de energia elétrica:

- a. rede radial;
- b. rede malhada;
- c. rede em anel.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

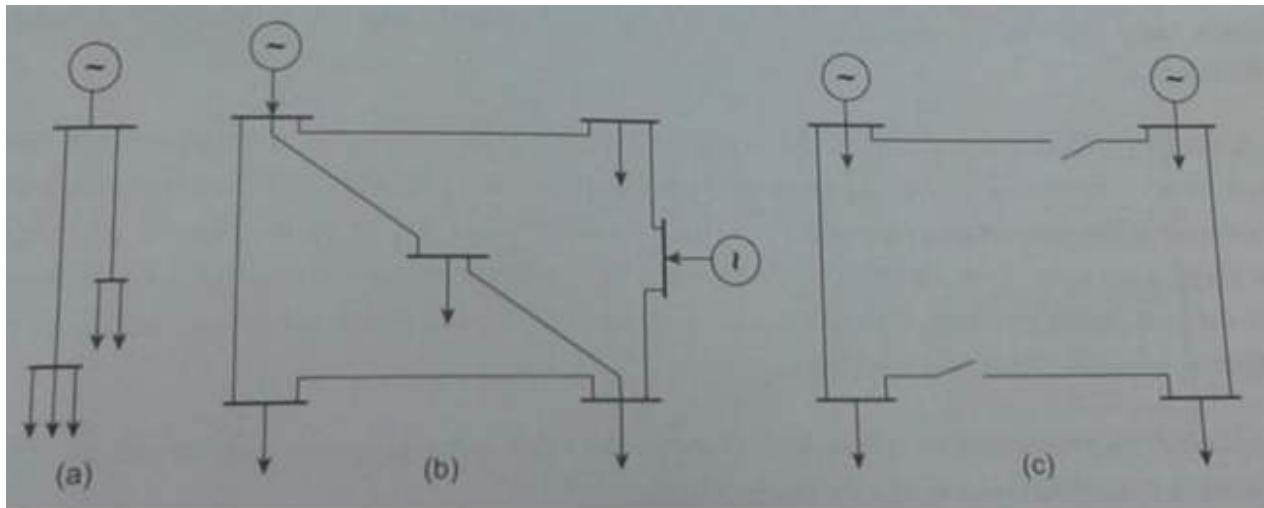


Figura 1 |Tipos de rede. Fonte: elaborado pelo autor.

## Redes de distribuição subterrâneas

São redes de distribuição, geralmente em 220/380 V, com transformadores em postes ou “Vaults” subterrâneos, que possuem características bem específicas de projeto e execução.

As redes subterrâneas podem ser primárias ou secundárias:

- Todas as redes de distribuição primárias subterrâneas normalmente são compostas por circuitos de média tensão, trifásicos radiais, em cabos do tipo isolado para a alimentação dos transformadores e com configuração em 13,8kV, 13,2kV e 12,6kV geralmente.
- As redes de distribuição subterrâneas secundárias, ou de baixa tensão, apresentam-se em tensões dadas em 380/220V, derivando dos transformadores até o ramal de entrada (Rocha, 2022).

## Vamos Começar!

## Redes de Distribuição

### Redes elétricas de distribuição

As redes elétricas têm como finalidade assegurar a transmissão e a distribuição de energia desde as instalações de produção até os consumidores finais. Estas podem ser classificadas segundo diversos critérios.

#### Critério da tensão nominal

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

O primeiro critério é a tensão nominal, que é a grandeza que determina a capacidade de transporte e fixa o comprimento das linhas e das subestações. Como já vimos, temos redes de baixa tensão, média tensão, alta tensão e extra alta tensão.

## Critério da função do sistema

O segundo critério é a função que o sistema deve assegurar, que é o mais importante: se a distribuição é primária, a partir da geração, garante o transporte em uma linha de transmissão, ou distribuição secundária, quando a finalidade é levar energia elétrica ao consumidor final (Ferreira, 2018).

## Critério da topologia de rede

O terceiro critério está ligado à topologia da rede, fixando a sua operação normal e as possibilidades de socorro em caso de falha.

### Classificação das redes elétricas quanto a sua função

#### Redes de distribuição

As redes de distribuição levam a energia aos consumidores finais, domésticos ou industriais. Utilizam-se de três níveis de tensão:

- Baixa tensão, na qual deverão estar ligados os aparelhos do consumidor;
- Média tensão, que deverá alimentar todos os transformadores e
- Alta tensão, que deverá unicamente ser usada nas linhas de transmissão para vencer longas distâncias.

Nosso SEP (Sistema Elétrico de Potência brasileiro) pode receber energia produzida por qualquer produtor, independentemente de seu porte, de fontes renováveis, como, por exemplo, energia fotovoltaica, energia da queima de biomassa e energia de PCHs (pequenas centrais hidrelétricas), energia eólica, entre outras.

As redes de distribuição são aplicadas em poucos quilómetros, com potências relativamente baixas, para níveis de tensões de 30 kV, 15 kV, 13,8 KV, 10 kV, 6 kV e 400 V e usam topologia de rede em anel radial (Ferreira, 2018).

#### Redes de transporte

As redes de transporte são feitas em alta tensão e muito alta tensão, cobrindo uma grande área geográfica, levando grandes pacotes de energia elétrica, entregues pelas usinas geradoras. As linhas de transporte são aplicadas em centenas de quilómetros, potências muito elevadas, para níveis de tensão de 150 kV, 220 kV e 400 kV, e tendo elevada confiabilidade com uma topologia de rede em

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

exploração malhada (O N S, 2023). Existem no Brasil linhas de transmissão em 500kV DC (corrente contínua) ou superior, em uma tecnologia que consegue limitar as perdas por efeito Joule.

**Quanto a sua topologia as redes podem ser:**

## Redes radiais

As redes radiais simples são as mais utilizadas nos sistemas de distribuição devido ao baixo custo de investimento e manutenção e à relativa facilidade de coordenação de sistemas de proteção (Campos, 2019).

As redes radiais se dividem, pela topologia, em:

a. **Barra Simples (um circuito de suprimento)**

A topologia Barra Simples, apresenta um custo bastante baixo. Ela pode contar com uma única linha de suprimento.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

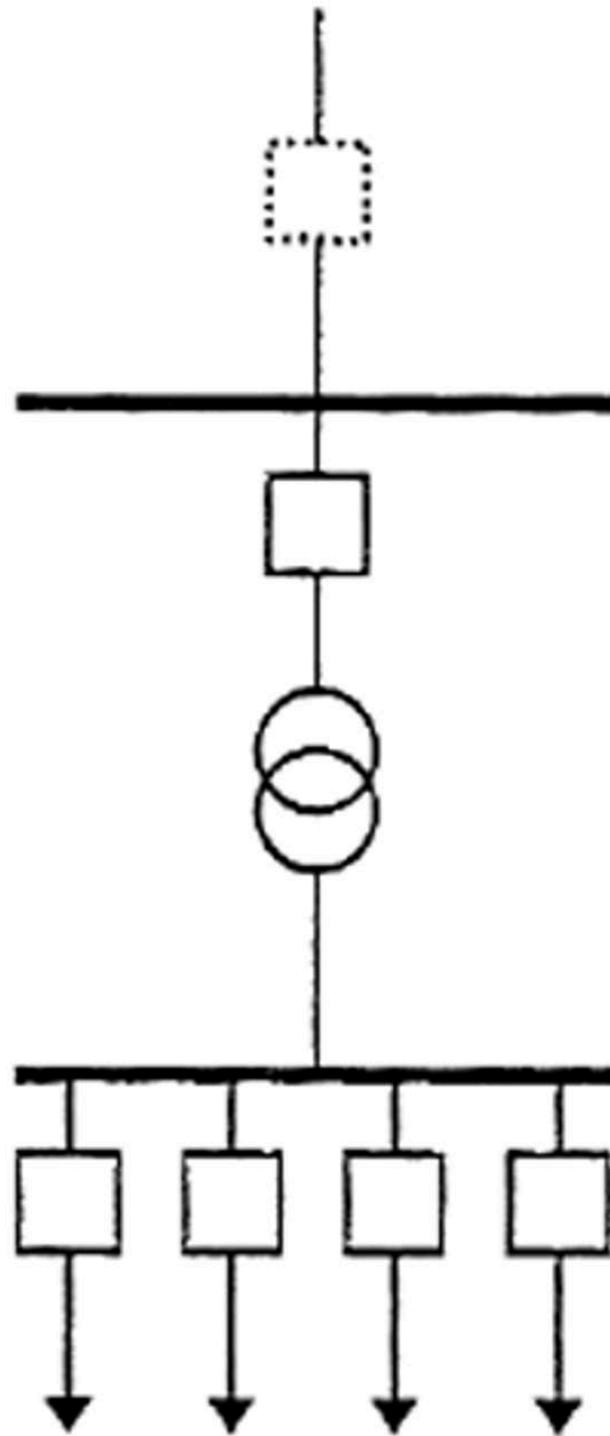


Figura 2 |Um circuito de suprimento. Fonte: elaborada pelo autor.

## a. Redes de Barra Simples (dois circuitos de suprimento)

Este circuito aumenta a confiabilidade do sistema. Com dupla alimentação radial, o

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

alimentador é construído em circuito duplo operando a subestação com uma das duas chaves de entrada aberta.

**b. Redes de Barra Dupla (dois circuitos de suprimento)**

Topologia utilizada em regiões com maior densidade de carga. Aumenta-se o número de transformadores o que torna a subestação mais confiável e flexível. Possui dupla alimentação, dois transformadores, barramentos de Alta Tensão independentes e barramento de Média Tensão seccionado.

**c. Redes de barra dupla com disjuntor de transferência (dois circuitos de suprimento)**

Este arranjo é uma evolução do arranjo anterior, porém com dois circuitos de saída em vários barramentos, permitindo uma maior flexibilidade na transferência de carga entre os transformadores (Campos, 2019).

**d. Rede de barra dupla com barra de transferência**

O arranjo de barra principal e a barra de transferência aumentam a flexibilidade e manutenção dos disjuntores. Conta com chaves seccionadoras em ambas as extremidades. O disjuntor que faz a interligação entre os barramentos é chamado disjuntor de transferência.

## Tipos de redes aéreas

As redes aéreas são construídas em postes de concreto em zonas urbanas, ou de madeira tratada, em zonas rurais. Em sua cruzeta, na qual são fixados os isoladores de pino ou de disco.

Utilizam-se condutores de alumínio com alma de aço (cabos *shield*) ou sem alma de aço, nus ou protegidos (Light, 2020).

## Redes quanto a sua construção:

### Rede aérea com cabo nu:

É o tipo de cabo convencional. Os condutores são de alumínio e a sua isolação é feita por meio de um verniz apropriado.

### Rede aérea com cabo pré-reunido

Condutor destinado a sustentar mecanicamente os condutores fases reunidos de forma helicoidal em sua volta, podendo exercer também a função de neutro do sistema e ainda ser nu ou isolado

É um cabo utilizado para momentos em que houver dificuldades locais para a instalação da rede aérea convencional.

### Rede aérea com cabo protegido:

O cabo protegido é a denominação adotada para identificar um cabo de alumínio dotado de cobertura protetora de polímero termofixo ou termoplástico, mas que não pode ser considerado um cabo isolado.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Utilização de cada topologia de rede:

### Utilização da Topologia Radial Simples:

Os sistemas radiais simples são utilizados em áreas de baixa densidade de carga, com circuitos que tomam direções distintas, face às próprias características de distribuição da carga.

### Radial com recurso

Os sistemas radiais com recursos são utilizados em áreas que demandam maiores cargas ou com exigência de maior grau de confiabilidade devido às suas particularidades (hospitais, centro de computação).

### Sistema em Anel (*Loop*):

Por necessidade de alta confiabilidade, hospitais com centros cirúrgicos ou indústrias metalúrgicas, por exemplo, precisam de um esquema mais elaborado, sendo necessário fazer a alimentação do consumidor por duas fontes, da mesma subestação ou de subestações diferentes. A operação desses dispositivos poderá ser manual ou automática (Light, 2020).

Este sistema tem maior flexibilidade e permite melhor continuidade do fornecimento. O custo é mais elevado do que o radial, não só pela maior capacidade dos cabos, que devem ter folga para atender às emergências à alimentação feita por um só ramal, como também pela multiplicidade de equipamentos de proteção e manobra.

### Sistema Reticulado:

O sistema reticulado consiste de dois ou mais circuitos primários radiais, partindo de uma mesma subestação, alimentando um certo número de transformadores, ligados de forma a evitar a interrupção de dois transformadores adjacentes.

### Sistema “Spot-Network”

Um “spot-network” nada mais é do que um pequeno reticulado em que as unidades transformadoras alimentam um ou mais barramentos.

Um sistema reticulado pode ser iniciado com a instalação de alguns “spot-networks”, alimentando cargas concentradas distantes entre si.

A confiabilidade desse sistema é muito alta, porém o custo das redes em “spot networks” é muito elevado, justificando a sua utilização em áreas de forte demanda de carga (Light, 2020).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

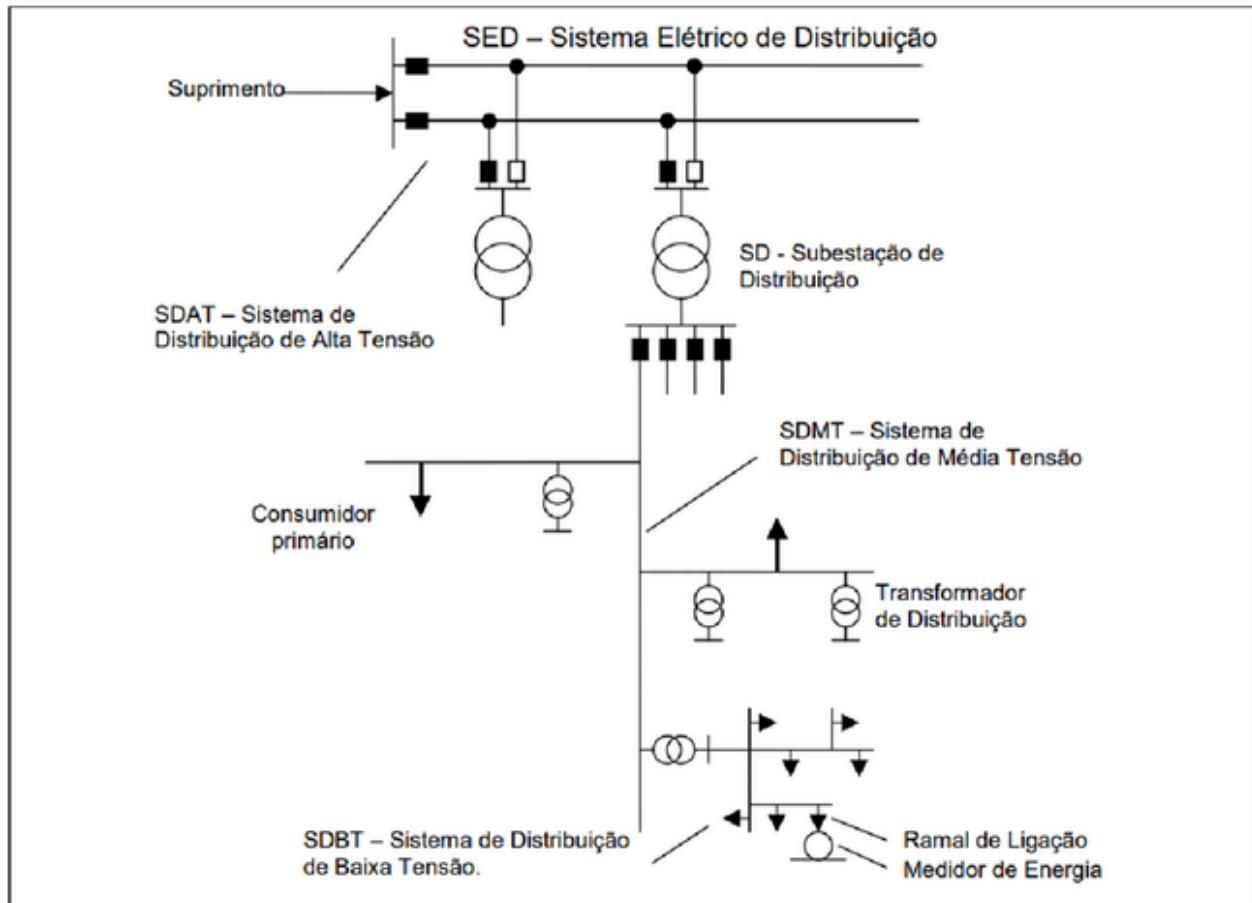


Figura 3 |Rede Spot-Network. Fonte: Light (2020).

Este sistema também é chamado de reticulado dedicado, pois várias fontes alimentam de forma reticulada um único consumidor, geralmente prédios comerciais com alta demanda de energia elétrica.

**Siga em Frente...**

## Topologia de Redes Elétricas

### Redes elétricas de distribuição, sua topologia e construção

A construção de redes de distribuição de energia exige uma série de cuidados para garantir a segurança, eficiência e confiabilidade do sistema. Primeiramente, é essencial realizar um planejamento detalhado que considere a demanda atual e futura de energia, a topografia do terreno e as normas regulatórias locais. A seleção adequada dos materiais, como cabos, transformadores e postes, deve levar em conta fatores como capacidade de carga, resistência a intempéries e durabilidade. (ROCHA, 2022)

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Durante a instalação, é muito importante seguir rigorosamente os padrões de segurança para proteger os trabalhadores e minimizar riscos de acidentes. Isso inclui o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), a implementação de procedimentos de bloqueio e etiquetagem (LOTO) e a realização de treinamentos específicos para a equipe. (ROCHA, 2022)

Além disso, a construção deve considerar a mitigação de impactos ambientais, como a preservação de áreas verdes e a minimização de poluição sonora e visual. Em áreas urbanas, é importante coordenar com outras infraestruturas existentes, como redes de água e telecomunicações, para evitar interferências. (ROCHA, 2022)

Após a instalação, a rede deve passar por testes rigorosos para verificar sua funcionalidade e segurança. A manutenção preventiva regular é fundamental para identificar e corrigir problemas antes que causem falhas no sistema. Por fim, a comunicação com a comunidade local é vital para informar sobre possíveis interrupções e garantir a aceitação do projeto.

Em resumo, a construção de redes de distribuição de energia requer um planejamento meticuloso, a seleção de materiais adequados, a observância de normas de segurança, a mitigação de impactos ambientais e a realização de testes e manutenção contínua.

As redes elétricas têm como finalidade assegurar a transmissão e a distribuição de energia, porém existem critérios para classificá-las.

## Critério da tensão nominal

O primeiro critério é a tensão nominal (ou de serviço) que determina a capacidade de transporte e fixa o comprimento das linhas e das subestações. Temos as redes de baixa tensão, média tensão, alta tensão e extra alta tensão.

## Critério da função no sistema

O segundo critério é a função que o sistema deve assegurar, que é o mais importante: se distribuição primária, a partir da geração, garante o transporte quando uma linha de transmissão leva energia a longas distâncias, ou distribuição secundária, quando a finalidade é levar energia elétrica ao consumidor final.

## Critério da topologia

O terceiro critério está ligado à topologia ou organização física da rede, fixando a sua operação normal e as possibilidades de socorro em caso de falha.

## Classificação das redes elétricas quanto a sua função

### Redes de distribuição

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

As redes de distribuição têm como função levar a energia aos consumidores domésticos ou industriais.

Atualmente, recebem energia produzida de produtores independentes, que usam fontes renováveis, como, por exemplo, energia fotovoltaica, energia de PCHs (pequenos aproveitamentos hidráulicos, energia eólica, entre outras).

Esses fornecedores obtêm créditos em suas contas de energia, em função da energia transferida ao SIN.

As redes de distribuição são aplicadas em curtas distâncias, poucos quilômetros, com potências relativamente baixas, para níveis de tensão de 30 kV, 15 kV, 13,8 KV, 10 kV, 6 kV e 400 V, apresentando uma topologia preferencialmente de rede em anel (Ferreira, 2018).

## Redes de transporte

As redes de transporte são feitas em alta tensão e muito alta tensão, cobrindo uma vasta área geográfica, assegurando o trânsito de elevados pacotes de energia elétrica.

As redes de transporte (ou transmissão) são aplicadas a longas distâncias, potências muito elevadas, para níveis de tensão de 150 kV, 220 kV e 400 kV, apresentando uma elevada confiabilidade e uma topologia de rede em exploração malhada.

## Redes de interligação

As redes de interligação têm a finalidade de assegurar a ligação entre redes de transporte, mas também entre redes de distribuição. Esse funcionamento tem como vantagem o fato de melhorar a segurança das redes interligadas (Rocha, 2022).

Dentro dessa classificação, as redes elétricas podem ser ainda, quanto a sua topologia: radiais, malhadas, e em anel.

Daqui em diante, utilizaremos a seguinte simbologia nas redes:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

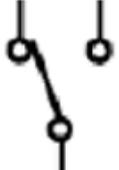
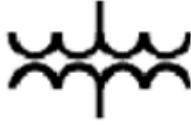
-  Disjuntor a seco
-  Chave normalmente fechada
-  Chave normalmente aberta
-  Chave de comutação bidirecional
-  Fusível
-  Transformador
-  Protetor de rede

Figura 4 | Símbologia utilizada. Fonte: elaborado pelo autor.

## Redes de distribuição quanto a sua topologia

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Redes radiais

As redes radiais simples são as mais utilizadas nos sistemas de distribuição devido ao baixo custo de investimento e manutenção e à relativa facilidade de coordenação de sistemas de proteção. Podem ser:

- Redes de Barra Simples (um circuito de suprimento)

O arranjo designado Barra Simples apresenta um custo bastante baixo, sendo utilizado para suprir regiões de baixa demanda. Sua confiabilidade é baixa, pois quando ocorre uma contingência, há a perda de suprimento do sistema.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

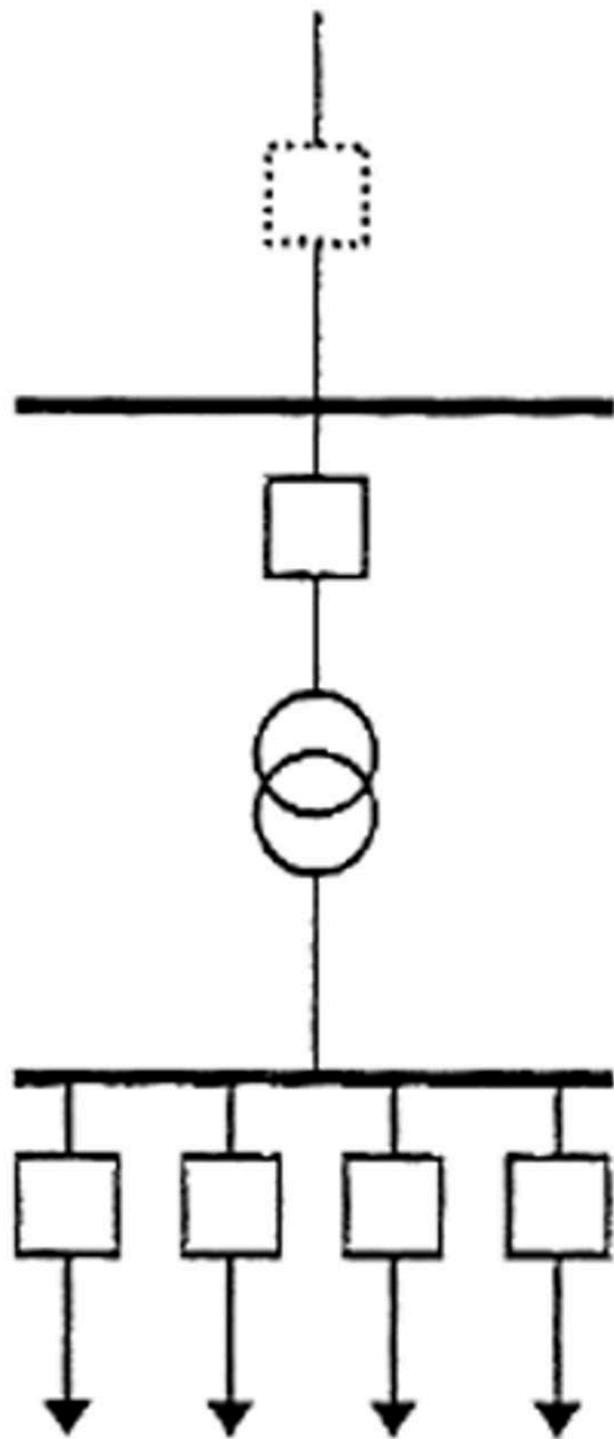
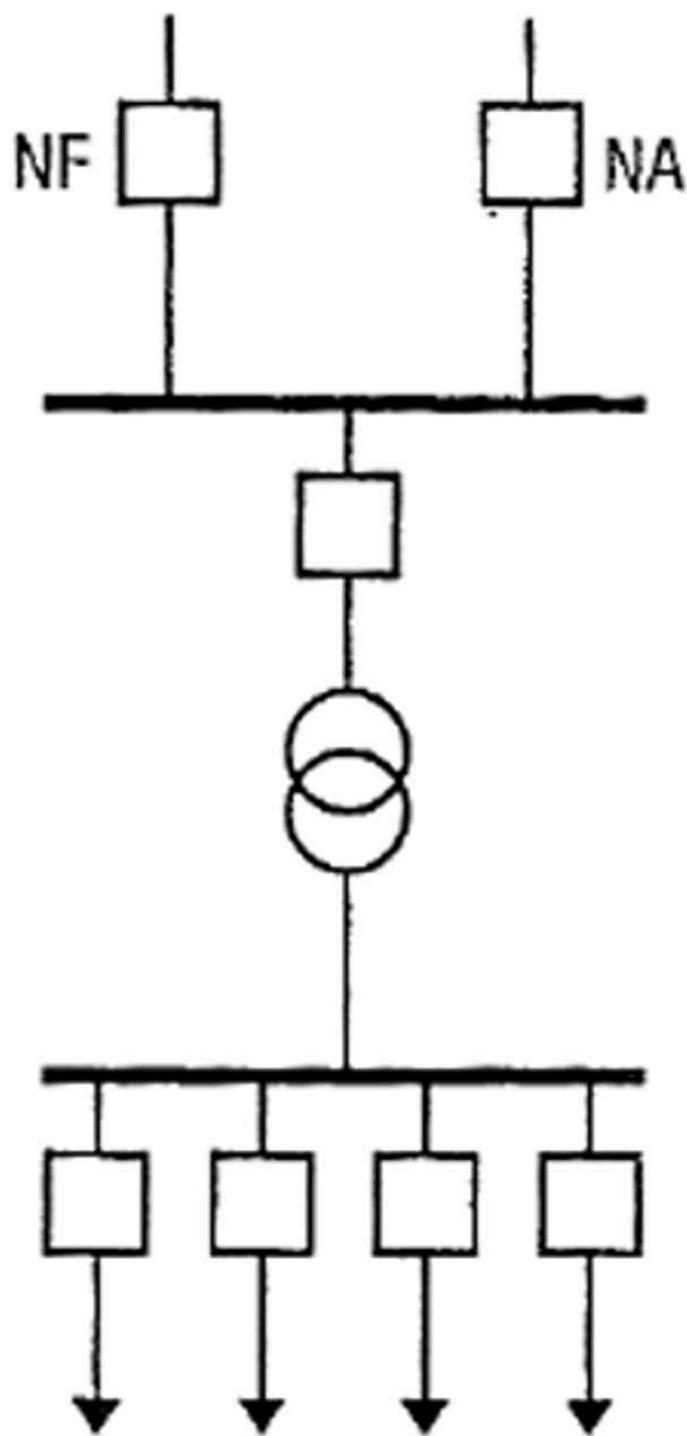


Figura 5 | Um circuito de suprimento. Fonte: elaborado pelo autor.

- Redes de Barra Simples (dois circuitos de suprimento)

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Maior confiabilidade do sistema. Com dupla alimentação radial, o alimentador é construído em circuito duplo operando a subestação com uma das duas chaves de entrada aberta. Quando houver uma interrupção no alimentador em serviço, abre-se a sua chave de entrada NF (normalmente fechada), e fecha-se a chave NA (normalmente aberta) do circuito de reserva.



# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Figura 6 | Dois circuitos de suprimento. Fonte: elaborado pelo autor.

## Redes de Barra Dupla (dois circuitos de suprimento)

Este arranjo é utilizado em regiões com maior densidade de carga. Aumenta-se o número de transformadores, o que torna a subestação mais confiável e flexível. O diagrama unifilar desse arranjo apresenta dupla alimentação, dois transformadores, barramentos de Alta Tensão independentes e barramento de Média Tensão seccionado. Quando ocorre um defeito ou manutenção em um dos transformadores, abrem-se as chaves anterior e posterior ao transformador, isolando-o. Fecha-se a chave NA de seccionamento do barramento e opera-se com todos os circuitos supridos a partir do outro transformador.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

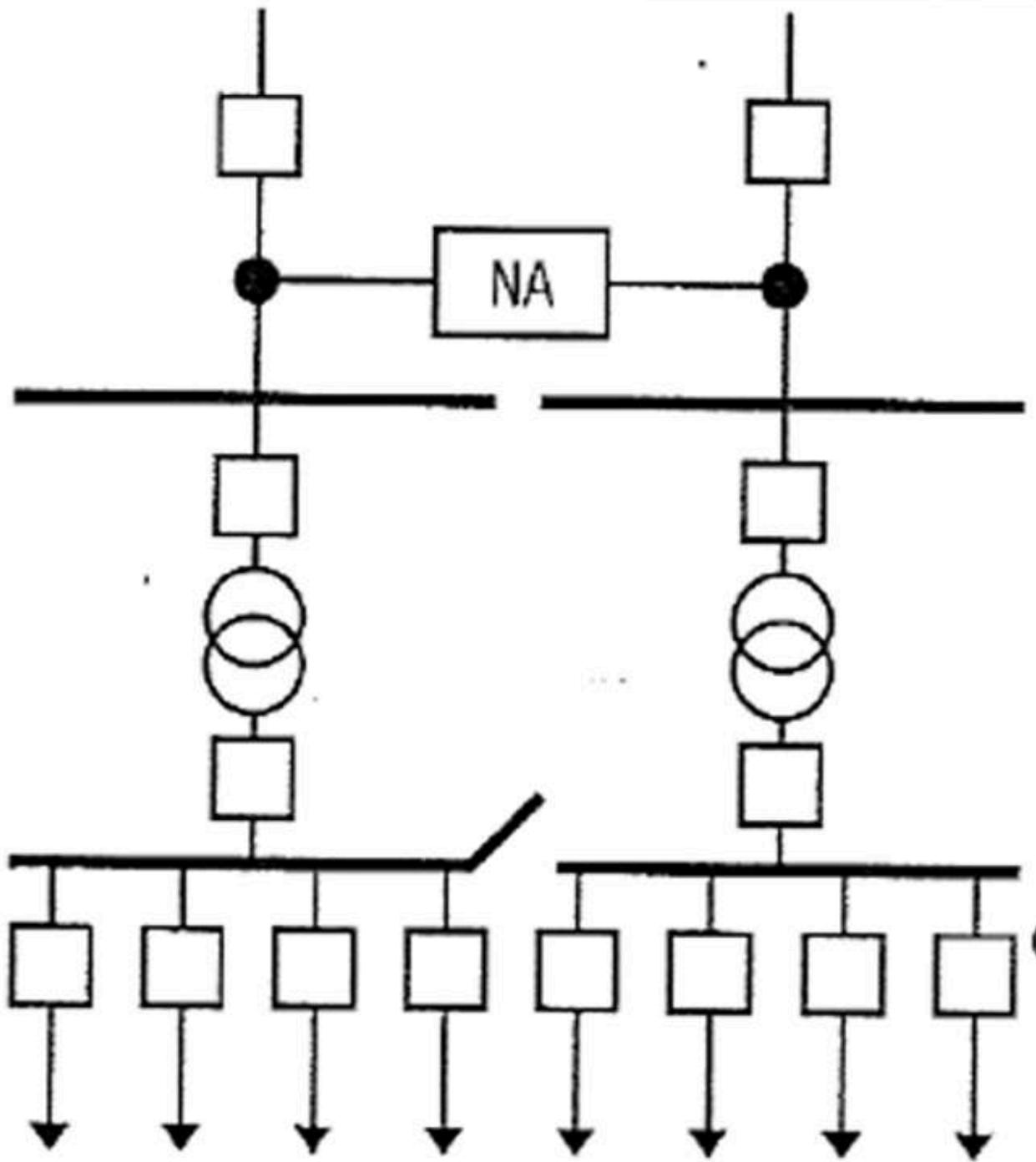


Figura 7 | Barra dupla com 2 circuitos. Fonte: elaborado pelo autor.2.1.6 Redes de Barra Dupla com disjuntor de transferência (dois circuitos de suprimento)

Este arranjo é uma evolução do arranjo anterior, no qual se distribuíram os circuitos de saída em vários barramentos, permitindo-se maior flexibilidade na transferência de blocos de carga entre os transformadores.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

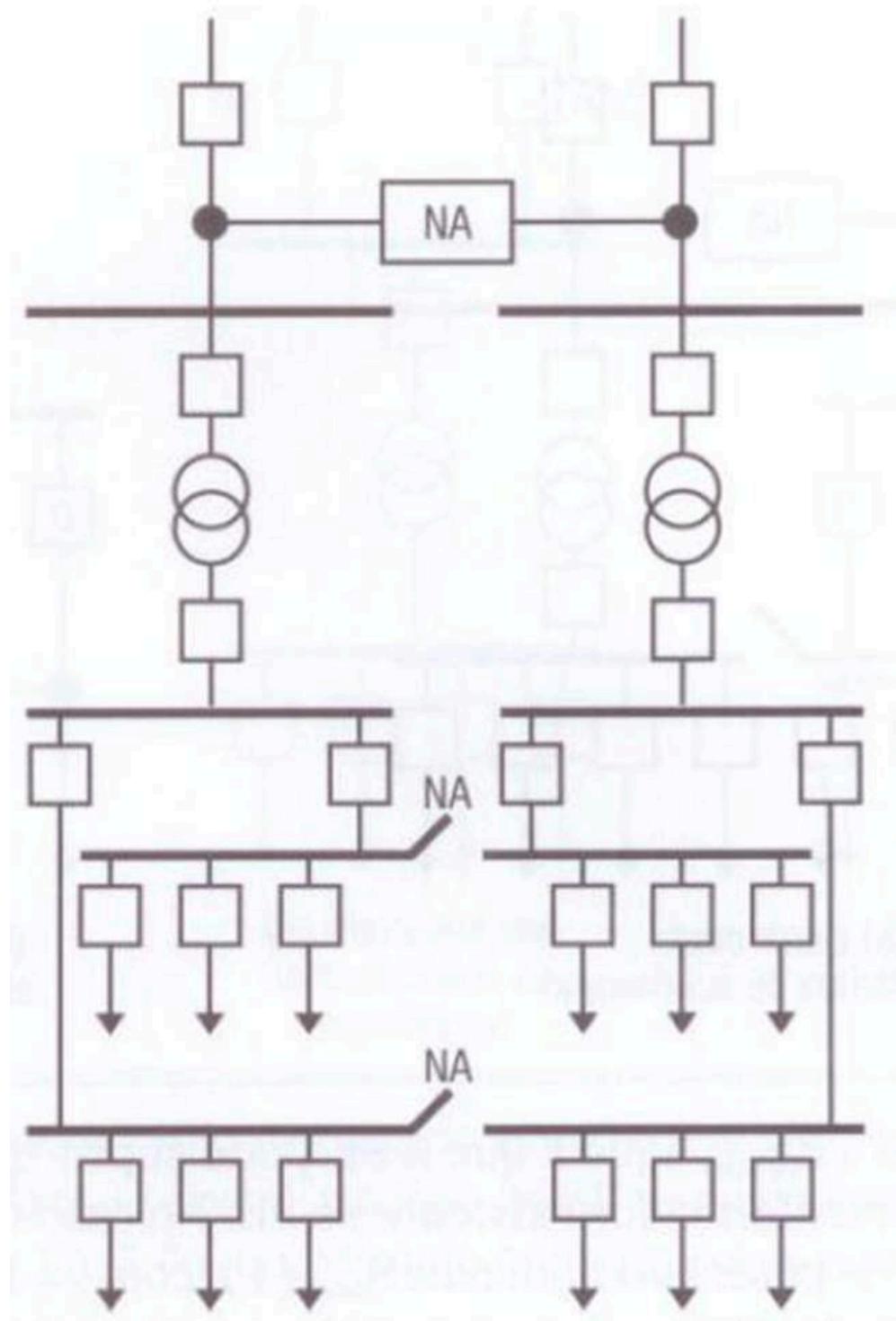


Figura 8 |Barra dupla com disjuntor de transferência. Fonte: elaborado pelo autor.

**Redes de Barra Dupla com barra de transferência**

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

O arranjo de barra principal e da barra de transferência é utilizado para aumentar a flexibilidade e manutenção dos disjuntores. Nele, todos os disjuntores contam com chaves seccionadoras em ambas as extremidades. O disjuntor que faz a interligação entre os barramentos é definido como disjuntor de transferência. Em operação normal, o barramento principal é mantido energizado e o de transferência desenergizado. Na realização de uma manutenção corretiva ou preditiva, em um dos disjuntores, alternam-se as barras em carga, por meio do disjuntor de transferência.

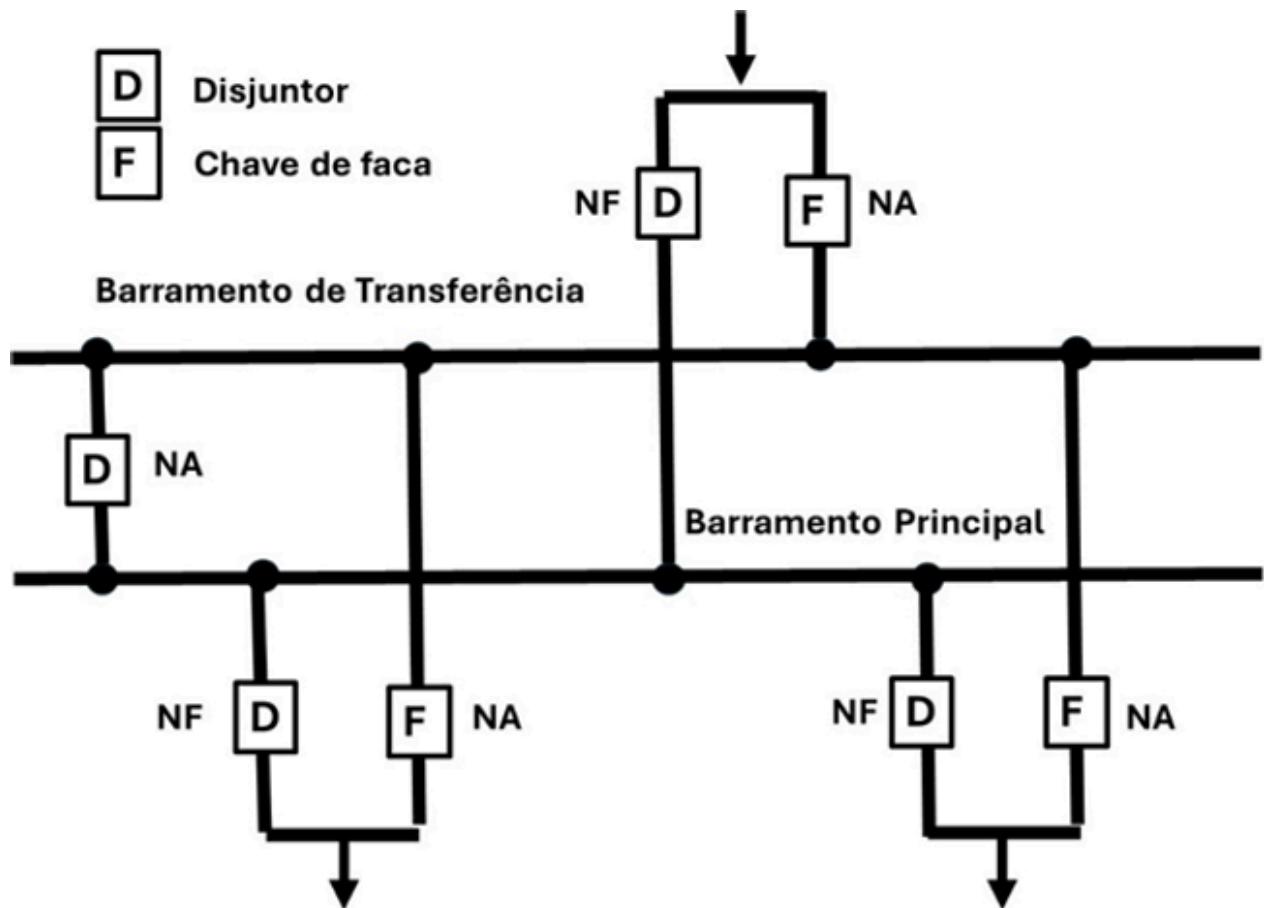


Figura 9 | Barra dupla com barra de transferência. Fonte: elaborado pelo autor.

## Tipos construtivos de redes aéreas

As redes de distribuição podem ser tanto aéreas como subterrâneas, sendo as primeiras de uso mais difundido, pelo seu menor custo, e as segundas, encontrando grande aplicação em áreas de grande demanda, por exemplo: zona central de uma metrópole, ou onde há restrições paisagísticas.

Elas são construídas utilizando-se postes de concreto, em zonas urbanas, ou de madeira tratada, em zonas rurais. Suportam em seu topo a cruzeta, usualmente de madeira, com cerca de dois metros de comprimento, na qual são fixados os isoladores de pino ou de disco. Utilizam-se condutores de alumínio com alma de aço CAA, ou sem alma de aço CA, nus ou protegidos.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Rede aérea com cabo nu:

É o tipo de cabo convencional. Os condutores são de alumínio e a sua isolação é feita por meio de um verniz apropriado.

## Rede aérea com cabo pré-reunido

Condutor destinado a sustentar mecanicamente os condutores fases reunidos de forma helicoidal em sua volta, podendo exercer também a função de neutro do sistema e ainda ser nu ou isolado com vistas ao suporte mecânico.

Esse tipo de cabo é utilizado quando houver dificuldades locais para a instalação da rede aérea convencional, como:

- Locais com arborização intensa. Locais de ruas estreitas e a rede convencional acarreta problemas de segurança com relação à luminosos, marquises, janelas e sacadas de edificações.
- Saídas de subestações, para evitar congestionamento de estruturas, com circuitos aéreos convencionais.
- Ruas ou avenidas onde as estruturas estejam sobrecarregadas e congestionadas.
- Saída de subestação, como alternativa econômica à utilização de cabos subterrâneos; travessias sob viadutos, linhas de transmissão etc.
- Travessias sobre rios por meio de pontes, ou com estruturas especiais.

## Rede aérea com cabo protegido:

O cabo protegido é a denominação adotada para identificar um cabo de alumínio dotado de cobertura protetora de composto extrudado de polímero termofixo ou termoplástico.

A cobertura não confere, ao mesmo, a característica de cabo isolado, ou seja, não apresenta isolamento total. Esta é uma alternativa ao cabo pré-reunido e poderá ser utilizada em determinados locais.

Problemas com a rede aérea ocorrem onde:

- são constantes os desligamentos causados por contato entre a linha e objetos aterrados ou objetos lançados na rede;
- a carga do sistema justifica melhores índices de confiabilidade;
- existem áreas densamente arborizadas; existem ruas com calçadas estreitas;
- existem vielas com balcões, sacadas ou janelas próximas à rede.

## Redes de distribuição quanto a sua utilização por topologia

### Utilização da Topologia Radial Simples:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Os sistemas radiais simples devem ser utilizados em áreas de baixa densidade de carga, nas quais os circuitos tomam direções distintas, face às próprias características de distribuição da carga.

## Radial com recurso

Os sistemas radiais com recursos deverão ser utilizados em áreas que demandem maiores densidades de carga ou requeiram maior grau de confiabilidade devido às suas particularidades (hospitais, centro de computação).

## Sistema em anel (*Loop*):

Visando aumentar a confiabilidade do sistema, passou-se a um esquema mais elaborado em que os dispositivos de seccionamento e religamento permitem a alimentação do consumidor por duas fontes, por circuitos provenientes da mesma subestação ou subestações diferentes. A operação destes dispositivos poderá ser manual ou automática.

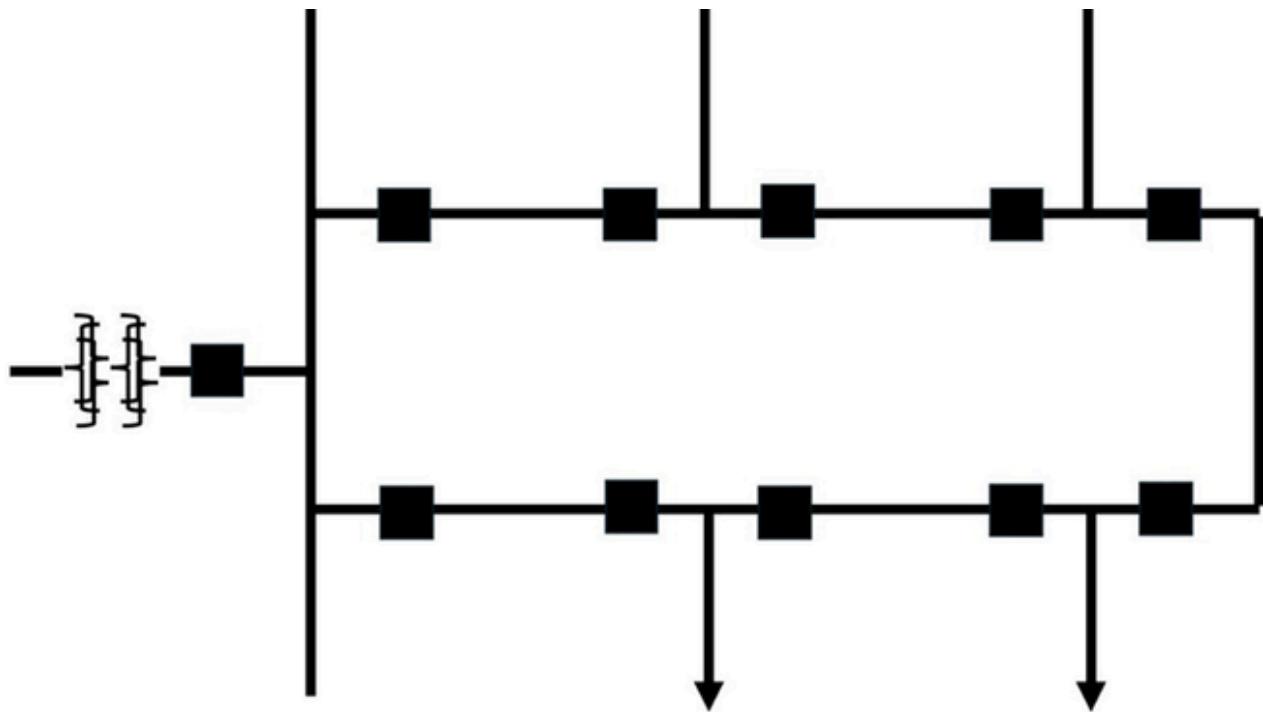


Figura 10 |Configuração em anel. Fonte: elaborado pelo autor.

No sistema em anel, o circuito alimentador retorna à fonte. Tem maior flexibilidade e permite melhor continuidade do fornecimento. O custo é mais alto do que o radial, pela maior capacidade dos cabos, que devem ter folga para atender às emergências quando a alimentação passa a ser feita de uma só extremidade, como também pela multiplicidade de disjuntores e o conjunto de relés necessários para dar flexibilidade.

## Sistema Reticulado:

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

O sistema reticulado consiste de dois ou mais circuitos primários radiais, partindo de uma mesma subestação, alimentando um certo número de transformadores de distribuição, ligados alternadamente para evitar a interrupção de dois transformadores adjacentes no caso de desligamento de um dos primários.

Os secundários dos transformadores alimentam uma rede de cabos que se interligam, formando o reticulado propriamente dito. Dessa rede partem as ligações dos consumidores.

A continuidade do serviço no sistema reticulado é excepcional; por essa razão é o sistema ideal para o fornecimento de energia elétrica para os grandes centros comerciais, pois o desligamento de um circuito primário ou de um ou mais transformadores não provoca interrupção do fornecimento.

## Sistema “Spot-Network”

O sistema Spot-network desempenha um papel muito importante na melhoria da confiabilidade e resiliência das redes de distribuição de energia, especialmente em áreas urbanas de alta densidade de carga, como centros comerciais e distritos financeiros. Este sistema consiste em múltiplos transformadores conectados em paralelo, alimentando uma rede de distribuição comum, o que permite a continuidade do fornecimento de energia mesmo se um dos transformadores falhar. (ROCHA, 2022)

A principal vantagem do Spot-network é a sua capacidade de fornecer uma fonte de energia altamente confiável e redundante. Em caso de falha em um dos transformadores ou em uma linha de alimentação, os outros transformadores podem continuar a fornecer energia, minimizando interrupções e garantindo a continuidade dos serviços críticos. Isso é particularmente importante em ambientes onde a interrupção do fornecimento de energia pode resultar em perdas financeiras significativas ou comprometer a segurança pública. (ROCHA, 2022)

Além disso, o sistema Spot-network facilita a manutenção e a operação da rede, permitindo que reparos e atualizações sejam realizados sem a necessidade de desligar o fornecimento de energia para os consumidores. A flexibilidade operacional proporcionada por este sistema é um benefício adicional, permitindo uma melhor gestão da carga e a integração de fontes de energia distribuídas, como a geração solar e eólica. (ROCHA, 2022)

Em resumo, o sistema Spot-network é essencial para garantir a alta confiabilidade, redundância e flexibilidade das redes de distribuição de energia, especialmente em áreas urbanas críticas. Sua capacidade de minimizar interrupções e facilitar a manutenção torna-o uma escolha ideal para ambientes que exigem um fornecimento de energia contínuo e confiável.

Um “spot-network” nada mais é do que um pequeno reticulado em que as unidades transformadoras alimentam um ou mais barramentos de um prédio ou um conjunto de prédios. Um sistema reticulado pode ser iniciado com a instalação de alguns “spot-networks”, alimentando cargas concentradas distantes entre si, para alimentar blocos de cargas dos grandes edifícios comerciais. (ROCHA, 2022)

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A confiabilidade desse sistema é muito alta, porém o custo das redes em "spot-networks" é muito elevado, justificando a sua utilização somente em áreas de grande densidade de carga. (ROCHA, 2022)

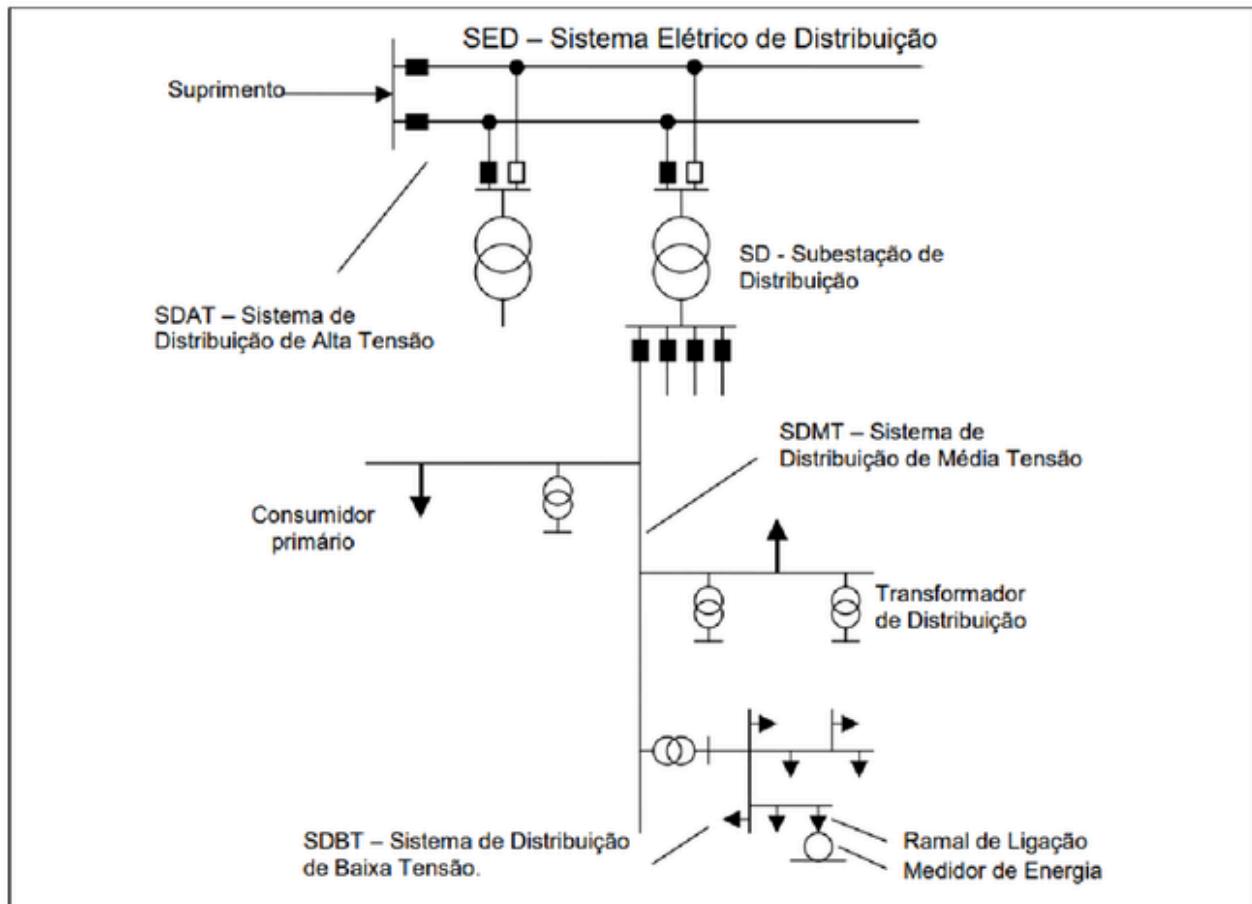


Figura 11 |Rede Spot-Network. Fonte: Light, 2023.

## Vamos Exercitar?

### Redes Aéreas e Subterrâneas

#### As redes no Sistema Elétrico Brasileiro

Existem diversas formas de gerar energia, incluindo usinas hidrelétricas, termelétricas, nucleares e outras fontes renováveis, como a energia solar e eólica. A fim de levar a energia gerada aos locais de consumo, são necessárias redes elétricas de transmissão e distribuição, responsáveis por interligar as usinas às cidades, bairros e indústrias.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

No Brasil, temos um sistema totalmente interligado e baseado em energias renováveis, como: Hidráulica, Eólica e Fotovoltaica.

A regulação do setor elétrico brasileiro é realizada pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), uma autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia, cuja função é estabelecer as normas e as regras para a operação do sistema elétrico e para a relação entre os diversos agentes desse setor.

O Sistema Elétrico Brasileiro, coordenado pelo ONS (Organizador Nacional do Sistema), vinculado à Eletrobrás, é interligado em todas as suas fontes, hidráulicas, térmicas, eólicas e fotovoltaicas de forma que, em topologia de anel, um determinado ponto possa ser alimentado por outra via, quando uma delas cair por qualquer problema de operação.

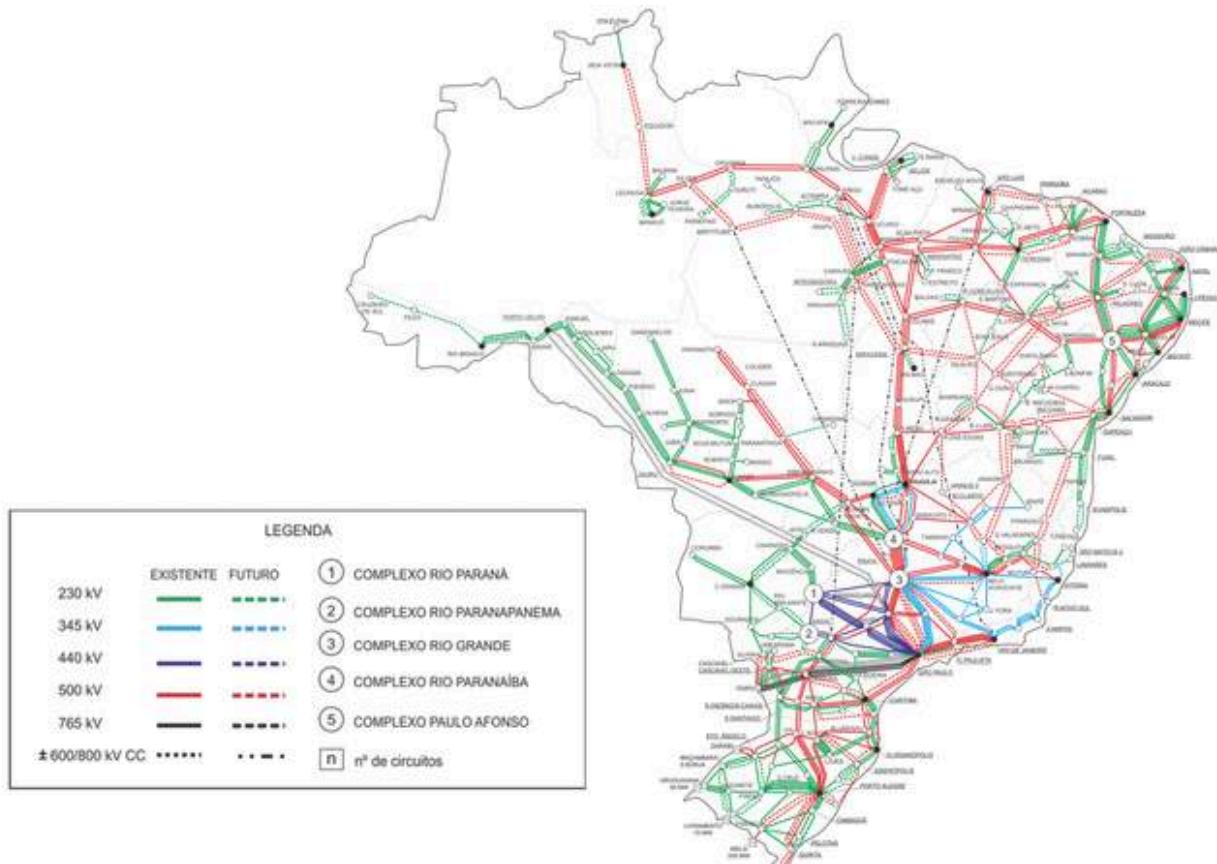


Figura 12 | Sistema Elétrico Brasileiro. Fonte: Eletrobrás, 2023.

Em azul vemos as grandes transportadoras de energia elétrica, as LTs, sendo que existem outras menores em comprimento e de menores tensões de trabalho.

Conforme vimos anteriormente, existem subestações elevadoras logo após as usinas geradoras, que encaminham o fluxo de potência para as Linhas de Transmissão (LTs), até a periferia das grandes cidades.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Rede de transmissão

A Rede de Transmissão é a parte da rede elétrica responsável pelo transporte de energia elétrica de alta tensão das usinas geradoras para as subestações abaixadoras, nas quais começa a distribuição. Essas linhas de transmissão podem percorrer grandes distâncias e cruzar várias regiões do país.

A tensão gerada nos geradores trifásicos de corrente alternada é normalmente de 13,8 kV. Para que seja economicamente viável, é necessário utilizar uma subestação para elevar esse valor de tensão, a fim de reduzir as perdas causadas devido à distância até os centros consumidores. Isso ocorre porque as perdas de energia são proporcionais à corrente elétrica e ao quadrado da resistência (Lei de Joule).

A rede básica de transmissão é composta por linhas de corrente alternada nas seguintes faixas de tensão: 230 kV, 345 kV, 440 kV, 500/525 kV e 765 kV e, também, por linhas de corrente contínua de 500 kV e até 800 kV. Para as linhas a partir de 500 kV, é realizado um estudo econômico para determinar se a utilização será em tensão contínua ou alternada.



Figura 13 | Linha de Transmissão. Fonte: PIXABAY.

## Rede de distribuição

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A rede de distribuição desempenha o papel de distribuir a energia elétrica aos consumidores finais na rede elétrica. Ela é composta por linhas de distribuição de baixa tensão que conectam as subestações às residências, comércios e indústrias. O sistema de distribuição engloba um conjunto de instalações e equipamentos elétricos.

O processo de distribuição tem início na subestação abaixadora, a qual é utilizada quando as linhas de transmissão se aproximam das cidades, com o objetivo de evitar problemas tanto para os consumidores quanto para as estruturas urbanas. A tensão da linha é reduzida para valores padronizados nas redes primárias (13,8 kV e 34,5 kV) e secundárias (380/220V, 220V e 127V). Nas redes de distribuição secundárias, são realizadas as conexões aos consumidores, que podem ser monofásicos, bifásicos ou trifásicos.

Na Figura 14, vemos um transformador em linha aérea em poste.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

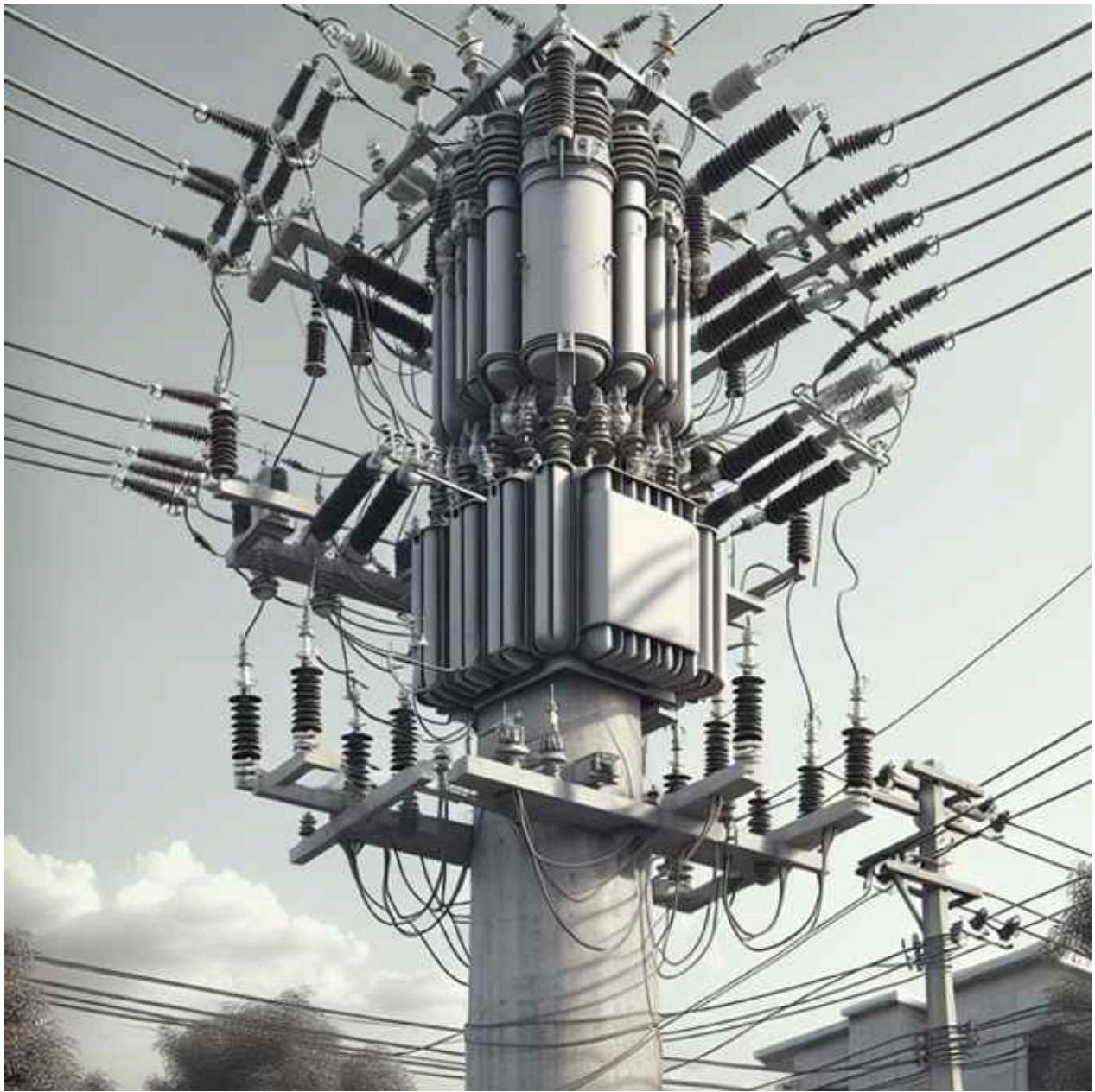


Figura 14 | Transformador e banco de capacitores em poste. Fonte: Imagem gerada pela Cogna IA.

## Sistema Nacional Interligado

O sistema elétrico brasileiro é um dos mais complexos e diversificados, possuindo uma matriz energética variada e um Sistema Interligado Nacional (SIN), que interliga a produção ao consumo por meio de uma extensa rede de transmissão.

A energia que alimenta o SIN provém principalmente de fontes hídricas de geração, contando também com a participação crescente de outras fontes renováveis, como a energia eólica e solar, as quais têm apresentado um aumento significativo em sua contribuição para a matriz energética.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Por outro lado, as usinas térmicas são construídas com o objetivo de operar próximas aos principais centros de carga durante períodos de baixo nível de água nos reservatórios das hidrelétricas, baixa velocidade dos ventos e baixa irradiação solar. Essas usinas térmicas contribuem para a segurança do SIN, apesar de serem altamente poluidoras e de custo de geração mais alto, devendo ser utilizadas em momentos de pico energético apenas.

## Sistemas Isolados

O Sistema Interligado Nacional é composto por quatro subsistemas:

Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte.

Apesar de sua ampla abrangência, existem áreas do país que não estão integradas ao SIN devido a questões técnicas e econômicas. Essas áreas constituem os Sistemas Isolados, localizados principalmente na região Norte, nos estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Amapá e Pará, além da ilha de Fernando de Noronha, em Pernambuco, e algumas localidades de Mato Grosso. A demanda por energia nessas regiões é atendida principalmente por usinas termelétricas movidas a óleo diesel.

## Segurança elétrica

Definição: os sistemas elétricos podem ser definidos como um conjunto de equipamentos e elementos de circuitos elétricos conectados, que atuam de modo coordenado com o intuito de gerar, transmitir e distribuir energia elétrica aos consumidores.

A gestão de energia e a operação desses sistemas é uma tarefa extremamente difícil e complexa e tem como objetivo principal o suprimento de seu mercado de energia elétrica. Para isso, a preservação da integridade física e funcional é de fundamental importância.

No entanto, pela extensão e complexidade, esses sistemas estão sujeitos a eventos tanto de natureza tecnológica quanto naturais, ou até mesmo provocados por ação humana, que impactam o seu funcionamento, afetando o seu desempenho. A estrutura básica de um sistema elétrico, sua relação com tais eventos e as consequências associadas são mostradas na Figura 15 (Siqueira, 2010).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

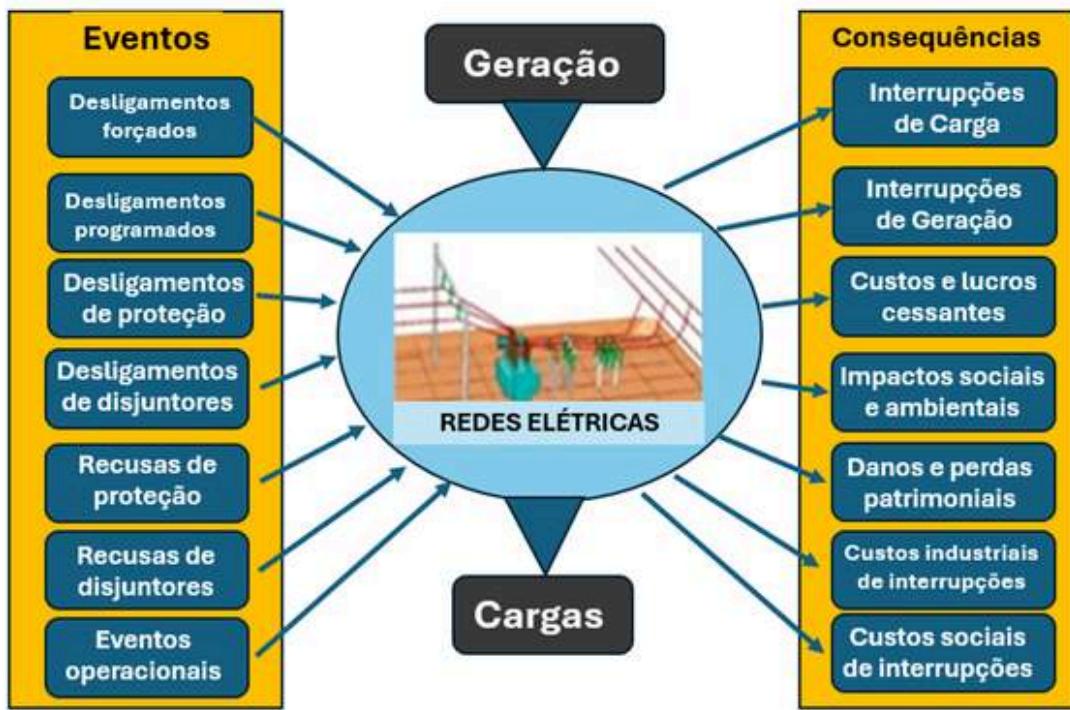


Figura 15 | Sistema elétrico eventos e consequências. Fonte: elaborado pelo autor.

## Redes de distribuição quanto a sua construção

### Redes elétricas subterrâneas

Diferente da rede aérea que fica exposta a descargas elétricas naturais e a acidentes, nas redes subterrâneas os cabos estão protegidos e, dessa forma, proporcionam mais segurança para as pessoas, minimizando os riscos de interrupção do serviço.

Na prática, primeiramente, é feita uma base de concreto para apoiar os dutos. Em seguida, faz-se uma cobertura com areia para acompanhar o movimento da terra, a fim de minimizar o impacto da vibração que os caminhões podem causar. Para finalizar o processo, a via volta a ser coberta com pavimentação ou terra.

As linhas elétricas subterrâneas devem utilizar cabos unipolares ou multipolares, ou seja, aqueles que têm condutor metálico, isolação e cobertura. Em baixa tensão, são os cabos mais conhecidos como 0,6/1 kV e possuem isolamento em PVC, HEPR ou XLPE.

### Vantagens das redes subterrâneas de energia

- Diferente da rede aérea que fica exposta a descargas elétricas naturais e a acidentes, nas redes subterrâneas os cabos estão protegidos e, dessa forma, proporcionam mais segurança para as pessoas e minimizam os riscos de interrupção do serviço.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

- Apesar do custo de instalação ser maior do que o das redes aéreas, as redes subterrâneas possuem um menor custo de manutenção.
- A linha subterrânea também dificulta ligações clandestinas, que trazem riscos e geram prejuízos para a população.
- Diminuição da poluição visual em grandes centros, contribuindo para a mudança da paisagem urbana.

Para as redes subterrâneas são necessários materiais próprios, de alto isolamento e resistência à temperatura, que precisam ser produzidos para atender às condições de uso e instalação.

Os cabos subterrâneos precisam ser do tipo isolados, com camadas de proteção e isolamento, o que proporciona maior vida útil ao cabo, além de diminuir a perda de energia.

Instalamos esses cabos em galerias, dutos, diretamente enterrados ou em travessias subfluviais e sublacustres.

A seguir, algumas configurações que pode ter um sistema de distribuição subterrâneo.

## Sistemas subterrâneos e topologia

### Sistema radial primário em anel

No sistema radial, a distribuição de energia é feita em dois ou mais percursos, de forma que, se um alimentador falhar, toda a carga é suprida por outra, sem interromper qualquer consumidor. Todos os alimentadores desse arranjo devem ter capacidade reserva para alimentar toda a carga do outro, em caso de defeito. Se aplica a consumidores localizados em regiões de média densidade de carga, na inviabilidade técnica da rede aérea (LIGHT,2012).

As configurações para o projeto de rede do sistema Radial com Primário em Anel podem ser observadas nas Figuras 16, 17 e 18.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

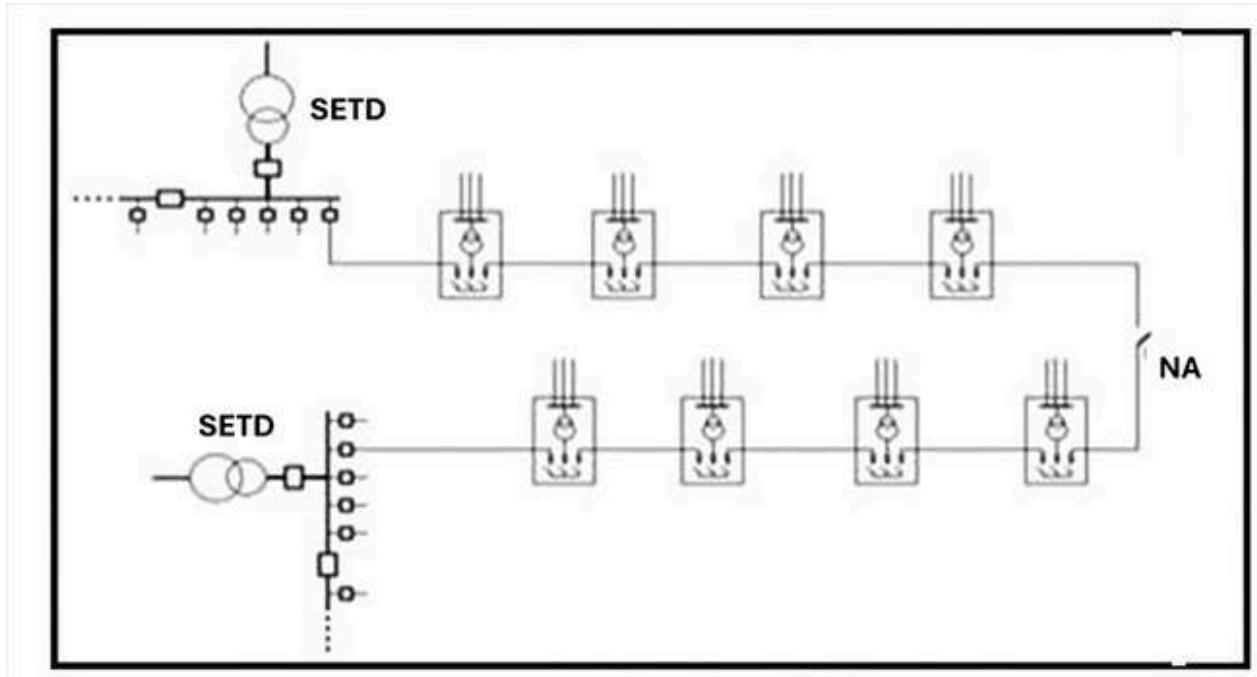


Figura 16 |: Radial com primário em anel com alimentadores oriundos de subestações diferentes. Fonte: Adaptado (DUTRA, 2012).

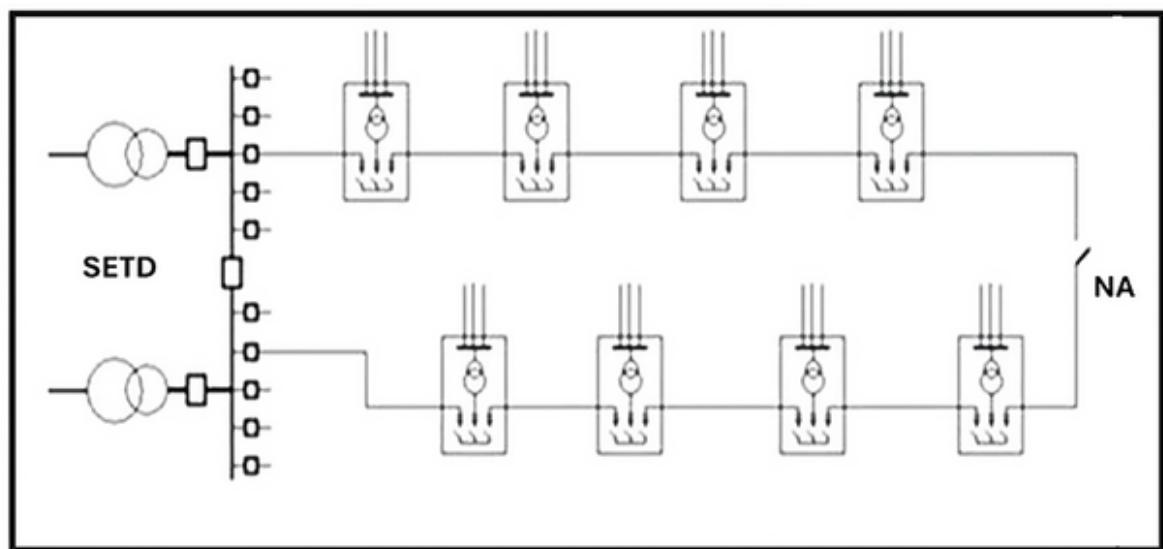


Figura 17 | Sistema radial com primário em anel com subestações interligadas. Fonte: Adaptado (DUTRA, 2012).

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

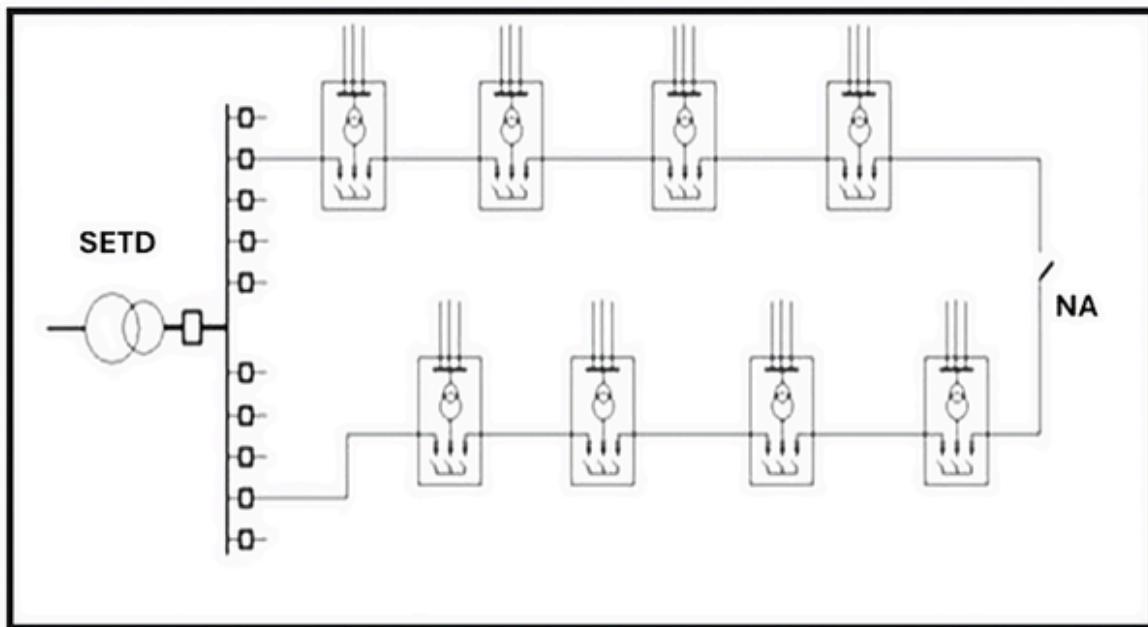


Figura 18 | Sistema radial com primário em anel e uma subestação. Fonte: Adaptado (DUTRA, 2012).

Essas são as três configurações possíveis para esse arranjo, sendo que o mais utilizado é o da Figura 17, com alimentadores vindos de subestações diferentes, com maior confiabilidade ao sistema. A seguir, vamos representar uma câmara transformadora subterrânea típica que é utilizada no arranjo radial em anel (Figura 19):

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

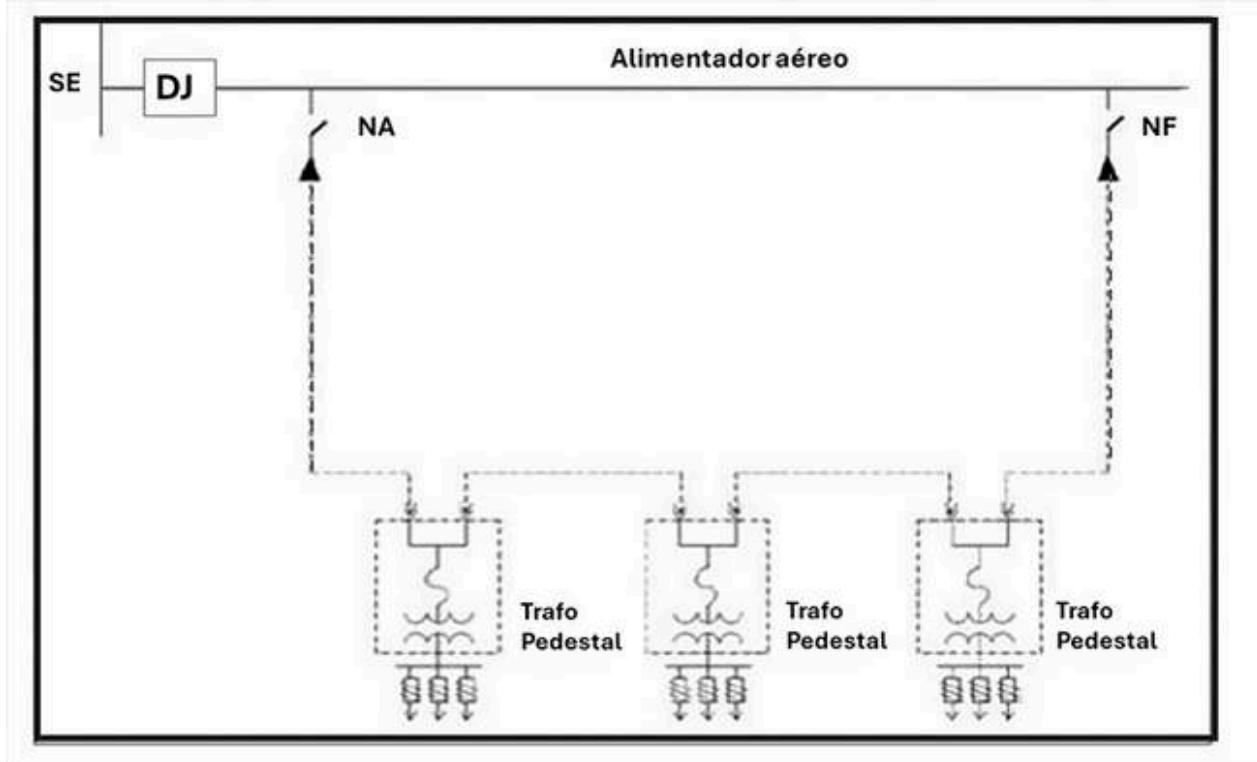


Figura 19 | Câmara transformadora típica do sistema radial. Fonte: Light, 2012.

## Sistema de distribuição residencial subterrânea (DRS)

O sistema D.R.S é uma simplificação do sistema *Residential Distribution* (em que a alimentação dos transformadores é subterrânea). Neles, o arranjo é do tipo primário em anel, que se estende conectando-se por meio dos transformadores ligados no sistema. Os alimentadores geralmente são conectados com um disjuntor de proteção.

Para a construção de um projeto com a configuração do sistema de distribuição residencial subterrânea deve-se, primeiramente, fazer a avaliação da demanda do sistema para dimensionar o alimentador a fim de atender às cargas de dois pontos diferentes da alimentação primária.

Na ocorrência de falha em um transformador ou em um trecho de cabo, o sistema deve permitir a realimentação dos demais componentes em condições de funcionamento. (LIGHT, 2012)

Visando facilitar manobras, manutenção e operação dos circuitos, em certos casos montam-se equipamentos transformadores e disjuntores em pedestal na via pública, conforme mostra a Figura 20.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

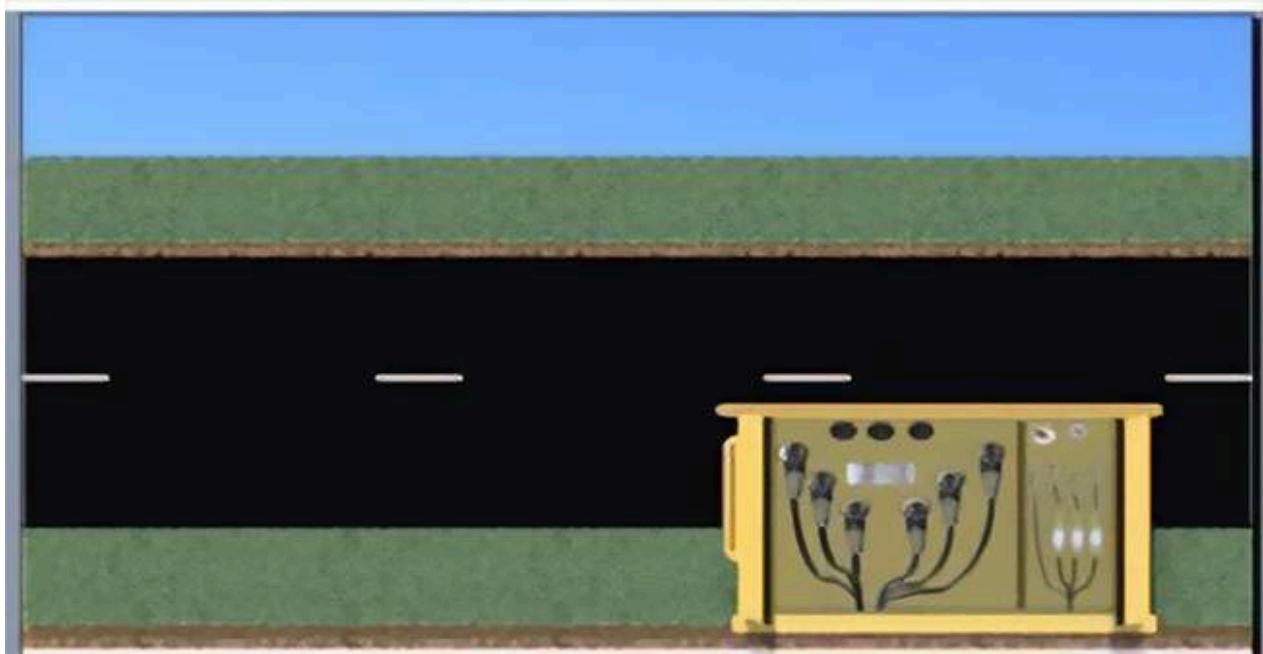


Figura 20 | Transformador para DRS em pedestal. Fonte: Light, 2012.

Também pode ser usada a montagem em câmara subterrânea, muito comum em grandes cidades.

Na Figura 21, mostramos um esquema bastante utilizado em vias de grande movimento de tráfego.

Esse esquema é bastante comum nas grandes cidades brasileiras.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE



Figura 21 | Câmara Subterrânea para DRS. Fonte: Light, 2012.

Essa câmara subterrânea acomoda os principais equipamentos, porém, ela deve ser blindada contra inundação, ter bombas de esvaziamento para casos extremos, e alto isolamento dos condutores. Você com certeza já viu pelo menos uma dessas, com uma grande tampa de ferro, numa avenida, ou viu trabalhadores da concessionária atuando nelas.

## Saiba mais

Agora que você já aprendeu os conceitos envolvidos em redes de distribuição de energia elétrica, recomendamos a leitura do [Livro Instalações Elétricas](#) de Helio Creder, especificamente o capítulo 10, no qual você terá os passos necessários para a compreensão da aplicação dos princípios de redes elétricas ao fornecimento de energia elétrica ao consumidor.

## Referências

ALEXANDER, C. K.; SADIQU, M. N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. Porto

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Alegre: Bookman, 1a ed., pp. 40-41 e 413.

BARRETO, G. A. **Estudo de Viabilidade de Um Sistema de Monitoramento de Baixo Custo para os Sistemas de Distribuição Reticulados Subterrâneos**. Tese (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2010.

CRISPINO, F. **Reconfiguração de Redes Primárias de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Sistemas de Informações Geográficas**. Tese (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2001.

CAMPOS, L. C. R.; MACEDO, A. S.; LOPES, D. M. Sistemas de redes subterrâneas de energia elétrica no Brasil. **Brazilian Journal of Production Engineering**. 5.2 (2019): 151-169.

DUTRA, E.; OLIVEIRA, E. H. S.L.M.; SOUZA, F. A. G. Energia elétrica dentro da Unicamp-Consumo Inteligente. **Revista Ciências do Ambiente on-line**. 8.1 (2012).

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 16ª. Edição. Disponível em <https://www.drb.org.br/av1/Instalaoes16%20edHelioCreder.pdf>. Acessado em: 6 out. 2023.

LIGHT SESA. **Grandes Consumidores**. Disponível em: <https://www.light.com.br/SitePages/page-distribuicao.aspx?v=1.1#!#inicio>. Acesso em: 20 nov. 2023.

LIRA, G. N. **Algoritmo de Reconfiguração Ótima de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica visando a Minimização de Perdas**. UFPA. CURITIBA (2011): 39.

FERREIRA, J. T. V. **Redes de distribuição de energia elétrica de média e baixa tensão: estágio na Helenos**. SA. Diss. 2018.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013. 666 p.

O.N.S. Organizador Nacional do Sistema. Eletrobras. Disponível em: <http://https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Livros-da-Diretoria-de-Planejamento-na-biblioteca-digital-ONS/LIVRO-SEGURAN%C3%A7A-SIST%C3%83AMICA.pdf>. Acesso em: 09/08/2024.

ROCHA, N. R. de C. **Desenvolvimento de um projeto elétrico de rede de distribuição subterrânea**. 2022, Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/jspui/handle/177683/2477>. Acesso em: 09/08/2024.

SOUZA, F. A. **Detecção de falhas em sistema de distribuição de energia elétrica usando dispositivos programáveis**. Dissertação em Engenharia Elétrica. UNESP, São Paulo, 2008.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Aula 5

Encerramento da Unidade

### Videoaula de Encerramento



#### Este conteúdo é um vídeo!

Para assistir este conteúdo é necessário que você acesse o AVA pelo computador ou pelo aplicativo. Você pode baixar os vídeos direto no aplicativo para assistir mesmo sem conexão à internet.

Dica para você

Aproveite o acesso para baixar os slides do vídeo, isso pode deixar sua aprendizagem ainda mais completa.

Este vídeo traz o resumo desta aula e os assuntos nela estudados. Inicialmente, vimos as descargas atmosféricas e o SPDA, a sua constituição e como ele opera na proteção do patrimônio e vidas humanas.

Em seguida, entendemos o que é potência reativa e como ela pode significar um comprometimento maior dos equipamentos das instalações elétricas.

Logo após, aprendemos como transportar a energia gerada a longas distâncias no país, até os grandes consumidores nas capitais e interior de todo o país.

Finalmente, identificaremos um panorama geral da rede do Sistema Elétrico de Potência brasileiro, com sua distribuição, e a intercomplementaridade, englobando todos os produtores de energia elétrica no país, numa rede ajustável e manobrável para cobrir deficiências em uma região, com sobras de outra, de forma a tornar homogêneo o acesso à energia elétrica aos consumidores.

### Ponto de Chegada

## Quedas de Energia em Sistemas de Potência

### Sistemas de potência

Na disciplina Instalações elétricas e Segurança nas Instalações, veremos aspectos importantes e interligados entre si relacionados à energia elétrica. Desde a energia que vem do céu sob forma de raios, até a energia elétrica que acende as nossas lâmpadas, televisores, aparelhos de ar-condicionado, entre outros, num conforto que só a vida moderna nos dá em todos os aspectos explorados se interligam.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

É um longo caminho, desde a geração da energia até a sua distribuição, passando pelo para-raios. Os SPDA (Sistema de Proteção a Descargas Atmosféricas) estão presentes desde a proteção das instalações geradoras, Linhas de Transmissão e transformadores até as nossas casas com proteção da vida humana e o seu patrimônio.

Você verá aspectos importantes da energia elétrica em suas vidas. Por exemplo, as descargas atmosféricas, os seus impactos na segurança do seu patrimônio e suas vidas. Também aprenderá a forma correta de se proteger delas usando um SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas), como ele esse sistema é constituído e onde devemos utilizá-lo. Conhecerá a NBR 5490, os seus padrões para definições sobre descargas atmosféricas, e de materiais componentes da proteção contra descargas atmosféricas.

Logo em seguida, você verá o que é o Fator de Potência e como o fator de potência inadequado pode gerar perdas, que são importantes diminuir numa era em que se busca o aumento da eficiência energética. Será mostrado, também, como são gerados os efeitos reativos indutivos e capacitivos, e de que forma atua um capacitor para redução de potência reativa na rede, quais são as suas consequências e os seus benefícios, além de eventuais problemas que podem ocorrer num mau dimensionamento.

Também será mostrado nesta aula o que fazem as subestações elétricas para enviar energia elétrica até as nossas casas, e as diversas formas de ligações elétricas para conseguir essa transmissão. A geração de energia elétrica acontece por meio e diversas fontes, como: hidrelétrica, fotovoltaica, eólica e térmica. A sua transformação ocorre em níveis de tensão bem elevados, seu tráfego é por meio de Linhas de Transmissão de até incríveis 800 KV. A passagem da energia elétrica gerada por subestações elevadoras de tensão e a sua entrada nas Linhas de Transmissão também será um assunto aqui abordado.

Ainda será exposta a você as subestações rebaixadoras na entrada das cidades e o porquê delas existirem.

Por fim, veremos o Sistema Elétrico Brasileiro, bastante diversificado, e um dos maiores do mundo em sustentabilidade e Energia Limpa (pouca poluição atmosférica), que inclui várias fontes geradoras, a maioria renovável. Veremos o futuro promissor das soluções brasileiras a partir de fontes renováveis. Mostraremos como está constituído o SIN (Sistema Nacional Interligado) e a sua distribuição no território brasileiro, as linhas de transmissão e subestações, numa topologia formada para que a maior área possível seja atingida pelas comodidades da energia elétrica no Brasil.

Veremos também os tipos de distribuição de energia elétrica quanto às instalações. Vocês já devem ter reparado que em localidades com pouca densidade demográfica, normalmente se usam postes para transmitir a energia elétrica.

**É Hora de Praticar!**

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Estudaremos uma situação acontecida várias vezes no Brasil e que nos impacta a todos, relacionada ao Sistema Elétrico Brasileiro: a situação dos apagões de energia elétrica no Brasil. Vamos tentar entender, com base nos conhecimentos adquiridos na unidade, qual ou quais fatores podem ser as causas do apagão.

Recentemente, houve caso de apagão registrado nos seguintes anos:

## 2018

Em março de 2018, uma queda de energia afetou todos os estados do Nordeste. Na época, a falta de energia elétrica afetou os estados do Maranhão e Tocantins e, parcialmente, no Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia, Piauí e Pará.

A causa teria sido uma perturbação (sobrecarga ou curto-circuito) que gerou o desligamento de cerca de 18.000 MW, localizados nas regiões Norte e Nordeste, em aproximadamente 22,5% da carga total do sistema naquele momento.

## 2015

Em 2015, o apagão atingiu onze estados e mais o Distrito Federal em 19 de janeiro. Ele foi causado devido ao consumo alto, falhas em linha de transmissão e produção no limite (demanda maior que produção). Às 15h faltou energia em toda a Região Sul, nos quatro estados do Sudeste, na região Centro-Oeste e em Rondônia (G1, 2024).

## 2013

Todos os estados do Nordeste sofreram um apagão na tarde do dia 28 de agosto de 2013. Segundo o ministro de Minas e Energia, foi provocado por uma queimada no Piauí.

O apagão atingiu toda a região Nordeste a partir das 15h08. Segundo o Ministério das Minas e Energia, o blecaute provocou o desligamento de duas linhas de transmissão paralelas e totalizou um corte de carga de 10.900 megawatts (quando há blecaute, linhas são desligadas para protegê-las de sobrecarga).

## 2012

Em 2012, a região Nordeste enfrentou apagões em setembro e outubro. Em 22 de setembro, segundo o ONS, um problema nas interligações Sudeste/Norte e Sudeste/Nordeste, atingiu o fornecimento de energia elétrica em parte da região Nordeste do país.

Em outubro, outra ocorrência afetou os nove estados do Nordeste do país no final da noite do dia 25 e início da madrugada do dia 26.

## 2011

Um apagão atingiu parte do Nordeste do país na noite do dia 3 de fevereiro e início da madrugada do dia 4. O apagão ocorreu em, pelo menos, oito estados: Bahia, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Ceará, Sergipe, Piauí e Rio Grande do Norte.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Foram detectados problemas em uma linha de transmissão da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf), sistemas de três usinas - Xingó, Paulo Afonso e Luiz Gonzaga - foram desarmados (Brasil Escola, 2024).

## 2010

Todos os estados do Nordeste enfrentaram um apagão parcial de 40 minutos na tarde do dia 10 de fevereiro. Segundo a Eletrobras, faltou energia por volta das 13h50 - horário local, uma hora a menos de Brasília por conta do horário de verão - e a situação foi normalizada por volta das 14h30.

A estatal Eletrobrás informou que em nenhum estado houve apagão total. As causas do blecaute se deram pela interrupção de parte do fornecimento do Sudeste para o Nordeste. Apesar de ter sido relativamente curto, esse foi o terceiro apagão a atingir mais de um estado desde o final de 2009 (G1, 2024).

## 2009

As cidades das regiões Centro-Oeste e Nordeste do país lideraram o número de apagões no ano de 2009 em função de ocorrências nas linhas de transmissão de energia elétrica, de acordo com dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (O.N.S., 2023).

Foi por causa de um problema nas linhas de transmissão que 20 estados e o Distrito Federal ficaram sem energia por até sete horas no dia 10 de novembro de 2009. O governo diz que o incidente foi causado por raios que atingiram uma subestação entre São Paulo e Paraná. Três linhas de transmissão com energia de Itaipu desligaram por conta de curto-circuito.

## 2008

Após uma falha em uma subestação da Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista (CTEEP), o apagão afetou 24 bairros de São Paulo no dia 4 de março. O blecaute causou o desligamento dos semáforos de várias avenidas importantes, como Paulista, Nove de Julho e Brasil. Faltou energia também na Vila Mariana e na região dos Jardins.

## 2005

A falha de um funcionário durante a operação do sistema elétrico na subestação de Cachoeira Paulista (SP) provocou o apagão que atingiu os estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo e parte de Minas Gerais. O incidente aconteceu no dia 1º de janeiro e afetou mais de 3 milhões de pessoas.

A falha humana ocorreu na tentativa de corrigir um defeito técnico no sistema de linhas de transmissão operado pela Eletrobras Furnas, que desligaram sem motivo aparente. Uma terceira linha já estava desligada, por conta da menor demanda no mês e com apenas uma linha em funcionamento, o sistema entrou em colapso. Em abril, Furnas foi multada em R\$ 4,1 milhões pela falha.

## 2001/2002

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

Nos últimos dois anos do governo Fernando Henrique Cardoso, os brasileiros conviveram com o risco de um grande apagão. Investimentos insuficientes feitos no setor energético nos anos anteriores, somados à falta de chuvas, levaram o país a uma crise energética em junho de 2001. Foi necessário tomar medidas para cortar 20% dos gastos com energia e foi criado o Ministério do Apagão para gerenciar a crise (G1, 2024).

Foi instituído um racionamento "voluntário" de energia: consumidores que atingissem as metas de economia seriam premiados, enquanto aqueles que não conseguissem reduzir seu consumo seriam punidos. O objetivo era "dissuadir a população de usar energia, o que foi positivo no curto prazo". Em abril, ocorreu uma explosão na subestação da Eletrobrás Furnas em Jacarepaguá, Rio de Janeiro. Na época, foi divulgado que o disjuntor da linha de transmissão explodiu e o sistema de proteção foi acionado.

Já em janeiro de 2002, penúltimo mês do racionamento energético, um parafuso frouxo na linha de transmissão perto da hidrelétrica de Ilha Solteira (SP) provocou o rompimento. Cerca de 76 milhões de pessoas ficaram às escuras em dez estados (O.N.S., 2023).

No seu entender, qual tem sido a causa principal dos apagões no Brasil? Você seria capaz de listar em ordem de importância as principais causas dos apagões?

Olá estudante, chegamos ao encerramento da unidade!

Vamos realizar a experiência presencial que irá consolidar os conhecimentos adquiridos? É a oportunidade perfeita para aplicar, na prática, o que foi aprendido em sua disciplina. Vamos transformar teoria em vivência e tornar esta etapa ainda mais significativa. Não perca essa chance única de colocar em prática o conhecimento adquirido.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

## Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA)



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio do Cogna IA.

ALEXANDER, C. K., SADIQU, M. N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. Porto Alegre: Bookman, 1a ed., pp. 40-41 e 413.

BARRETO, G. A. Estudo de Viabilidade de Um Sistema de Monitoramento de Baixo Custo para os Sistemas de Distribuição Reticulados Subterrâneos. Tese (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2010.

Brasil Escola: Apagões no Brasil. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br>. Acesso em 01 jan. 2024.

CRISPINO, F. **Reconfiguração de Redes Primárias de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Sistemas de Informações Geográficas**. Tese (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2001.

CAMPOS, L. C. R.; MACEDO, A. de S.; LOPES, D. M. Sistemas de redes subterrâneas de energia elétrica no Brasil. **Brazilian Journal of Production Engineering**. 5.2 (2019): 151-169.

# INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

DUTRA, E.; OLIVEIRA, S. L. M. E. H.; SOUZA, F. A. G. Energia elétrica dentro da Unicamp-Consumo Inteligente. **Revista Ciências do Ambiente on-line**. 8.1 (2012).

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 16<sup>a</sup>. Edição. Disponível em: <https://www.drb.org.br/v1/Instalaoes16%20edHelioCreder.pdf>. Acessado em: 6 out. 2023.

LIGHT SESA. **Grandes Consumidores**. Disponível em <https://www.light.com.br/SitePages/page-distribuicao.aspx?v=1.1#!#inicio>. Acesso em: 20 nov. 2023.

Lira, G. N. **Algoritmo de Reconfiguração Ótima de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica visando a Minimização de Perdas**. UFPA. CURITIBA (2011): 39.

FERREIRA, J. T. V. **Redes de distribuição de energia elétrica de média e baixa tensão: estágio na Helenos**. SA. Diss. 2018.

G1- notícias. **Os apagões no Brasil**. Disponível em: <https://g1.globo.com/2023/08/15>. Acesso em: 01 jan. 2024.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013. 666 p.  
O.N.S. Organizador Nacional do Sistema. Eletrobras. Disponível em: <https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Livros-da-Diretoria-de-Planejamento-na-biblioteca-digital-ONS/LIVRO-SEGURAN%C3%A7A-SIST%C3%8AMICA.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2023.

ROCHA, N. R. de C. **Desenvolvimento de um projeto elétrico de rede de distribuição subterrânea**. BS thesis. 2022.

SOUZA, F. A. **Detecção de falhas em sistema de distribuição de energia elétrica usando dispositivos programáveis**. Dissertação em Engenharia Elétrica. UNESP, São Paulo, 2008.