

# TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA



## MÓDULO I INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS



2025 - INEPROTEC

Diretor Pedagógico	EDILVO DE SOUSA SANTOS
Diagramação	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Capa	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Elaboração	INEPROTEC

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outros sim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para [contato@ineprotec.com.br](mailto:contato@ineprotec.com.br).

**VERSÃO 2.0 (01.2025)**

Todos os direitos reservados à  
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli  
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja  
Recanto das Emas - CEP: 72.600-102 - Brasília/DF  
E-mail: [contato@ineprotec.com.br](mailto:contato@ineprotec.com.br)  
[www.ineprotec.com.br](http://www.ineprotec.com.br)



# Sumário

<b>ABERTURA</b>	06
<b>SOBRE A INSTITUIÇÃO</b>	06
• Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente	06
• Missão	06
• Visão	06
• Valores	06
<b>SOBRE O CURSO</b>	06
• Perfil profissional de conclusão e suas habilidades	07
• Quesitos fundamentais para atuação	07
• Campo de atuação	07
• Sugestões para Especialização Técnica	08
• Sugestões para Cursos de Graduação	08
<b>SOBRE O MATERIAL</b>	08
• Divisão do Conteúdo	09
• Boxes	09
<b>BASE TEÓRICA</b>	11
<b>INTRODUÇÃO</b>	11
<b>AS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>	12
• Partes de uma instalação elétrica	12
✓ Infraestrutura da instalação elétrica	12
✓ Medição e proteção	12
✓ Cabeamento	12
✓ Controle	13
• Instalação elétrica e sua importância na obra	13
• Os disjuntores e sua importância	14
• O Dispositivo DR e sua importância	14
• Potência em Instalações Elétricas	15
• A necessidade de separar os circuitos de iluminação e de força	16
• Fios e cabos condutores	16

✓ Cores padrão em circuitos de baixa tensão	17
✓ Tipos de cabos elétricos	17
• Conduítes e eletrodutos	17
• Classificação das instalações elétricas	18
✓ Instalação em tensão reduzida ou extra baixa tensão	18
✓ Instalação em baixa tensão (BT)	18
✓ Instalação em alta-tensão (AT)	18
• Diferença entre instalações elétricas prediais, comerciais e industriais	18
<b>NOÇÕES DE PROJETO ELÉTRICO E DIMENSIONAMENTO</b>	19
• Orientações sobre um projeto elétrico	19
• Projeto de iluminação elétrica	19
✓ Fornecimento de tensão	20
• Dimensionamento da iluminância em um ambiente	21
✓ Cálculo da iluminância	21
• Dimensionamento das tomadas em um ambiente	22
✓ Tomadas	23
✓ Tomadas por ambiente	23
• Referenciais para dimensionamento de TUG's e TUE's	25
✓ Pontos de tomada – Quantidade	28
✓ Potências atribuíveis aos pontos de tomada	29
• Quadro de distribuição	31
• Tomadas de corrente	31
✓ Ponto de tomada com 4 tomadas 2P+T (modelo conforme NBR 14136)	
• Tipos de condutores	32
✓ Condutores metálicos	32
✓ Condutores eletrolíticos	32
✓ Condutores gasosos	33
✓ Fios	33
✓ Cabos	33
✓ Cabos flexíveis	34
• Carga instalada e cálculo de demanda	34

✓ Fator de Demanda	34
✓ Fator de Simultaneidade	35
<b>QUADROS E PAINÉIS ELÉTRICOS</b>	35
• Montagem de quadro de comando elétrico	35
✓ Quadro de comando elétrico	37
✓ Elementos que compõem a montagem de quadro de comandos elétricos	
• Montagem de painéis elétricos de baixa tensão	38
✓ Montagem de painel comando elétrico	39
• Montagem de quadro de distribuição	40
• Montagem de quadro elétrico trifásico	41
• Montagem de painel industrial	42
<b>CURTO-CIRCUITO</b>	44
• Estudo de curto-circuito	44
• Reator limitador de corrente de curto-circuito	47
✓ Mais segurança com reator limitador de corrente de curto-circuito	47
✓ Usabilidade do reator limitador de corrente de curto-circuito interfase	
✓ Em primeiro lugar a confiança	47
<b>SESSÕES ESPECIAIS</b>	50
<b>MAPA DE ESTUDO</b>	50
<b>SÍNTESE DIRETA</b>	52
<b>MOMENTO QUIZ</b>	55
<b>GABARITO DO QUIZ</b>	56
<b>REFERÊNCIAS</b>	57



MÓDULO I

# **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS**

## Abertura

### SOBRE A INSTITUIÇÃO

#### Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente

O Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico (INEPROTEC) é uma instituição de ensino que valoriza o poder da educação e seu potencial de transformação.

Nascemos da missão de levar educação de qualidade para realmente impactar a vida dos nossos alunos. Acreditamos muito que a educação é a chave para a mudança.

Nosso propósito parte do princípio de que a educação transforma vidas. Por isso, nossa base é a inovação que, aliada à educação, resulta na formação de alunos de grande expressividade e impacto para a sociedade. Aqui no INEPROTEC, o casamento entre tecnologia, didática e interatividade é realmente levado a sério e todos os dias otimizado para constante e contínua evolução.

#### Missão

A nossa missão é ser símbolo de qualidade, ser referência na área educacional presencial e a distância, oferecendo e proporcionando o acesso e permanência a cursos técnicos, desenvolvendo e potencializando o talento dos estudantes, tornando-os, assim, profissionais de sucesso e cidadãos responsáveis e capazes de atuar como agentes de mudança na sociedade.

#### Visão

O INEPROTEC visa ser um instituto de ensino profissionalizante e técnico com reconhecimento nacional, comprometido com a qualidade e excelência de seus cursos, traçando pontes para oportunidades de sucesso, tornando-se, assim, objeto de desejo para os estudantes.

#### Valores

Ciente das qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, o INEPROTEC tem uma visão que prioriza a valorização de cursos essenciais e pouco ofertados para profissionais que buscam sempre a atualização e especialização em sua área de atuação.

### SOBRE O CURSO

O curso TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA pertence ao Eixo Tecnológico de CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS. Vejamos algumas informações importantes sobre o curso TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA relacionadas ao **perfil profissional de**

**conclusão e suas habilidades, quesitos fundamentais para atuação, campo de atuação** e, também, algumas sugestões interessantes para continuação dos estudos optando por **Especializações Técnicas e/ou Cursos de Graduação**.

### Perfil profissional de conclusão e suas habilidades

- Planejar, controlar e executar a instalação e a manutenção de sistemas e instalações elétricas industriais, prediais e residenciais, considerando as normas, os padrões e os requisitos técnicos de qualidade, saúde e segurança e de meio ambiente.
- Elaborar e desenvolver projetos de instalações elétricas industriais, prediais e residenciais, sistemas de acionamentos elétricos e de automação industrial e de infraestrutura para sistemas de telecomunicações em edificações.
- Aplicar medidas para o uso eficiente da energia elétrica e de fontes energéticas alternativas.
- Elaborar e desenvolver programação e parametrização de sistemas de acionamentos eletrônicos industriais.
- Planejar e executar instalação e manutenção de sistemas de aterramento e de descargas atmosféricas em edificações residenciais, comerciais e industriais.
- Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando a atender às transformações digitais na sociedade.

### Quesitos fundamentais para atuação

- Conhecimentos e saberes relacionados aos processos de planejamento e implementação de sistemas elétricos de modo a assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos usuários.
- Conhecimentos e saberes relacionados à sustentabilidade do processo produtivo, às técnicas e aos processos de produção, às normas técnicas, à liderança de equipes, à solução de problemas técnicos e trabalhistas e à gestão de conflitos.

### Campo de atuação

- Empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, que atuam na instalação, manutenção, comercialização e utilização de equipamentos e sistemas elétricos.
- Grupos de pesquisa que desenvolvam projetos na área de sistemas elétricos.
- Laboratórios de controle de qualidade, calibração e manutenção.
- Indústrias de fabricação de máquinas, componentes e equipamentos elétricos.



- Concessionárias e prestadores de serviços de telecomunicações.

### Sugestões para Especialização Técnica

- Especialização Técnica em Automação Predial (Domótica).
- Especialização Técnica em Redes Industriais.
- Especialização Técnica em Acionamentos de Servomotores Industriais.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética em Edificações.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética Industrial.
- Especialização Técnica em Energia Solar Fotovoltaica.
- Especialização Técnica em Implantação e Comissionamento de Parques Eólicos.
- Especialização Técnica em Biocombustíveis.
- Especialização Técnica em Biogás e Biometano.
- Especialização Técnica em Aproveitamento Energético de Biogás.

### Sugestões para Cursos de Graduação

- Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Eletrotécnica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Elétricos.
- Bacharelado em Engenharia Eletrônica.
- Bacharelado em Engenharia Elétrica.
- Bacharelado em Engenharia de Automação e Controle.
- Bacharelado em Engenharia de Telecomunicações.
- Bacharelado em Engenharia Mecatrônica.
- Bacharelado em Engenharia de Computação.

### SOBRE O MATERIAL

Os nossos materiais de estudos são elaborados pensando no perfil de nossos cursistas, contendo uma estruturação simples e clara, possibilitando uma leitura dinâmica e com volume de informações e conteúdos considerados básicos, mas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de cada disciplina. Lembrando que nossas apostilas não são os únicos meios de estudo.

Elas, juntamente com as videoaulas e outras mídias complementares, compõem os vários recursos midiáticos que são disponibilizados por nossa Instituição, a fim de proporcionar subsídios suficientes a todos no processo de ensino-aprendizagem durante o curso.

## Divisão do Conteúdo

Este material está estruturado em três partes:

- 1) ABERTURA.
- 2) BASE TEÓRICA.
- 3) SESSÕES ESPECIAIS.

### Parte 1 - ABERTURA

- Sobre a Instituição.
- Sobre o Curso.
- Sobre o Material.

### Parte 2 – BASE TEÓRICA

- Conceitos.
- Observações.
- Exemplos.

### Parte 3 – SESSÕES ESPECIAIS

- Mapa de Estudo.
- Síntese Direta.
- Momento Quiz.

## Boxes

Além dessas três partes, no desenvolvimento da BASE TEÓRICA, temos alguns BOXES interessantes, com intuito de tornar a leitura mais agradável, mesclando um estudo mais profundo e teórico com pausas pontuais atrativas, deixando a leitura do todo “mais leve” e interativa.

Os BOXES são:

- VOCÊ SABIA



São informações complementares contextualizadas com a base teórica, contendo curiosidades que despertam a imaginação e incentivam a pesquisa.

## ▪ PAUSA PARA REFLETIR...



Um momento especial para descansar a mente do estudo teórico, conduzindo o cursista a levar seus pensamentos para uma frase, mensagem ou indagação subjetiva que leve a uma reflexão pessoal e motivacional para o seu cotidiano.

## ▪ SE LIGA NA CHARADA!



Se trata de um momento descontraído da leitura, com a apresentação de enigmas e indagações divertidas que favorecem não só a interação, mas também o pensamento e raciocínio lógico, podendo ser visto como um desafio para o leitor.



## Base Teórica

### INTRODUÇÃO

A energia elétrica é obtida principalmente através de termoelétricas, usinas hidrelétricas, usinas eólicas e usinas termonucleares. Exemplos de fontes de energia elétrica:

- Hidráulica;
- Petróleo;
- Eólica;
- Solar.

É muito comum termos siglas relacionadas ao meio específico em que vivemos, no mundo da eletricidade ou da Energia elétrica não é diferente.

Vejamos algumas:

- ACR: Ambiente de Contratação Regulada.
- ACL: Ambiente de Contratação Livre.
- MME: Ministério de Minas e Energia.
- CCEE: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.
- ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica.

A NBR-5410 é uma norma aplicada principalmente em instalações prediais, públicas, comerciais, etc. Para o profissional da área funciona como um guia, sobre o que se deve ou não fazer, ela traz um texto diferenciado explicando e colocando regras em instalações de baixa tensão, e faz grande diferença conhecê-la e acima de tudo aplicá-la. A NBR 5410 é composta por várias orientações que devem ser consideradas e seguidas que tratam das **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Ela é a principal norma de instalações elétricas e, portanto, contém as informações que todos os projetistas, engenheiros, construtores, eletricitas e especialistas da área de instalações elétricas necessitam para seguir e garantir um sistema de instalação elétrica eficiente e seguro.

A NBR 5419 é uma norma composta por várias orientações que devem ser consideradas e seguidas que tratam da proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. A NBR 5444 é uma norma que estabelece os símbolos gráficos referentes às instalações elétricas prediais.

A NBR 10898 é uma norma que fixa as características mínimas exigíveis para as funções a que se destina o sistema de iluminação de emergência a ser instalado em

edificações, ou em outras áreas fechadas sem iluminação natural (exemplos de referenciais: instalações especiais de iluminação de emergência, definições específicas relacionadas a iluminação de emergência, simbologias relacionadas a iluminação de emergência, manutenção de sistemas de iluminação de emergência).

Normas Regulamentadoras:

- NR 06 - Equipamentos de Proteção Individual – EPI.
- NR 17 – Ergonomia.
- NR 23 - Proteção Contra Incêndios.
- NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

## AS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A instalação elétrica compreende a implementação física dos componentes das ligações elétricas, a conexão entre a fonte geradora de energia elétrica e as cargas elétricas. Nas instalações elétricas em baixa tensão, a fonte geradora vem da concessionária e as cargas são as eletrodomésticas e eletroeletrônicos que conectamos nas tomadas.

### Partes de uma instalação elétrica

Uma instalação elétrica pode ser dividida nas seguintes partes:

- Infraestrutura da instalação elétrica;
- Medição e proteção;
- Cabeamento;
- Controle.

#### Infraestrutura da instalação elétrica

Compõem a infraestrutura os eletrodutos, caixas de passagem, caixa de medidores, fixadores para cabos, bandejas elétricas, leitos elétricos, eletrocalhas, suportes e etc.

#### Medição e proteção

Esta parte da instalação elétrica é composta por todos os medidores, disjuntores, fusíveis e relés que monitoram e protegem as instalações elétricas.

#### Cabeamento

São os condutores responsáveis por conectar a fontes às cargas elétricas, como equipamentos elétricos e eletrônicos, motores e etc.

## Controle

A parte de controle numa residência, por exemplo, são interruptores para o sistema de iluminação, sensores para automatização ou sistemas para controle de uma bomba de piscina. Sua função é acionar e desacionar cargas.

A instalação elétrica é um conjunto formado por fios, cabos e outros acessórios com características coordenadas entre si e essenciais para o funcionamento de um sistema elétrico. Todas as instalações são definidas em um projeto elétrico elaborado por um profissional especializado ainda na planta feita pelo arquiteto. O projeto elétrico determina o porte da instalação, estabelece circuitos e especifica os materiais que serão usados na obra. Também cabe ao projeto definir pontos de luz e eletricidade da edificação a partir de uma avaliação das necessidades de cada ambiente e dos possíveis aparelhos eletrônicos que serão instalados.

Para garantir segurança é importante que o instalador seja capacitado, para não colocar a sua vida e dos futuros ocupantes da edificação. Uma instalação malfeita pode provocar sérios problemas, desde o consumo exagerado de energia elétrica até curto-circuitos no sistema, ocasionados pela fuga de corrente. Mas atenção, não basta ter um bom projeto se a instalação não for realizada por profissionais qualificados e não utilizar produtos certificados.

## Instalação elétrica e sua importância na obra

A instalação elétrica é uma das etapas mais delicadas da obra e merece atenção especial, tendo em vista que o choque elétrico é uma das principais causas de acidentes graves e fatais em construções. Por isso, a falta de conhecimento coloca em risco não só quem trabalha na obra, mas compromete os futuros ocupantes da edificação. As instalações elétricas devem ser iniciadas na fase de concretagem e se desenvolver durante a pintura, quando são instalados os espelhos das tomadas e os interruptores.

Nesta etapa, é imprescindível utilizar materiais que atendam às normas vigentes do país. Nas embalagens de fios e cabos elétricos, por exemplo há identificação da certificação de conformidade do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), bem como nas tomadas, disjuntores e outros materiais.

Um sistema elétrico bem-feito pode durar, em média 20 anos. Mas ao completar 10 anos, já é recomendável realizar uma revisão para verificar o estado dos condutores, soquetes, interruptores e outros materiais usados na instalação.



## Os disjuntores e sua importância

O disjuntor funciona como um guarda-costas da instalação elétrica, ou seja, deve ser usado como um dispositivo de segurança contra sobrecargas. O disjuntor pode ser unipolar, bipolar ou tripolar, e a sua utilização dependerá das especificações feitas no projeto elétrico. Toda vez que a capacidade dos condutores for ultrapassada, o disjuntor desligará sozinho. É uma espécie de alerta para que o problema seja verificado, sanado e possa ser religado.

Vale lembrar que o disjuntor é diferente do fusível, que ao indicar que a capacidade dos condutores foi ultrapassada, não poderá ser religado, necessita ser substituído.

Em instalações elétricas, os circuitos são divididos e protegidos por disjuntores, de acordo com a capacidade de cada um. O disjuntor ou fusível protege os condutores contra situações anormais de funcionamento do sistema, portanto não devemos substituí-los sem uma minuciosa avaliação das condições dos condutores dos circuitos. O valor do disjuntor é sempre expresso em amperes e deve ser compatível com a capacidade de condução da seção (bitola) do condutor, e ambos dependem da corrente elétrica que circula na instalação.

A substituição de um disjuntor por outro de corrente mais alta requer uma análise do circuito e a possibilidade de troca dos condutores (fios e cabos elétricos) por outros de seção (bitola) maior. Quando o disjuntor desliga um circuito, a causa pode ser uma sobrecarga ou um curto-circuito. Fique atento, pois desligamentos frequentes indicam sobrecarga. Por isso, não é recomendado trocar os disjuntores por outros de corrente mais alta sem analisar o circuito.

## O Dispositivo DR e sua importância

O dispositivo Diferencial Residual (DR) desempenha um papel importante na instalação elétrica, já que é responsável por detectar fugas de corrente elétrica, ocasionadas pelo vazamento de energia dos condutores, por uma falha na isolação ou pela instalação incorreta.

Assim que identifica uma fuga de corrente na instalação, o DR desliga o circuito imediatamente para evitar que uma pessoa seja vítima de um choque elétrico. O dispositivo DR é um interruptor automático que desliga correntes elétricas de pequena intensidade, que, geralmente, o disjuntor comum não consegue detectar, mas podem ser fatais para uma pessoa que tocar o condutor carregado ou algo que se transformou em um condutor acidentalmente devido a uma falha no isolamento, por exemplo.

O DR pode ser utilizado por ponto, por circuito ou por grupo de circuitos e de acordo com a norma NBR 5410 é obrigatório desde 1997, em circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais com chuveiro e banheira, nos circuitos que alimentam tomadas localizadas em áreas externas da edificação, nos circuitos que alimentam tomadas internas que possam alimentar equipamentos usados na área externa e também nos circuitos que sirvam a pontos de utilização localizados na cozinha, copa, lavanderia, área de serviço, garagem e outras dependências internas molhadas ou sujeitas a lavagens constantes.

A tabela abaixo ajuda a mostrar quanto é importante acertar na escolha do DR. Para que isso aconteça, a corrente nominal ( $I_n$ ) do DR deve ser maior ou igual à corrente do disjuntor do circuito ou geral. Note que o exemplo 40 A é ideal.

Compatibilidade entre dispositivo DR e disjuntor	
Corrente nominal ( $I_n$ ) do disjuntor Merlin Gerin	Corrente nominal do dispositivo DR Merlin Gerin
10A	<b>25A</b>
16A	
20A	
25A	
32A	
40A	<b>40A</b>
50A	<b>63A</b>
63A	

**Figura 1:** Tabela com indicações sobre a corrente nominal do disjuntor e da corrente nominal do dispositivo DR.

## Potência em Instalações Elétricas

Para se entender como funcionam os fundamentos das Instalações Elétricas, precisamos primeiro entender os conceitos relacionados à energia elétrica. A potência elétrica acontece quando há corrente elétrica e tensão elétrica. A potência é resultado da ação desses dois fatores agindo juntos, basicamente é a “força” ou “trabalho” que é feita com uma certa quantidade de energia. A potência ativa pode ser transformada em mecânica, térmica e luminosa. É o que faz funcionar eletrodomésticos, por exemplo. A potência reativa é transformada em campo magnético, produzindo o funcionamento de motores e transformadores.

Equipamentos relacionados à iluminação geralmente são os com menores potências, como lâmpadas e iluminação em geral, enquanto que os responsáveis por aquecimento são os que costuma ter maiores potências, como aquecedores elétricos, chuveiros elétricos, ares-condicionados, etc.

### A necessidade de separar os circuitos de iluminação e de força

De acordo com NBR 5410, com relação às instalações elétricas de baixa tensão, é recomendável separar os circuitos de iluminação e de força em todos os tipos de edificações e aplicações.

Existem dois bons motivos para separar os circuitos:

- O primeiro é que dessa forma um circuito não será afetado pela falha do outro, caso ocorra um defeito em um deles.
- O segundo motivo é que o motivo é que o fato de separar os circuitos de iluminação e de força auxilia na implementação das medidas de proteção adequadas contra choques elétricos.

### Fios e cabos condutores

Um fio é um segmento fino, cilíndrico, flexível e alongado, que deve ser escolhido com muito cuidado em uma instalação elétrica, já que deverá conduzir a corrente elétrica.

A diferença entre um fio e um cabo está na flexibilidade, pois a capacidade de condução de corrente é a mesma. Os fios são mais rígidos, pois são feitos de um único filamento. Já os cabos são compostos por diversos filamentos finos, que proporcionam mais flexibilidade e facilitam a colocação nos eletrodutos (conduíte, usado para passar a fiação).

Mas, quando usar um fio e quando optar por cabos? Em geral, o cabo é mais usado em trechos onde há curvas, por ser bastante maleável. A escolha dos condutores é sempre baseada na aplicação ou preferência do projetista/instalador.

Independentemente da escolha por fios ou cabos, é fundamental optar por produtos que tenham identificações claras como seção, temperatura, tensão de isolamento e número da norma que especifica as características técnicas referidas.

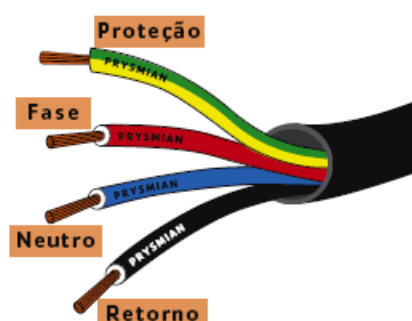
Os materiais condutores mais utilizados são feitos de cobre e revestidos por plástico ou borracha isolante. Sua aplicação como condutor de eletricidade é protegida em eletrodutos e destinada à distribuição de luz, força motriz, aquecimento, sinalização ou campainha.

As seções mínimas recomendadas por norma são de 1,5 mm<sup>2</sup> para iluminação e 2,5 mm<sup>2</sup> para tomadas de força. Circuitos especiais como o do chuveiro ou da torneira elétrica devem ter a potência do equipamento como parâmetro para a determinação da seção (bitola) do fio.

Os fios que não ficam embutidos nas paredes merecem atenção especial e precisam estar com uma segunda camada plástica protetora, além da isolação.

### Cores padrão em circuitos de baixa tensão

Conforme a norma NBR 5410, o instalador deverá seguir as cores padrão para circuitos de baixa tensão.



**Figura 2:** Ilustração dos condutores e suas cores padrão.

O condutor com isolação na cor azul-claro deve ser utilizado como neutro, já o verde-amarelo ou verde é o conhecido fio terra ou proteção. Já o condutor fase pode ser de qualquer cor, exceto as cores estabelecidas para neutro e proteção.

### Tipos de cabos elétricos

O cabo elétrico pode ser: um condutor isolado (dotado apenas de isolação), unipolar (constituído por um único condutor isolado e provido de cobertura sobre a isolação) e multipolar (constituído por vários condutores isolados e provido de cobertura sobre o conjunto dos condutores isolados). Quanto mais fios, mais flexível o condutor.

### Conduítes e eletrodutos

Responsáveis pelo trajeto dos fios e dos cabos os conduítes ou eletrodutos fazem as ligações entre todos os pontos de consumo, comando e o quadro de distribuição. Os conduítes podem ser rígidos ou flexíveis. O seu formato rígido é recomendado para lajes ou outras superfícies concretadas. No entanto, na maior parte das instalações, predominam os

conduítes flexíveis. O ideal é que os conduítes sigam caminhos retos ou que façam curvas abertas. Suas bitolas são calculadas de acordo com a quantidade de fios ou cabos que deverão conduzir.

### Classificação das instalações elétricas

As instalações elétricas podem ser classificadas em:

- Instalação em tensão reduzida ou extra baixa tensão;
- Instalação em baixa tensão (BT);
- Instalação em alta-tensão (AT).

#### Instalação em tensão reduzida ou extra baixa tensão

Instalação de tensão reduzida é a instalação que opera com tensão elétrica nominal menor ou igual à 75 V em corrente contínua, ou menor ou igual à 50 V em corrente alternada.

#### Instalação em baixa tensão (BT)

Instalação de baixa tensão é a instalação que opera com tensão elétrica nominal superior à 75 V e menor ou igual à 1500 V em corrente contínua, superior à 50 V e menor ou igual à 1000 V em corrente alternada.

#### Instalação em alta-tensão (AT)

Instalação de alta-tensão, é a instalação cuja tensão excede os valores definidos para baixa tensão, podendo atingir várias centenas de kV.

### Diferença entre instalações elétricas prediais, comerciais e industriais

Os tipos de instalações elétricas são instalações elétricas prediais, comerciais e industriais. As principais diferenças entre elas são a complexidade das instalações e a potência instalada.

Em uma instalação elétrica predial ou residencial, o sistema de controle basicamente é composto por interruptores para as lâmpadas e provavelmente nenhum relé vai ser usados nesta instalação. Já em uma instalação elétrica industrial, serão usados vários sistemas de medição para controlar o consumo energético em cada fase de uma produção, diversos relés para controle de processo e proteção de máquinas e equipamentos, vários sistemas de controle utilizando comandos elétricos e automação elétrica.



A potência instalada de equipamentos em uma instalação é muito maior em caso de instalações elétricas industriais se comparada as instalações residências elétricas, esta diferença cria a necessidade de muitos sistemas de medição, proteção e controle e isto muda a complexidade dos sistemas.



### SE LIGA NA CHARADA!

#### PERGUNTA:

Por que os peixes gostam tanto de comer?

#### RESPOSTA:

Porque eles estão sempre com água na boca.

## NOÇÕES DE PROJETO ELÉTRICO E DIMENSIONAMENTO

### Orientações sobre um projeto elétrico

O projeto elétrico é a reunião das informações das instalações elétricas, todo projeto de instalações elétricas é composto por tabelas de informações, diagramas elétricos e símbolos das instalações elétricos. Todo projeto deve seguir as normas de instalações elétricas como a NBR 5410 de Instalações elétricas de baixa tensão, a NBR 5444 de Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais e a NR 10 de Segurança em instalações e serviços em eletricidade.

Segurança em instalações elétricas é um ponto muito importante e o projeto colabora para que a segurança desta instalação elétrica seja garantida, o projeto de instalação elétrica contém todos os parâmetros de segurança que devem ser adotados.

Nos cursos de formação superior como engenharia elétrica, engenharia civil ou arquitetura existem muitas matérias específicas sobre instalações elétricas, onde são debatidos e explicados vários dos muitos termos que se relacionam com as instalações elétricas e suas características.

Um ponto de utilização de energia elétrica nada mais é do que uma tomada, uma lâmpada, um interruptor. Ou seja, todo ponto onde há a presença da energia elétrica. Para fazer uma instalação elétrica e implementá-la em determinado lugar, existem várias fases e o projeto deve ser feito por alguém capacitado. É importante seguir as regras da Norma Brasileira 5410 para evitar futuros problemas.

### Projeto de iluminação elétrica

A Norma Brasileira NBR 5410:2004 prevê que cada ambiente tenha pelo menos um ponto de luz no teto, a ser ligado através de interruptor na parede. Para áreas iguais ou inferiores a 6 m<sup>2</sup>, recomenda-se um mínimo de 100 VA; para área superior a 6 m<sup>2</sup>, acrescentam-se mais 60 VA para cada aumento de 4 m<sup>2</sup> inteiros. A mesma norma também estabelece que haja em cada cômodo ao menos 1 ponto de tomada, incluindo banheiros e varandas.

### Fornecimento de tensão

É obrigatório que haja um poste de energia para fornecimento de tensão. O padrão de entrada é o poste com isolador de roldana, bengala e haste de terra, atendendo às especificações da empresa que fornece a energia elétrica. Ao fazer a instalação, a empresa vistoria o trabalho e faz a ligação. O quadro de distribuição com disjuntores deve estar localizado em ambiente de fácil acesso.

#### **OBSERVAÇÕES:**

##### Projeto elétrico residencial

- O projeto elétrico residencial é a representação gráfica e escrita da instalação com todos os seus detalhes.
- Os detalhes em um projeto elétrico residencial são a localização dos pontos de utilização da energia elétrica, comandos, trajeto dos condutores, divisão em circuitos, seção dos condutores, dispositivos de manobra, carga de cada circuito, carga total, etc.
- O projeto elétrico determina o porte da instalação, estabelece circuitos e especifica os materiais que serão usados na obra.
- Cabe ao projeto elétrico residencial definir pontos de luz e eletricidade da edificação a partir de uma avaliação das necessidades de cada ambiente e dos possíveis aparelhos eletrônicos que serão instalados.

O projeto elétrico é a reunião das informações das instalações elétricas, todo projeto de instalações elétricas é composto por tabelas de informações, diagramas elétricos e símbolos das instalações elétricos.

Durante a elaboração de um projeto elétrico usando o AutoCAD, devemos tomar os seguintes cuidados quanto a análise:

- Usar a NBR 5410 e analisar a arquitetura.

- Fazer a previsão de cargas e distribuir tomadas e luminárias nos ambientes.
- Calcular o quadro de cargas e montar o diagrama unifilar.
- Dimensionar eletrodutos e colocar legenda de símbolos.
- Locar o quadro de distribuição em local estratégico de fácil acesso a todas as dependências da residência.

## Dimensionamento da iluminância em um ambiente

Esse é um conceito fundamental para a definição da quantidade de luz mais adequada para cada situação. A iluminância é a quantidade de luz presente em um ambiente ou superfície e a unidade de medida utilizada é o LUX (lx). Existe uma Norma Técnica que determina o nível de Iluminância ideal para ambientes de acordo com as atividades que serão executadas no espaço. A norma é a NBR 5413 (Iluminância de Interiores) da ABNT. Conheça os principais níveis de iluminância residencial normatizados.

Ambiente	Iluminância Min. (lux – lx)
Sala – Luz geral	50 – 100
Sala – Tarefas rápidas	150
Sala – Ler, estudar, costurar	300
Sala de Jantar	50 – 200
Dormitórios – Luz geral	50
Dormitórios – Cabeceira da cama	150
Cozinha	300 – 500
Banheiro – Luz geral	100
Banheiro – Luz do espelho	200
Hall / Circulação	150
Escadaria	100
Escritório – Mesa de trabalho	300 – 500
Garagem	50

**Figura 3:** Tabela relacionando ambientes e suas quantidades de iluminância mínima.

Para avaliar se um conjunto de iluminação artificial está bem dimensionado para o ambiente e para as tarefas que ali serão executadas você precisa calcular o nível de iluminância e confrontar com a tabela da norma ABNT.

Mas, como calcular o nível de iluminância em um ambiente?

## Cálculo da iluminância

Esse cálculo é complexo e envolve uma série de fatores que interferem em maior ou menor grau na iluminância no ambiente. Os profissionais da Luminotécnica utilizam vários outros conceitos e ferramentas para definir com maior precisão a real necessidade de luz para cada ambiente.

Aqui você encontra uma forma simplificada que vai te ajudar a ter uma ideia se a luminária e a lâmpada escolhidas fornecerão luz suficiente.

A fórmula simplificada é:

$$\text{lm (fluxo luminoso da lâmpada)} / \text{m}^2 \text{ do ambiente} = \text{lux}$$

### EXEMPLO:

#### Calculando o lux

Você tem um dormitório de 20 metros quadrados ( $\text{m}^2$ ) e quer instalar um plafon com três lâmpadas fluorescentes compactas de 11 W. Sabendo que cada uma dessas lâmpadas emite 700 lúmens (lm). Qual a iluminância no ambiente?

$$3 \times 700 \text{ lm} / 20 \text{ m}^2$$

$$2.100 \text{ lm} / 20 \text{ m}^2$$

$$105 \text{ lux}$$

Segundo a norma ABNT um dormitório deve ter no mínimo 50 lux para a luz geral, portanto, concluímos que nesse caso, o plafon com três lâmpadas está superdimensionado.

#### Calculando o fluxo luminoso

Outra forma de conduzir a análise é verificar primeiro a iluminância que a norma indica para determinado ambiente, para então, chegar à quantidade de fluxo luminoso necessário.

$$X \text{ lm} / 20 \text{ m}^2 = 50 \text{ lux}$$

$$X \text{ lm} = 50 \times 20$$

$$X \text{ lm} = 1.000 \text{ lúmens}$$

Para esse ambiente 1.000 lúmens é o ideal. A opção mais correta é um plafon com duas lâmpadas de 11 W, que somam 1.400 lm. Podemos adotar esse padrão com mais lúmens, porque existe uma depreciação do fluxo luminoso basicamente por dois motivos: a existência de um difusor que reduz a emissão da luz para o ambiente e a depreciação do fluxo luminoso ao longo do tempo. A única maneira de conseguir uma avaliação precisa do nível de iluminância é com a utilização de um luxímetro ou fotômetro.

## Dimensionamento das tomadas em um ambiente

## Tomadas

São dispositivos destinados às ligações de aparelhos eletrodomésticos e industriais e servem para fazer e desfazer as conexões com segurança e facilidade. Elas podem ser fixadas nas paredes ou no piso. Diferem pela forma de sua aplicação, quantidade de seus contatos e por sua capacidade elétrica. Existem tomadas para instalações externas e embutidas.

A forma dos contatos determina o tipo de pinos que a tomada pode receber. Há tomadas para pinos redondos, pinos chatos e também para ambos os pinos. A quantidade dos contatos determina a função da tomada, ou seja, limita o tipo de circuito em que a tomada pode ser instalada. Ela suporta correntes elétricas apenas até um certo valor. Se esse limite for ultrapassado, haverá perigo e os contatos podem-se queimar ou se fundir. Para evitar tais defeitos, cada tomada traz uma inscrição que mostra a carga máxima (tensão e corrente) que ela pode alimentar.

### Tomadas por ambiente

Em uma residência, há uma quantidade mínima deste tipo de tomadas, que devem ser instaladas de acordo com a área dos cômodos. Para alguns ambientes, como a cozinha e o banheiro, há regras mais específicas e as tomadas devem ser posicionadas em locais pré-determinados (veja a tabela completa a seguir).

Recomenda-se, porém, que a quantidade de tomadas seja maior do que o mínimo calculado. Dessa maneira é possível evitar o uso de extensões e benjamins, que consomem mais energia e podem comprometer a segurança da instalação elétrica.

#### Residências: Casas e Apartamentos

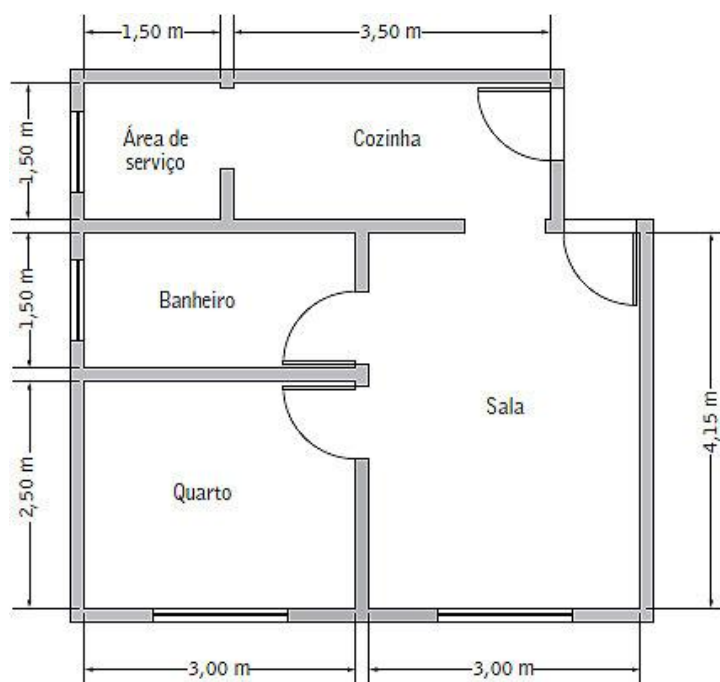
Cômodos ou dependências com área $\leq 6 \text{ m}^2$	Pelo menos uma tomada.
Cômodos ou dependências com área $> 6 \text{ m}^2$	Pelo menos uma tomada a cada 5 m ou fração de perímetro, instaladas em local adequado e espaçadas tão uniformemente quanto possível.
Cozinha, copas, copas-cozinhas e áreas de serviço	Pelo menos uma tomada a cada 3,5 m ou fração de perímetro, sendo que acima de cada pia deve ser prevista pelo menos uma tomada.
Subsolos, varandas, garagens ou sótãos	Pelo menos uma tomada.
Banheiros	Pelo menos uma tomada, junto ao lavatório, com uma distância de 60 cm do limite do boxe.
Varandas	Quando não for possível a instalação no próprio local, esta deve ser instalada próxima a seu acesso.

**Figura 4:** Tabela com referenciais de norma para pontos de tomada de uso geral - Instalações elétricas de baixa tensão. (Adaptado de NBR 5410).

Para calcular a quantidade mínima de tomadas de uso geral em um ambiente, é necessário considerar os referenciais indicados pela norma.

### Cálculo prático para TUG's

Saiba como calcular a quantidade mínima de tomadas de uso geral (TUGs) para um apartamento com as características descritas a seguir:



**Figura 5:** Esboço de uma planta baixa de um apartamento.

### 1º PASSO:

Considere, quando necessário, a área e o perímetro (soma dos lados das paredes) de cada ambiente para identificar quantidade mínima de tomadas de uso geral. Depois, divida o perímetro pelo valor correspondente indicado na tabela da NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão.

#### a) Área de serviço

$$\text{Perímetro} = 1,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Quantidade mínima de tomadas} = 6 / 3,5 = 1,71$$

(o valor é sempre arredondado para o inteiro imediatamente acima)

**Quantidade mínima de tomadas = 2**

#### b) Cozinha

$$\text{Perímetro} = 3,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m} + 3,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Quantidade mínima de tomadas} = 10 / 3,5 = 2,85$$

(o valor é sempre arredondado para o inteiro imediatamente acima)

**Quantidade mínima de tomadas = 3**

(uma delas obrigatoriamente sobre a pia)

c) Banheiro

**Quantidade mínima de tomadas = 1**

(pelo menos uma tomada, junto ao lavatório)

d) Quarto

Área = 2,5 m x 3 m = 7,5 m<sup>2</sup>

(portanto, maior que 6 m<sup>2</sup>)

Perímetro = 2,5 m + 3 m + 2,5 m + 3 m = 11 m

Quantidade mínima de tomadas = 11 / 5 = 2,2

(o valor é sempre arredondado para o inteiro imediatamente acima)

**Quantidade mínima de tomadas = 3**

e) Sala

Área = 4,15 m x 3 m = 12,45 m<sup>2</sup>

(portanto, maior que 6 m<sup>2</sup>)

Perímetro = 4,15 m + 3 m + 4,15 m + 3 m = 14,30 m

Quantidade mínima de tomadas = 14,30 / 5 = 2,86

(o valor é sempre arredondado para o inteiro imediatamente acima)

**Quantidade mínima de tomadas = 3**

2º PASSO:

Agora, some a quantidade mínima de tomadas em cada cômodo e descubra quantas tomadas, pelo menos, o apartamento deverá ter:

Quantidade de tomadas no apartamento = tomadas na área de serviço + tomadas na cozinha + tomadas no banheiro + tomadas no quarto + tomadas na sala

Quantidade de tomadas no apartamento = 2 + 3 + 1 + 3 + 3

**Quantidade de tomadas no apartamento = 12**

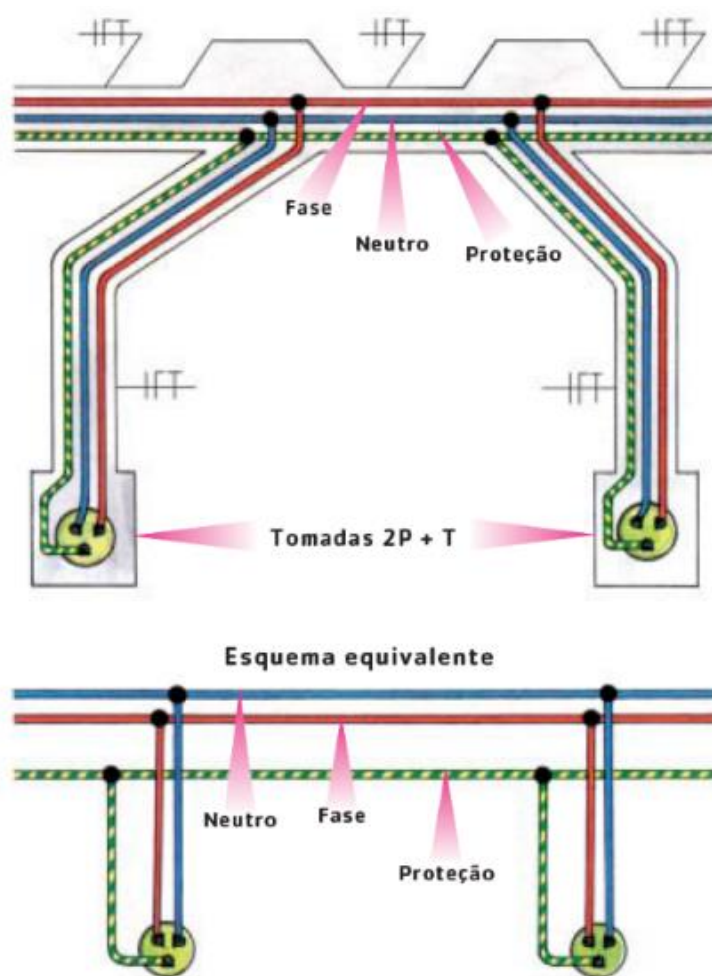
Portanto, o apartamento descrito no exemplo deverá ter, pelo menos, 12 tomadas de uso geral distribuídos por seus cômodos.

**Referenciais para dimensionamento de TUG's e TUE's**



A NBR 5410 estabelece os seguintes critérios para a previsão do número mínimo de tomadas de Uso Geral (TUG's):

- ✓ Cômodos ou dependências com área igual ou inferior  $6 \text{ m}^2$  prever no mínimo um ponto de tomada.
- ✓ Nas salas e dormitórios independe da área e cômodos ou dependências com mais de  $6 \text{ m}^2$  prever no mínimo um ponto de tomada para cada 5 metros ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível.
- ✓ Nas cozinhas, copas, copas-cozinhas, área de serviço, lavanderias e locais semelhantes: prever uma tomada para cada 3,5 metros ou fração do perímetro, independente da área, e sobre o balcão da pia prever no mínimo duas tomadas.
- ✓ Halls, corredores, subsolos, garagens, sótãos e varandas, ao menos 1 tomada.
- ✓ Nos banheiros deve prever no mínimo um ponto de tomada junto ao lavatório com uma distância mínima de 60 cm do boxe.

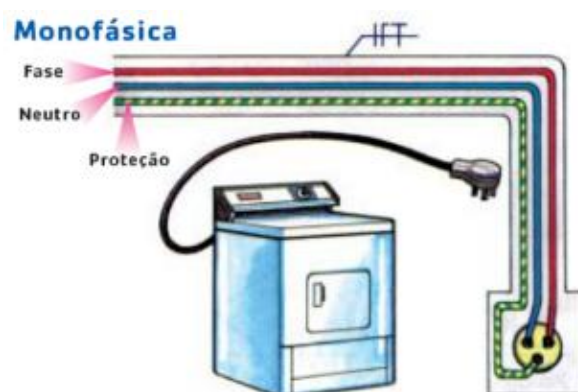


**Figura 6:** Esquema de ligação de tomadas de uso geral (TUG's).

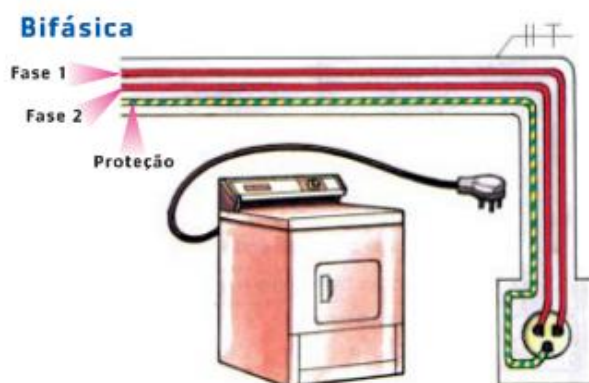
Condições para se estabelecer a potência mínima de pontos de tomadas de uso geral:

- Nos banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, área de serviço, lavandeira e locais semelhantes: Deve se prever o mínimo de 600 Volt-Ampere por ponto de tomada, até 3 tomadas. Atribuir 100 Volt-Ampere para os pontos excedentes.
- Nos demais cômodos pode ser prevista a potência de no mínimo 100 Volt-Ampere por ponto de tomada.
- Condições para se estabelecer a quantidade de pontos de tomadas de uso específico (TUE's):
- De acordo com a NBR 5410, devem obrigatoriamente possuir circuitos exclusivos todos os equipamentos que solicitam corrente igual ou superior a 10 amperes, e os circuitos terminais que alimentam equipamentos de força motriz, como por exemplo, aparelhos de ar condicionado.

Para estabelecer a potência de pontos de tomadas de uso específico devemos atribuir a potência nominal do equipamento a ser alimentado.



**Figura 7:** Esquema de ligação de tomadas de uso específico (TUE's - monofásica).



**Figura 8:** Esquema de ligação de tomadas de uso específico (TUE's - bifásica).

## Pontos de tomada - Quantidade

A norma define o número mínimo de pontos de tomadas que devem ser previstos num local de habitação.

Vejam os critérios que devem ser seguidos:

- **Banheiros:** permanece a previsão de, pelo menos, um ponto de tomada próximo ao lavatório.
- **Cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos:** continua previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro.

A novidade é que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos (na edição de 1997, exigia-se apenas uma tomada).

- **Varandas:** a novidade é que deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, admitindo-se que este ponto de tomada não seja instalado na própria varanda, mas próximo ao seu acesso, quando a varanda, por razões construtivas, não comportar o ponto de tomada, quando sua área for inferior a 2 m<sup>2</sup> ou, ainda, quando sua profundidade for inferior a 80 cm.
- **Salas e dormitórios:** na edição de 1997, dizia-se que para áreas inferiores a 6 m<sup>2</sup> era preciso prever pelo menos uma tomada e, acima desta área, uma tomada a cada 5 m ou fração de perímetro. Na edição de 2004 fica estabelecido que devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m ou fração de perímetro, sem especificar a área mínima de 6 m<sup>2</sup>.
- **Sala de estar:** novas recomendações específicas para este local, que geralmente abriga diversos eletroeletrônicos. Além da quantidade mínima de pontos de tomada conforme parágrafo anterior, a norma alerta que existe a “possibilidade de que um ponto de tomada venha a ser usado para alimentação de mais de um equipamento, sendo recomendável equipá-lo, portanto, com a quantidade de tomadas julgada adequada”. Mais uma vez o texto deixa a cargo do profissional o julgamento sobre a quantidade adequada de tomadas. Como sempre, o bom senso deve prevalecer.
- **Demais cômodos:** a edição de 2004 requer que sejam previstos, pelo menos, um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m<sup>2</sup>, admitindo-se que, em função da reduzida dimensão do local, esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 80 cm de sua porta de

acesso. Quando a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m², exige-se, no mínimo, um ponto de tomada. E nos casos de cômodos com área superior a 6 m², vale a regra de um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro.

### Potências atribuíveis aos pontos de tomada

Uma vez determinada a quantidade de pontos de tomada, é preciso atribuir as potências em VA para estes pontos. A norma diz que a potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é em função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentar e não deve ser inferior a determinados valores mínimos indicados no texto. Tratam-se dos valores mínimos atribuídos na edição de 1997 às “tomadas de uso geral”, porém com algumas pequenas mudanças:

- **Banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos:** deve-se atribuir no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até 3 pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Aparece a seguinte novidade: “quando o total de tomadas, no conjunto desses ambientes, for superior a 6 pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de, no mínimo, 600 VA por ponto de tomada, até 2 pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente”
- **Demais cômodos ou dependências:** no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

#### EXEMPLOS:

- 1) Seja uma cozinha onde há a previsão de 5 pontos de tomadas. Pela regra indicada, a NBR 5410 de 2004 consideraria para esta cozinha uma potência mínima de:

$$600 + 600 + 600 + 100 + 100 = 2000 \text{ VA}$$

(600 VA em 3 pontos e 100 VA para os demais pontos)

- 2) Seja outra cozinha onde há a previsão de 7 pontos de tomadas. Pela regra indicada, a NBR 5410 de 2004 consideraria para esta cozinha uma potência mínima de:

$$600 + 600 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 = 1700 \text{ VA}$$

(mais de 6 pontos, podemos atribuir 600 VA apenas em 2 deles deixar os demais de 100 VA)

No primeiro caso, temos uma potência média por ponto de tomada de  $2000/5 = 400$  VA, enquanto que, no segundo caso, a potência média é de  $1700/7 = 243$  VA. O raciocínio aqui é que, utilizando-se um número maior de pontos de tomadas, haveria naturalmente uma menor simultaneidade de uso dos equipamentos, diminuindo assim a demanda necessária para aquele cômodo da casa.

Vamos lembrar que aqueles valores de 600 VA e 100 VA determinados pela norma nada mais são do que demandas previstas para pontos de tomadas e não potências instaladas naqueles pontos, até porque quase nunca se conhece exata e previamente a potência dos aparelhos a serem ligados nas tomadas.

Continua a prescrição de que todo ponto de utilização previsto para equipamento com corrente nominal superior a 10 A deve constituir um circuito independente, mas surge uma exigência explícita de que “os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais.”

Note que a norma não determina que cada área destas tenha que ter um circuito só para si, ficando a critério do profissional definir a quantidade de circuitos que atendem estas áreas. A regra tem por objetivo não misturar circuitos de pontos de tomadas daquelas áreas com os de outros cômodos, tais como salas, dormitórios, banheiros.

Com esta prescrição, fica evidenciado que uma instalação qualquer em local de habitação tem que ter, no mínimo, dois circuitos de tomadas. A norma estabelece ainda que devem ser previstos circuitos terminais separados para iluminação e tomadas.



### VOCÊ SABIA?

#### *Divisão da instalação e número de pontos*

Sempre há muita polêmica quando se fala sobre a divisão de circuitos em residências e é consenso que a maioria das residências hoje não possui uma distribuição adequada dos circuitos elétricos. O maior motivo do tema ser polêmico são as pessoas que não tem sua casa uma correta divisão de circuitos de menosprezarem sua importância com frases do tipo: “Aqui sempre funcionou assim, não precisa ser mudado”.

Possuir uma correta divisão de circuito garante que sua instalação seja segura e não haja desperdício de energia elétrica, além de facilitar futuras manutenção e diminuir as ocorrências das mesmas.

A norma NBR-5410 (Instalações elétricas de baixa tensão), é clara com relação as regras que devem ser seguidas para uma correta distribuição de circuitos, vejamos o que diz a norma:

#### 9.5.3 Divisão da instalação

9.5.3.1 Todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, equipamento com corrente nominal superior a 10 A deve constituir um circuito independente.

Podemos ainda concluir considerando este item que os circuitos mistos ou não dedicados não devem ultrapassar potências de 1200W em tensão de 127V (1200W de forma a arredondar o circuito) e 2200W em tensão de 220V.

Desta forma também fica claro que em uma instalação residencial o chuveiro deve possuir um circuito exclusivo por ser um equipamento que trabalha com uma corrente elétrica muito superior a 10A.

9.5.3.2 Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais.

Normalmente é nestes tipos de cômodos citados acima que se encontram os equipamentos de uma residência que demanda maior corrente elétrica na residência, como máquinas de lavar,

### Quadro de distribuição

O objetivo do quadro de distribuição é distribuir a energia proveniente do ramal de distribuição em circuitos parciais. A divisão em circuitos parciais permite um equilíbrio entre o custo da instalação e a confiabilidade do sistema de distribuição.

Caso todas as cargas fossem alimentadas por um único circuito de distribuição, o custo da instalação poderia ser reduzido, porém isso traria impactos negativos na confiabilidade do sistema. Caso cada carga fosse alimentada por um circuito, a confiabilidade do sistema certamente seria elevada, no entanto, isso traria impactos negativos no custo da instalação.

### Tomadas de corrente

Eliminação das classificações das tomadas em “tomadas de uso geral” e “tomadas de uso específico”. O conceito agora é o de “pontos de tomada”: ponto de utilização em que a conexão do equipamento ou equipamentos a serem alimentados é feita através de tomada de corrente.

A norma esclarece ainda que um ponto de tomada pode conter uma ou mais tomadas de corrente. A ideia neste caso é estimular a presença de um número adequado de tomadas



de corrente nos diversos cômodos de forma a reduzir ao máximo a utilização de benjamins ou tês.

### **Ponto de tomada com 4 tomadas 2P+T (modelo conforme NBR 14136)**

Um ponto de tomada pode servir tanto às “antigas” tomadas de uso geral quanto às tomadas de uso específico. Na realidade, a norma de 1997 não obrigava o profissional a prever uma quantidade mínima de tomadas de uso específico, mas apenas o lembrava de que as eventuais tomadas de uso específico deveriam ter potência e localização bem definidas em função do aparelho a ser ligado.

Ou seja, ficava a critério do profissional incluir as tomadas de uso específico no total de tomadas de uso geral estipulados pela norma ou considerar as tomadas de uso geral em separado. Na edição 2004, continua valendo o mesmo raciocínio, porém desaparecem os termos tomada de uso geral e específico.

### **Tipos de condutores**

O termo condutor significa aquilo ou qualquer corpo que é suscetível na transmissão de calor, principalmente a eletricidade, um bom exemplo de condutividade são os metais, fios ou substâncias com capacidade de conduzir energia. Os materiais condutores são classificados em três grupos distintos, os condutores metálicos, condutores eletrolíticos e condutores gasosos. Veja abaixo cada um deles:

#### **Condutores metálicos**

Os metais possuem características onde os elétrons em sua estrutura são livres, e são ligados ao núcleo do átomo de forma muito fraca, dessa maneira os metais têm tendência a doar elétrons, assim permitindo o espalhamento muito rápido de energia. Os tipos mais utilizados são os materiais compostos de cobre e alumínio, devido a sua grande capacidade de condução de energia. Os fios condutores de eletricidade são os principais componentes das linhas de distribuição de energia elétrica.

#### **Condutores eletrolíticos**

Os condutores eletrolíticos são encontrados nas soluções de ácidos, bases ou sais contidos na água. Os íons positivos (cátions) e negativos (ânions) é que são os portadores de carga, e percorrem sentidos opostos. Essa dissolução iônica dos compostos cria a corrente elétrica, que é formada e constituída por esse movimento em sentidos contrários.



## Condutores gasosos

Chamados de condutores de terceira categoria ou terceira classe, os condutores gasosos possibilitam a condutividade pelo movimento de cátions e ânions em um sentido oposto, ao contrário dos condutores eletrolíticos essas moléculas não são energizadas sozinhas. Ao se chocarem, elétrons e moléculas de gás retiram elétrons e, portanto, se tornam energizadas. Um exemplo disso são os raios e relâmpagos.

A escolha por fios, cabos ou cabos flexíveis depende do projetista ou instalador. Numa residência, por exemplo, um fio, um cabo ou um cabo flexível de seção nominal  $2,5 \text{ mm}^2$  terão exatamente a mesma transmissão de corrente elétrica - a única diferença entre eles é a flexibilidade. É mais fácil, por exemplo, instalar um cabo flexível do que um fio, já que o cabo é mais maleável e reduz o risco de danificar a isolamento na hora de passar pelos conduítes.

Os fios têm seções nominais menores e, portanto, são usados em circuitos com correntes elétricas limitadas, como tomadas e sistemas de iluminação. Na indústria, por exemplo, usam-se normalmente cabos e cabos flexíveis, que têm seções nominais maiores e mais adequadas ao consumo de máquinas do setor de produção.

## Fios

Fio ou fio sólido é um material maciço, formado de um único condutor, o cobre, o que faz dele um produto bem menos flexível. O fio sólido não deve ser dobrado e muito manuseado, porque o condutor de cobre pode se partir e perder a funcionalidade. Seu uso restringe-se às instalações mais simples, como sistemas de iluminação, tomadas simples e chuveiros elétricos, limitado por sua seção nominal máxima de  $10 \text{ mm}^2$ .

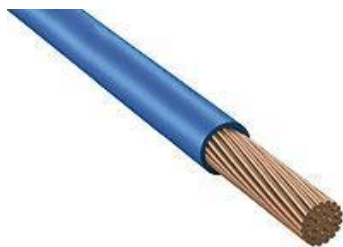


**Figura 9:** Exemplo de fio.

## Cabos

Cabo é um condutor de energia elétrica formado por vários fios de cobre encordoados (torcidos). O objetivo do encordoamento é facilitar o manuseio do produto, possibilitando dobras sem danificar sua estrutura. Por conter diversos fios, possui mais flexibilidade que o

fio sólido. Normalmente, o cabo é formado por sete fios (seção nominal de até 35 mm<sup>2</sup>), 19 fios (50 mm<sup>2</sup> até 95 mm<sup>2</sup>) e 37 fios (120 mm<sup>2</sup> em diante).



**Figura 10:** Exemplo de cabo.

### Cabos flexíveis

Cabo flexível é um condutor elétrico de fios de cobre bem finos, também encordoados. É mais maleável, por isso faz curvas com mais facilidade, agilizando o processo de instalação.



**Figura 11:** Exemplo de cabo flexível.

### Carga instalada e cálculo de demanda

Seria fácil determinar a potência máxima nas instalações se assumíssemos que todos os equipamentos podem ser ligados simultaneamente. Porém o que ocorre na realidade é que apenas uma fração desses equipamentos é ligado ao mesmo tempo, e assim podemos evitar uma instalação elétrica (geradores, transformadores, etc.) superdimensionada.

Para contornar esse problema existem dois fatores de projeto importantes na determinação desse dimensionamento: Fator de Demanda e Fator de Simultaneidade.

#### Fator de Demanda

Por definição, Fator de Demanda ( $F_d$ ) é a razão entre a Demanda Máxima ( $D_{máx}$ ) atingida na instalação e a Carga Instalada ( $P_{inst.}$ ):

$$F_d = \frac{D_{máx}}{P_{inst}}$$

(Fator de demanda é igual à Demanda máxima dividida pela Carga instalada)

Tomamos por Demanda Máxima ( $D_{\text{máx}}$ ) o máximo valor (em kW) de potência atingido pelos equipamentos de uma instalação em condições normais de uso. Veremos adiante que existem tabelas para estimar este valor de acordo com o tipo e quantidade de equipamento, porém o correto é sempre conhecer a instalação e o regime real de uso para se obter um valor mais preciso.

Carga Instalada, ou Potência Instalada ( $P_{\text{inst.}}$ ) é a soma das potências nominais de todos os equipamentos (em kW), ou seja, o valor de potência que seria consumida se todos os equipamentos estivessem operando ao mesmo tempo.

Podemos observar que o Fator de Demanda ( $F_d$ ) é sempre um valor entre 0 e 1. E é justamente este valor que é usado para o dimensionamento dos equipamentos elétricos que alimentam a instalação.

### Fator de Simultaneidade

Como vimos anteriormente, em uma instalação industrial, comercial ou residencial os equipamentos raramente operarão todos ao mesmo tempo. Por isso existem valores tabelados para ajudar no dimensionamento de instalações elétricas chamados Fatores de Simultaneidade. São estes fatores que devemos multiplicar pela Carga Instalada na hora de considerar o dimensionamento de fios, disjuntores, geradores, transformadores, etc. Estes valores são um guia inicial, pois cada caso deve ser analisado individualmente e sempre deve ser tomado o cuidado para não subdimensionar o sistema.



#### PAUSA PARA REFLETIR...

Não se ensina filosofia; ensina-se a filosofar.

*Immanuel Kant.*

## QUADROS E PAINÉIS ELÉTRICOS

### Montagem de quadro de comando elétrico

Os quadros de comando, são utilizados para a alocação de dispositivos que fazem parte da instalação elétrica de diversos tipos de estabelecimentos. A montagem de quadro de comando é realizada por profissionais especializados e tem como principal objetivo garantir que o equipamento cumpra sua função de forma eficaz e duradoura.



**Figura 12:** Imagem ilustrativa sobre montagem de quadro de comando.

A busca pelo serviço de montagem de quadro de comando tem sido cada vez mais frequente entre as indústrias. Muitas empresas estão à procura de profissionais especializados nesse tipo de trabalho.

### **OBSERVAÇÕES:**

#### Quadro de comando elétrico

- ✓ O quadro de comando elétrico é um equipamento elétrico que busca unir todos os dispositivos em um mesmo lugar.
- ✓ A estrutura de um quadro de comando elétrico, normalmente é de metal e costuma contar com apenas uma fonte de alimentação.
- ✓ O quadro de comando elétrico é um equipamento muito versátil e pode exercer várias funções para as indústrias, como por exemplo: ser responsável pela iluminação de um ambiente, comandar todos os motores de determinada indústria.
- ✓ Fusíveis, contadores, disjuntor, chave geral, canaletas, placas de conexão, relés, trilho, aterramento terminal, transformador, fonte de alimentação e controlador lógico programável (CLP) são considerados elementos que fazem parte da montagem de um quadro de comandos elétricos.
- ✓ A placa de identificação contém símbolos e valores que determinam as características nominais da rede de alimentação e desenvolvimento do motor.

## Quadro de comando elétrico

Simplificadamente, o quadro de comando é um equipamento elétrico que busca unir todos os dispositivos em um mesmo lugar. Sua estrutura, normalmente de metal, costuma contar com apenas uma fonte de alimentação.

Esse equipamento é muito versátil e pode exercer várias funções para as indústrias. Esse tipo de painel pode, por exemplo, ser responsável pela iluminação de um ambiente, além de também poder comandar todos os motores de determinada indústria. A finalidade da montagem de quadro de comando depende muito do desejo e necessidade de cada empresa.

Esses quadros podem conter em seu interior uma série de dispositivos, como os disjuntores, por exemplo, itens bem comuns dentro das indústrias ou até em residências. Basicamente, o disjuntor é usado para trazer segurança à corrente elétrica de um local. É de sua responsabilidade impedir que ocorra qualquer erro, paralisação ou falha na instalação do ambiente onde está sendo usado.

## Elementos que compõem a montagem de quadro de comandos elétricos

O profissional responsável pela montagem de quadro de comandos elétricos deve ser bastante atento, já que nenhuma peça deve ficar de fora. Os comandos elétricos são circuitos completos dos quais um elemento depende do outro e todos, juntos, funcionam para fazer o conjunto inteiro funcionar.

Os elementos que podem fazer parte da montagem de quadro de comandos elétricos são:

- Transformador;
- Fonte de alimentação;
- Controlador lógico programável (CLP);
- Disjuntor;
- Chave geral;
- Canaletas;
- Placas de conexão;
- Fusíveis;
- Relés;
- Trilho;
- Contatores;

- Aterramento terminal.

Cada uma dessas peças tem seu papel específico na montagem de quadro de comandos elétricos e nenhuma delas deve ser deixada de fora ou esquecida, já que a função de cada uma é fundamental para o funcionamento do comando elétrico.

### **OBSERVAÇÕES:**

#### Dispositivos de comando

- ✓ Os dispositivos que atuam em um circuito na interrupção da passagem da corrente por seccionamento, são chamados de dispositivos de comando.
- ✓ Os dispositivos que monitoram a ocorrência de sobrecarga e de correntes de fuga em um circuito, são chamados de dispositivos de proteção.
- ✓ O eletroímã, a mola de rearme e o conjunto de contatos são partes dos dispositivos de comando do relé.
- ✓ Os contatores e os relés são dispositivos de comando.

### **Montagem de painéis elétricos de baixa tensão**

O serviço de montagem de painéis elétricos de baixa tensão vem sendo cada vez mais procurado. Essa grande demanda se deve, principalmente, às vantagens apresentadas por esse tipo de dispositivo. Assim como o próprio nome deixa explicado, a maior especificidade desse painel é a sua baixa tensão. Normalmente, esse dispositivo chega a aguentar correntes elétricas de até 5000A, valor bem inferior a outras opções do mercado.

O processo de montagem de painéis elétricos de baixa tensão deve ser realizado somente por profissionais da área, já que esse serviço exige conhecimentos técnicos e específicos. Um fator importante é que a montagem de painéis elétricos de baixa tensão pode ser realizada para ambientes fechados ou para locais abertos. O material usado nesse equipamento é bem resistente e, por isso, não sofre danos caso seja exposto a variações climáticas.



**Figura 13:** Imagens ilustrativas de Montagem de painéis elétricos de baixa tensão.



A montagem de painéis elétricos de baixa tensão é um procedimento que conta com uma série de normas vigentes. E uma das principais determinações é a NBR 60439-1, publicada em maio de 2003. É importante que o especialista ou eletricitista responsável pela montagem desses painéis elétricos de baixa tensão siga essa legislação, pois as Normas quando aplicadas, garantem um serviço de qualidade e seguro.

### Montagem de painel comando elétrico

A montagem de painel comando elétrico vai depender da organização correta de vários elementos, sendo que alguns painéis podem ter peças específicas para cada aplicação industrial e comercial. De maneira geral, todo painel deve ter condutores, relés, alarmes, sinaleiros, bornes, chave comutadora e soft starter. É importante verificar se a montagem do painel comando elétrico será para alta potência, para controle eletrônico, para acionamento de motores, entre outras especificações.



*Figura 14: Imagens ilustrativas de Montagem de painel comando elétrico.*

A maioria dos trabalhos de montagem de painel comando elétrico para motores elétricos é feita com chave soft starter. A vantagem de utilizar este sistema é a proteção para o motor, por causa da elevação gradativa da velocidade, evitando sobrecargas inesperadas. A montagem de painel comando elétrico para automação também pode contar com fixação de platina para formação de base, instalação de canaletas para os condutores, mantendo os componentes bem organizados e identificados. Para isso, os terminais são essenciais para deixar os painéis protegidos contra mau contato gerado pelo aquecimento.

Os painéis para distribuição de energia elétrica controlam a carga de eletricidade que deve ser direcionada para cada ponto de consumo, máquina, tomada, sistema de iluminação,



ar condicionado, entre outros. Os painéis para controle de motor podem contar com controladores programáveis, com softwares que organizam as funções da máquina.

Os painéis de comando são ideais para aplicações de automação industrial. Já os modelos para acionamento de motores (drivers) possuem conversores e servem para ativar e controlar motores elétricos.



**Figura 15:** Imagens ilustrativas de Montagem de painel comando elétrico.

### Montagem de quadro de distribuição

O quadro de distribuição é utilizado para organizar e garantir o sistema de encaminhamento da energia elétrica para cada ponto de consumo. Assim, de forma segura, todos os pontos de consumo em uma loja, empresa, indústria, entre outros locais são identificados, assim como suas necessidades de energia elétrica. A montagem de quadro de distribuição é feita levando em consideração a quantidade de eletricidade solicitada por ponto de consumo. O quadro leva uma série de itens, tais como fusíveis, relés, transformador, switch industrial Ethernet, disjuntor, chave seccionadora geral, entre outros.



**Figura 16:** Imagem ilustrativa de Montagem de quadro de distribuição.

No trabalho, dependendo da montagem de quadro de distribuição e das aplicações do quadro, também pode ser necessário utilizar componente de alimentação CC e CLP –

Controlador Lógico Programável. O CLP é um componente chamado de cérebro do painel, executando comandos e lógicas a partir da leitura de entradas no quadro de energia elétrica.

A montagem de quadro de distribuição de energia elétrica é executada conforme as demandas operacionais. Se o caso necessitar apenas de distribuição de energia elétrica para todos os pontos de consumo, os painéis de distribuição e subdistribuição podem ser os mais indicados para o serviço, deixando todos os disjuntores isolados e classificados.

No caso da montagem de quadro de distribuição de energia elétrica para motores, os mais indicados podem ser os seguintes:

- Painel Elétrico de Comando e Controle;
- Drives ou Painéis Elétricos para Acionamento;
- CCM – Centro de Comando de Motores.

O uso do CLP – Controlador Lógico Programável pode ser muito importante para obtenção de segurança e qualidade no painel. No caso do CCM, eles são muito comuns para acionamento de corrente alternada trifásica em baixa tensão, operando ainda com dispositivos de medição.

O modelo de painel está diretamente ligado à aplicação, partindo dos princípios de segurança, desempenho, organização e controle do fornecimento de energia.

### Montagem de quadro elétrico trifásico

A montagem de quadro elétrico trifásico é feita com um disjuntor geral, responsável por receber os cabos de alimentação que chegam da rede de energia. A montagem de quadro elétrico trifásico também precisa de um barramento, com todo isolamento adequado para que os cabos sejam direcionados ao IDR.

O IDR é o Interruptor Diferencial Residual e o Disjuntor Diferencial Residual, que atuam em caso de fuga de corrente elétrica no painel, desligando o circuito de forma automática em caso de correntes elétricas iguais ou superiores a 30 mA. Em alguns casos, a montagem de quadro elétrico trifásico pode ser feita com IDR/DDR com amperagem diferenciada, principalmente se os circuitos estiverem conectados com máquinas.

O barramento é utilizado na montagem de quadro elétrico trifásico para fazer a organização dos circuitos no painel, deixando a distribuição direcionada de forma correta.

Na montagem de quadro elétrico trifásico, os profissionais responsáveis vão fazer a separação para cada circuito e a carga de energia que eles devem conter para iluminação, tomada geral, tomadas específicas e circuitos com equipamentos, como bombas, motores, equipamentos de refrigeração de ar, entre outros.



**Figura 17:** Imagem ilustrativa de Montagem de quadro elétrico trifásico.

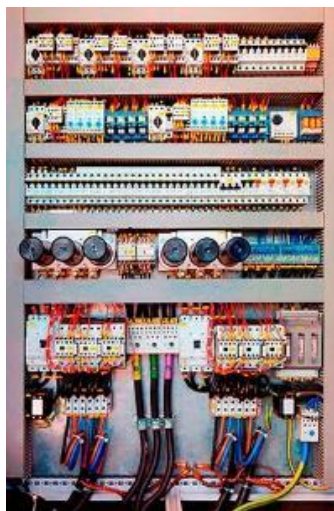
### Montagem de painel industrial

Existem vários tipos de montagem de painel industrial profissional. Entre eles estão os seguintes:

- Painéis elétricos de distribuição;
- Painéis elétricos de subdistribuição;
- Centro de controle de motores;
- Painel elétrico de comando e controle;
- Painel elétrico para acionamentos e drivers;
- Entre outros.

Para cada projeto, existem opções de escolha sobre um modelo adequado de estrutura para montagem de painel, que pode variar entre os seguintes tipos:

- Painel elétrico do tipo armário, que pode ser montado em apenas uma unidade ou, dependendo do tamanho do projeto, contar com vários armários dispostos lado a lado;
- Painel elétrico de multicolumnas, que é formado por alguns painéis do tipo armário que são unidos, formando uma estrutura única e interligada, ideal para acionar máquinas e distribuir energia elétrica;
- Painel elétrico em mesa de comando, em estrutura de monobloco e console, com módulo superior e inferior e cabos que podem transitar de forma mais livre na estrutura;
- Estrutura de montagem de painel industrial totalmente fixa, na parede de uma área reservada para esta finalidade ou até mesmo no equipamento que deve ser acionado.



**Figura 18:** Imagem ilustrativa de Montagem de painel industrial.

A montagem de painel industrial passa por realização de um estudo de viabilidade, elaboração de um diagrama, projeto de trabalho, orçamento detalhado, construção do painel e a montagem de painel industrial. Devendo sempre levar em consideração as Normas de instalações elétricas como a NBR 5410 e a NBR 5459.

### **OBSERVAÇÕES:**

#### **Dicas Para Montar um Quadro de Comando Elétrico**

Montar um painel elétrico não é uma tarefa difícil, nem de longe seria impossível, mas é uma tarefa que exige atenção do eletricitista nos mínimos detalhes. Isso ocorre, pois um painel de comando elétrico realizará operações automáticas ou manuais de forma contínua e por isso se deve prestar atenção não somente na funcionalidade do que foi programado, mas também no design e segurança.

#### **Composição dos painéis de comando**

De um modo geral, painéis de comando elétrico possuem alguns componentes que estarão presentes em todos painéis e alguns componentes mais específicos.

De um modo geral um painel elétrico de comando vai conter:

- Contatores.
- Relés.
- Bornes.
- Sinaleiros.
- Chave comutadora.

- Alarme.
- Soft Starter.
- Etc.



### SE LIGA NA CHARADA!

#### PERGUNTA:

Um gato caiu na piscina. Como foi que ele saiu?

#### RESPOSTA:

Molhado.

## CURTO-CIRCUITO

Como saber se um disjuntor funcionará quando solicitado a interromper uma falha elétrica ou um curto-circuito?

A resposta é que você provavelmente não tem certeza. Se correntes excepcionalmente altas excederem a capacidade dos dispositivos de proteção no sistema elétrico, um curto-circuito pode fazer com que os dispositivos explodam como uma bomba. Por isso, é de extrema importância a realização de um estudo de Curto-Circuito e um estudo de Coordenação e Seletividade dos dispositivos de proteção (Disjuntor, Relés e Fusíveis).



### VOCÊ SABIA?

#### **Curto-circuito**

Etapas do estudo de um curto-circuito:

- Coleta de dados;
- Diagrama Unifilar;
- Análise computacional;
- Tabular resultados.

#### **Manutenção elétrica**

O Plano Mínimo de Manutenção define as atividades mínimas de manutenção preditiva e preventiva e suas periodicidades para os seguintes itens: transformadores de potência e autotransformadores, reatores, capacitores, disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores para instrumentos, para-raios e linhas de transmissão.

## Estudo de curto-circuito



Um estudo de curto-circuito é uma análise do sistema elétrico que determina a magnitude das correntes que fluem durante uma falha elétrica. A comparação desses valores calculados com as classificações dos equipamentos é o primeiro passo para garantir que o sistema de energia seja protegido com segurança.

Uma vez que as correntes esperadas de curto-circuito são conhecidas, um estudo de coordenação das proteções precisa ser realizado para determinar as características, classificações e ajustes ótimos dos dispositivos de proteção do sistema de potência.

O estudo de Curto-Circuito pode ser feito através das seguintes etapas:

- **Coleta de dados** – As informações sobre todos os componentes são obtidas durante uma visita de campo, solicitações de dados da concessionária de energia e análises dos datasheet dos equipamentos elétricos são coletados, e em seguida, tabulados;
- **Diagrama Unifilar** – Um diagrama do sistema elétrico que mostra como todos os componentes são conectados é criado ou, se já existir, atualizado;
- **Análise computacional** – Utilizando um software específico, os dados do sistema são inseridos e as correntes de curto-circuito em vários pontos do sistema são calculadas;
- **Tabular resultados** – Os resultados são colocados em uma tabela e comparados com as classificações dos equipamentos do sistema;
- **Relatório final** – Elaboração de um relatório detalhado incluindo as recomendações para ações corretivas.



**Figura 19:** Exemplos de quadros e disjuntores elétricos.

O estudo de coordenação das proteções pode ser feito através das seguintes etapas:

- **Estudo de curto-circuito** – É realizada uma análise das correntes de falta no sistema de potência;
- **Coleta de dados** – Além dos dados coletados para o estudo de curto-circuito, informações adicionais são coletadas nas configurações e classificações atuais de todos os dispositivos de proteção;
- **Dados do fabricante** – Cada dispositivo de proteção tem características de respostas exclusivas, documentadas nas “curvas tempo-corrente” do fabricante, necessárias para o estudo;
- **Análise computacional** – Permite ao engenheiro determinar as configurações ideais que fornecerão a melhor proteção para o sistema;
- **Tabular resultados** – As configurações e as classificações de cada dispositivo de proteção são colocadas em uma tabela para comparação com as configurações e classificações encontradas em campo.
- **Relatório final** – Elaborar um relatório detalhado com os ajustes das curvas de proteção.

### **OBSERVAÇÕES:**

#### **Benefícios do Estudo de Curto-Circuito**

- 1) Aumento da segurança das instalações e dos equipamentos;
- 2) Aumento da confiabilidade do sistema elétrico de potência;
- 3) Cálculos precisos de cada configuração do sistema elétrico, para projeções de expansões;
- 4) Verificação da capacidade dos disjuntores de suportarem os esforços dinâmicos produzidos pelas correntes de curto-circuito;

#### **Frequência com que o Estudo de Curto-Circuito deve ser feito**

O estudo inicial de curto-circuito deve ser feito na fase de elaboração do projeto elétrico industrial, quando o Sistema Elétrico de Potência for projetado, após isso, o estudo deve ser feito regularmente a cada cinco ou seis anos em situações mais estáticas.

Existem outras situações onde um estudo de curto-circuito se faz necessário, por exemplo:

- ✓ Caso a concessionária de energia altere os parâmetros de fornecimento;



- ✓ Quando ocorrer alguma ampliação no parque industrial com adição de novos equipamentos elétricos, como transformadores, disjuntores, CCMs, dentre outros.

## Reator limitador de corrente de curto-circuito

### Mais segurança com reator limitador de corrente de curto-circuito

Quando estamos fazendo manutenções em nossas instalações elétricas, precisamos ter cuidado com os equipamentos conectados, afinal, não queremos que os aparelhos que estão em perfeito estado sofram com alguma mudança ou queda repentina de energia e curto. Com isso, é sempre bom termos um equipamento que previna esses curtos e nos ajude a manter nossos equipamentos seguros enquanto focamos em outras tarefas.

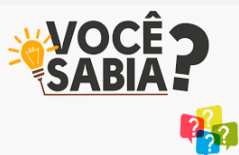
Assim, o reator limitador de corrente de curto-circuito é justamente o que você precisa. Essencial para qualquer instalação que utilize muitos equipamentos eletrônicos, o reator limitador de corrente de curto-circuito é o equipamento de segurança para sua instalação.

### Usabilidade do reator limitador de corrente de curto-circuito interfase

Usado para prevenir o curto-circuito dos aparelhos interligados ao equipamento, o reator limitador de corrente de curto-circuito é a escolha perfeita para proteger sua instalação elétrica. Ao aumentar a impedância a jusante de seu ponto de inserção, ele limita de forma efetiva a corrente de curto-circuito a números já estabelecidos e então melhora a resposta a fenômenos transitórios, de modo que o reator protegerá os aparelhos que estão conectados a si. Com o reator limitador de corrente de curto-circuito, ao se ampliar o sistema elétrico, ele permite que se limite a potência dos curtos-circuitos de certo modo que não seja mais necessário substituir os demais aparelhos de manobra conectados existentes na instalação.

### Em primeiro lugar a confiança

Quando falamos de segurança precisamos primeiro falar de confiança, pois, sem a confiança não podemos nos sentir seguros. Isso é a mesma coisa com equipamentos elétricos, já que todo cuidado é pouco quando se trata de eletricidade, principalmente de altas voltagens. Com o reator limitador de corrente de curto-circuito você pode se sentir seguro para proteger e fazer manutenções em suas instalações.



## VOCÊ SABIA?

### ***Dicas importantes antes de realizar uma instalação elétrica***

A instalação elétrica deve ser bem planejada para que tudo funcione a contento no futuro, e para que a conta de luz não seja muito elevada.

Pense em todo o tipo de aparelho que você pretende usar ou ter disponível em sua casa, para que durante o projeto tudo isto possa ser planejado e viabilizado da forma mais racional e prática possível. Planejando com antecedência, evita-se aborrecimentos futuros com sobrecargas, o acarretaria o desligamento dos disjuntores (corte de energia momentâneo).

Pense no número de tomadas necessárias, para que depois você não tenha que ficar puxando extensões para ligar aparelhos, ou não tenha que sobrecarregar as tomadas com benjamins para ligar vários aparelhos no mesmo ponto, o que pode comprometer a segurança.

Deve-se lembrar que a fiação é calculada para receber um determinado número de lâmpadas e tomadas, ou aparelhos ao mesmo tempo, e fazer acréscimos indiscriminados, ou sobrecarregar as tomadas não é aconselhável.

Os circuitos de cozinha e área de serviço devem ser planejados em função do número de aparelhos que virão a receber posteriormente. As normas de instalações elétricas já preveem uma potência mínima com tomadas para alguns aparelhos que se encontram presentes na maioria das residências modernas, como máquinas de lavar, uso de ferro elétrico e demais aparelhos. Entretanto, tudo deve ser revisado caso precise de mais tomadas.

Se não existir um planejamento adequado, quantidade e divisão adequada de circuitos, existe a chance de acontecer sobrecargas, desligamento automático de disjuntores por proteção, ou até superaquecimento de fiação, e estes problemas são sérios e desagradáveis.

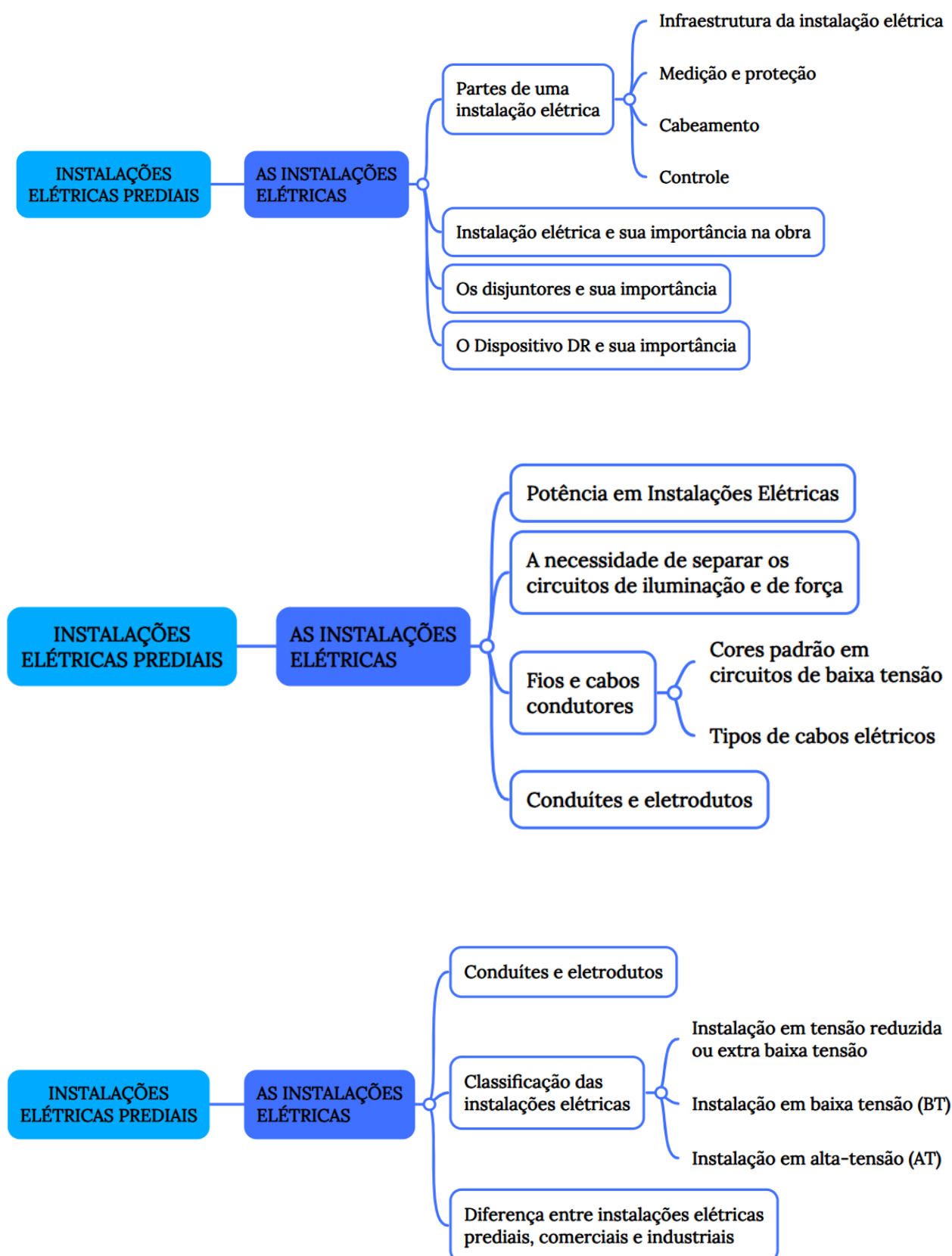
Alguns aparelhos de cozinha e área de serviço, consomem diferentes cargas de energia. A potência de um ferro de passar roupas é muito mais alta que a de uma geladeira ou liquidificador. Planeje onde deve ficar a tomada para cada equipamento.

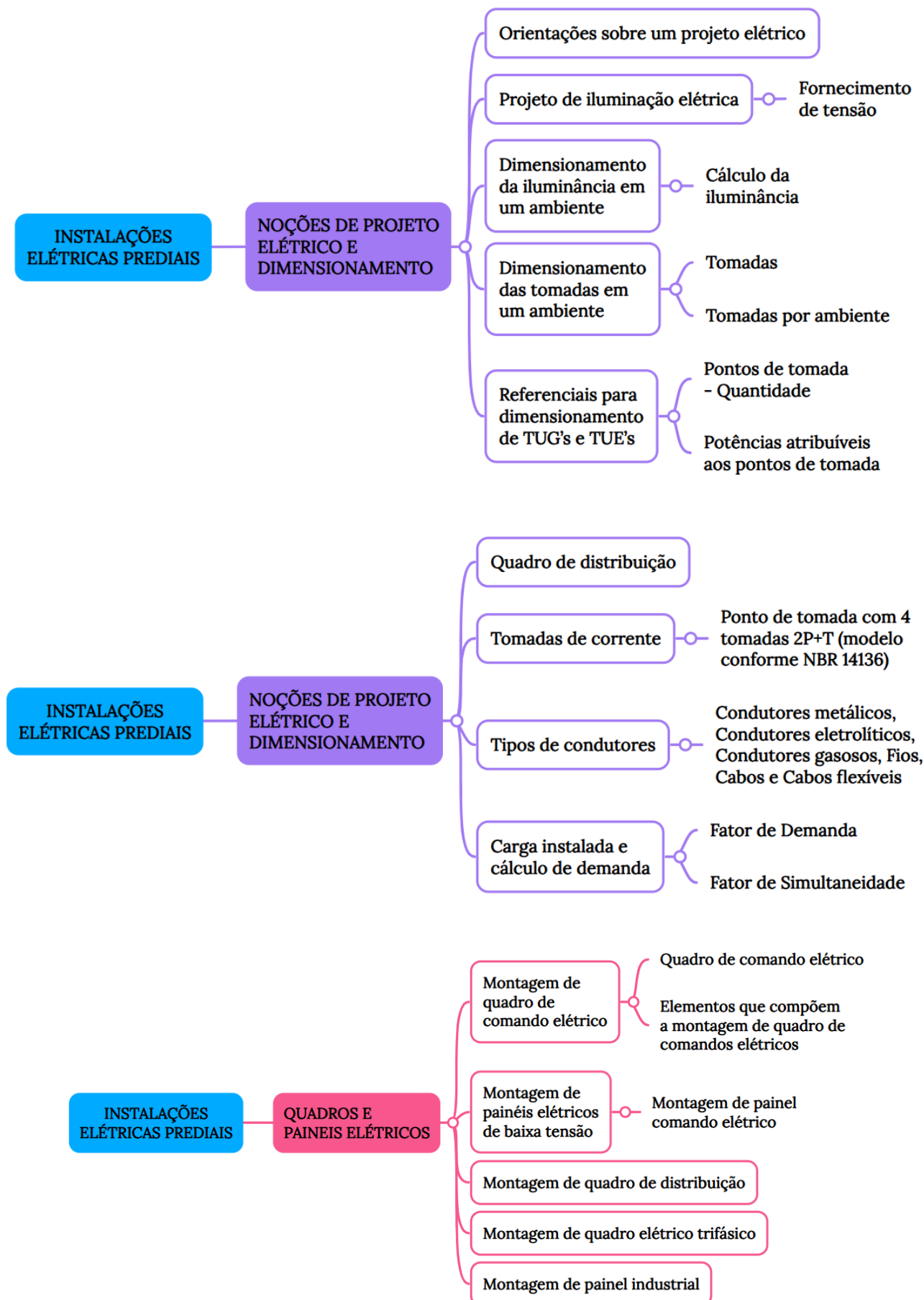
No quadro de disjuntores, deve-se marcar os nomes de cada circuito

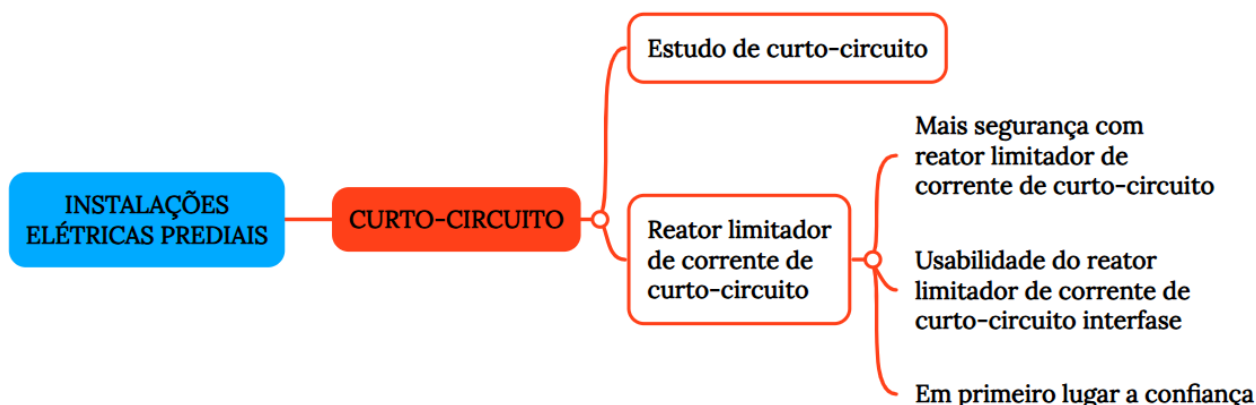
com os respectivos cômodos que eles abrangem. E geralmente existe também um disjuntor para cada chuveiro elétrico e ar-condicionado se houver. Estas indicações no quadro ou painel de distribuição facilita em muito a manutenção ou desligamento correto de um setor quando necessário. Portanto, verifique ao final da instalação elétrica se o painel contém estas informações.

## Sessões Especiais

### MAPA DE ESTUDO







## SÍNTESE DIRETA

### 1. INTRODUÇÃO

- **Fontes de Energia Elétrica:**

- ✓ Hidrelétrica.
- ✓ Eólica.
- ✓ Solar.
- ✓ Termelétrica e termonuclear.

- **Principais siglas do setor elétrico:**

- ✓ ACR (Ambiente de Contratação Regulada).
- ✓ ACL (Ambiente de Contratação Livre).
- ✓ MME (Ministério de Minas e Energia).
- ✓ CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica).
- ✓ ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

- **Normas Técnicas Aplicáveis:**

- ✓ **NBR 5410** – Instalações elétricas de baixa tensão.
- ✓ **NBR 5419** – Proteção contra descargas atmosféricas.
- ✓ **NBR 5444** – Símbolos gráficos para instalações elétricas.
- ✓ **NBR 10898** – Iluminação de emergência.

- **Normas Regulamentadoras (NRs):**

- ✓ **NR 06** – Equipamentos de Proteção Individual (EPI).
- ✓ **NR 10** – Segurança em instalações elétricas.
- ✓ **NR 17** – Ergonomia.

- ✓ **NR 23** – Proteção contra incêndios.

## 2. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- **Componentes de uma instalação elétrica:**

- ✓ **Infraestrutura:** eletrodutos, caixas de passagem, fixadores, bandejas elétricas.
- ✓ **Medição e proteção:** medidores, disjuntores, fusíveis, relés.
- ✓ **Cabeamento:** condutores que ligam a fonte de energia às cargas.
- ✓ **Controle:** interruptores, sensores e sistemas de automação.

- **Importância da instalação elétrica na obra:**

- ✓ Evitar acidentes e garantir eficiência no consumo de energia.
- ✓ Seguir normas para evitar curto-circuitos e sobrecargas.

- **Dispositivos de Proteção:**

- ✓ **Disjuntores:** atuam na proteção contra sobrecargas.
- ✓ **Dispositivo DR (Diferencial Residual):** protege contra choques elétricos.

## 3. FIAÇÃO E CABEAMENTO

- **Tipos de fios e cabos:**

- ✓ **Fios:** condutor rígido, mais difícil de dobrar.
- ✓ **Cabos:** condutor flexível, mais maleável e usado em curvas.
- ✓ **Cabos flexíveis:** compostos por vários filamentos finos.

- **Cores padrão para circuitos elétricos** (conforme NBR 5410):

- ✓ Azul-claro: neutro.
- ✓ Verde ou verde-amarelo: terra.
- ✓ Outras cores: fase.

- **Conduítes e eletrodutos:**

- ✓ Protegem os fios e cabos elétricos.
- ✓ Podem ser rígidos ou flexíveis.

- **Classificação das instalações elétricas:**

- ✓ **Tensão reduzida ou extra baixa tensão:** até 75V (CC) ou 50V (CA).
- ✓ **Baixa tensão (BT):** entre 75V e 1500V (CC) ou 50V e 1000V (CA).
- ✓ **Alta tensão (AT):** acima de 1000V (CA) ou 1500V (CC).

- **Diferença entre instalações prediais, comerciais e industriais:**



- ✓ **Predial:** uso residencial, menos complexidade.
- ✓ **Comercial:** maior número de circuitos e proteção reforçada.
- ✓ **Industrial:** alta potência, sistemas de medição e automação.

#### 4. PROJETO ELÉTRICO E DIMENSIONAMENTO

- **Elementos de um projeto elétrico:**

- ✓ Diagramas elétricos, tabelas e símbolos.
- ✓ Seguir normas técnicas e considerar segurança.

- **Projeto de iluminação:**

- ✓ Deve prever ao menos um ponto de luz por ambiente.
- ✓ Cálculo da iluminância (lux) necessário para cada cômodo.

- **Fornecimento de tensão:**

- ✓ Definição do padrão de entrada de energia (poste, medidor).

- **Dimensionamento das tomadas:**

- ✓ Definição da quantidade mínima conforme **NBR 5410**.
- ✓ Separação entre tomadas de uso geral (TUG) e uso específico (TUE).

- **Quadro de distribuição:** Organização dos circuitos elétricos e dispositivos de proteção.

#### 5. CARGA INSTALADA E FATORES DE DEMANDA

- **Carga instalada:** soma das potências nominais dos equipamentos.
- **Fator de demanda:** razão entre a demanda máxima e a carga instalada.
- **Fator de simultaneidade:** ajusta o cálculo considerando que nem todos os equipamentos operam ao mesmo tempo.

#### 6. QUADROS E PAINÉIS ELÉTRICOS

- **Montagem de quadros elétricos:**

- ✓ Contam com disjuntores, contadores, relés e controladores lógicos.
- ✓ Painéis elétricos podem ser de comando, distribuição ou automação.

- **Quadros elétricos trifásicos:** Distribuição da energia em três fases, garantindo maior eficiência.

#### 7. CURTO-CIRCUITO E SEGURANÇA

- **Estudo de curto-circuito:** Determina as correntes de falha e a capacidade dos disjuntores.
- **Reator limitador de corrente:** Dispositivo para reduzir picos de corrente em curtos-circuitos.
- **Manutenção elétrica:** Inspeção periódica para evitar falhas no sistema.

### MOMENTO QUIZ

#### 1. Uma instalação elétrica pode ser dividida nas seguintes partes:

- a) Infraestrutura da instalação elétrica, Orçamento e Custos, Cabeamento e Controle.
- b) Infraestrutura da instalação elétrica, Medição e proteção, Cabeamento e Controle.
- c) Infraestrutura da instalação elétrica, Medição e proteção, Orçamento e Obra.
- d) Infraestrutura da instalação elétrica, Medição e proteção, Concretagem e Ferragem.
- e) Infraestrutura da alvenaria, Medição e proteção, Cabeamento e Controle.

#### 2. Sobre o projeto elétrico é CORRETO afirmar:

- a) O projeto elétrico é a reunião das informações das instalações elétricas, todo projeto de instalações elétricas é composto por tabelas de informações, diagramas elétricos e símbolos das instalações elétricos.
- b) O projeto elétrico é a reunião das informações das instalações hidráulicas, todo projeto de instalações elétricas é composto por tabelas de informações, diagramas hidráulicos e símbolos das instalações hidráulicas.
- c) O projeto elétrico não reúne informações suficientes no projeto de instalações elétricas residenciais, somente em projetos de instalações prediais e industriais.
- d) O projeto elétrico é a reunião das informações das instalações elétricas, poucos projetos de instalações elétricas são compostos por tabelas de informações, diagramas elétricos e símbolos das instalações elétricos.
- e) O projeto elétrico é a reunião das informações das instalações elétricas, mas nenhum projeto de instalações elétricas é composto por tabelas de informações, diagramas elétricos e símbolos das instalações elétricos.

#### 3. Sobre o quadro de comando elétrico é INCORRETO afirmar:

- a) O quadro de comando elétrico é um equipamento elétrico que busca unir todos os dispositivos em um mesmo lugar.
- b) A estrutura de um quadro de comando elétrico, normalmente é de metal e costuma contar com apenas uma fonte de alimentação.

O quadro de comando elétrico é um equipamento muito versátil e pode exercer várias funções para as indústrias, como por exemplo: ser responsável pela iluminação de um ambiente.

d) O quadro de comando elétrico é um equipamento muito versátil e pode exercer várias funções para as indústrias, como por exemplo: comandar todos os motores de determinada indústria.

e) A finalidade da montagem de um quadro de comando elétrico não depende do desejo e nem da necessidade de cada empresa, pois ele é definido por um único tipo de finalidade independente das necessidades e desejos da empresa ou indústria.

**4. Qual alternativa NÃO contém todos os itens sendo elementos que podem fazer parte da montagem de quadro de comandos elétricos?**

- a) Fusíveis, Contatores e vigas.
- b) Disjuntor, Chave geral e Canaletas.
- c) Placas de conexão, Fusíveis e Relés.
- d) Trilho, Contatores e Aterramento terminal.
- e) Transformador, Fonte de alimentação e Controlador lógico programável (CLP).

**5. Qual das alternativas NÃO corresponde a uma etapa do estudo de curto-circuito?**

- a) Coleta de dados.
- b) Diagrama Unifilar.
- c) Análise computacional.
- d) Tabular resultados.
- e) Opinião subjetiva.

## Gabarito

QUESTÃO	ALTERNATIVA
1	B
2	A
3	E
4	A
5	E

## Referências

CERVELIN, Severino. Instalações Elétricas Prediais. 7ª ed. São Paulo: Érica, 2002.

LIMA FILHO, Domingos Leite. Projetos de Instalações Elétricas Prediais. 6ª ed. São Paulo: Érica, 2001.

CREDER, Hélio. Instalações Elétricas. 14ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

NISKIER, Julio; MACINTYRE, Archibald Joseph. Instalações Elétricas. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

COTRIM, A. A. M. B. Instalações Elétricas, Prentice Hall, São Paulo, 2003.

MACINTYRE, A. J.; NISKIER, J. Instalações Elétricas, LTC, Rio de Janeiro, 2000.

NISKIER, J. Manual de Instalações Elétricas, LTC, Rio de Janeiro, 2005.

SEAP. Manual de Obras Públicas e Edificações.

DE CAMARGO, J. R. P. Notas de aula da disciplina de Instalações Elétricas de Baixa Tensão do Curso de Engenharia Elétrica do IME, 2000.

Norma ABNT NBR 5410, 2005.

Norma ABNT NR-10, 2008.

Catálogos técnicos de materiais hidráulicos e elétricos.



**OBRIGADO!**  
CONTINUE ESTUDANDO.