

Curso Técnico em Eletrotécnica

Projetos Elétricos Industriais

Armando de Queiroz Monteiro Neto
Presidente da Confederação Nacional da Indústria

José Manuel de Aguiar Martins
Diretor do Departamento Nacional do SENAI

Regina Maria de Fátima Torres
Diretora de Operações do Departamento Nacional do SENAI

Alcantaro Corrêa
Presidente da Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina

Sérgio Roberto Arruda
Diretor Regional do SENAI/SC

Antônio José Carradore
Diretor de Educação e Tecnologia do SENAI/SC

Marco Antônio Dociatti
Diretor de Desenvolvimento Organizacional do SENAI/SC

Armando de Queiroz Monteiro Neto
Presidente da Confederação Nacional da Indústria

José Manuel de Aguiar Martins
Diretor do Departamento Nacional do SENAI

Regina Maria de Fátima Torres
Diretora de Operações do Departamento Nacional do SENAI

Alcantaro Corrêa
Presidente da Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina

Sérgio Roberto Arruda
Diretor Regional do SENAI/SC

Antônio José Carradore
Diretor de Educação e Tecnologia do SENAI/SC

Marco Antônio Dociatti
Diretor de Desenvolvimento Organizacional do SENAI/SC



Confederação Nacional das Indústrias
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

Curso Técnico em Eletrotécnica

Projetos Elétricos Industriais

João Máximo Cidral Junior

Florianópolis/SC
2010

É proibida a reprodução total ou parcial deste material por qualquer meio ou sistema sem o prévio consentimento do editor. Material em conformidade com a nova ortografia da língua portuguesa.

Equipe técnica que participou da elaboração desta obra

Coordenação de Educação a Distância
Beth Schirmer

Revisão Ortográfica e Normatização
FabriCO

Coordenação Projetos EaD
Maristela de Lourdes Alves

**Design Educacional, Ilustração,
Projeto Gráfico Editorial, Diagramação**
Equipe de Recursos Didáticos
SENAI/SC em Florianópolis

Autor
João Máximo Cidral Junior

Ficha catalográfica elaborada por Kátia Regina Bento dos Santos - CRB 14/693 - Biblioteca do SENAI/SC
Florianópolis.

C568p

Cidral Junior, João Máximo
Projetos elétricos industriais / João Máximo Cidral Junior. – Florianópolis :
SENAI/SC, 2010.
89 p. : il. color ; 28 cm.

Inclui bibliografias.

1. Instalações elétricas industriais. 2. Descargas atmosféricas - Proteção.
3. Luminotécnica. I. SENAI. Departamento Regional de Santa Catarina. II.
Título.

CDU 621.316

SENAI/SC — Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

Rodovia Admar Gonzaga, 2.765 – Itacorubi – Florianópolis/SC
CEP: 88034-001
Fone: (48) 0800 48 12 12
www.sc.senai.br

Prefácio

Você faz parte da maior instituição de educação profissional do estado. Uma rede de Educação e Tecnologia, formada por 35 unidades conectadas e estrategicamente instaladas em todas as regiões de Santa Catarina.

No SENAI, o conhecimento a mais é realidade. A proximidade com as necessidades da indústria, a infraestrutura de primeira linha e as aulas teóricas, e realmente práticas, são a essência de um modelo de Educação por Competências que possibilita ao aluno adquirir conhecimentos, desenvolver habilidade e garantir seu espaço no mercado de trabalho.

Com acesso livre a uma eficiente estrutura laboratorial, com o que existe de mais moderno no mundo da tecnologia, você está construindo o seu futuro profissional em uma instituição que, desde 1954, se preocupa em oferecer um modelo de educação atual e de qualidade.

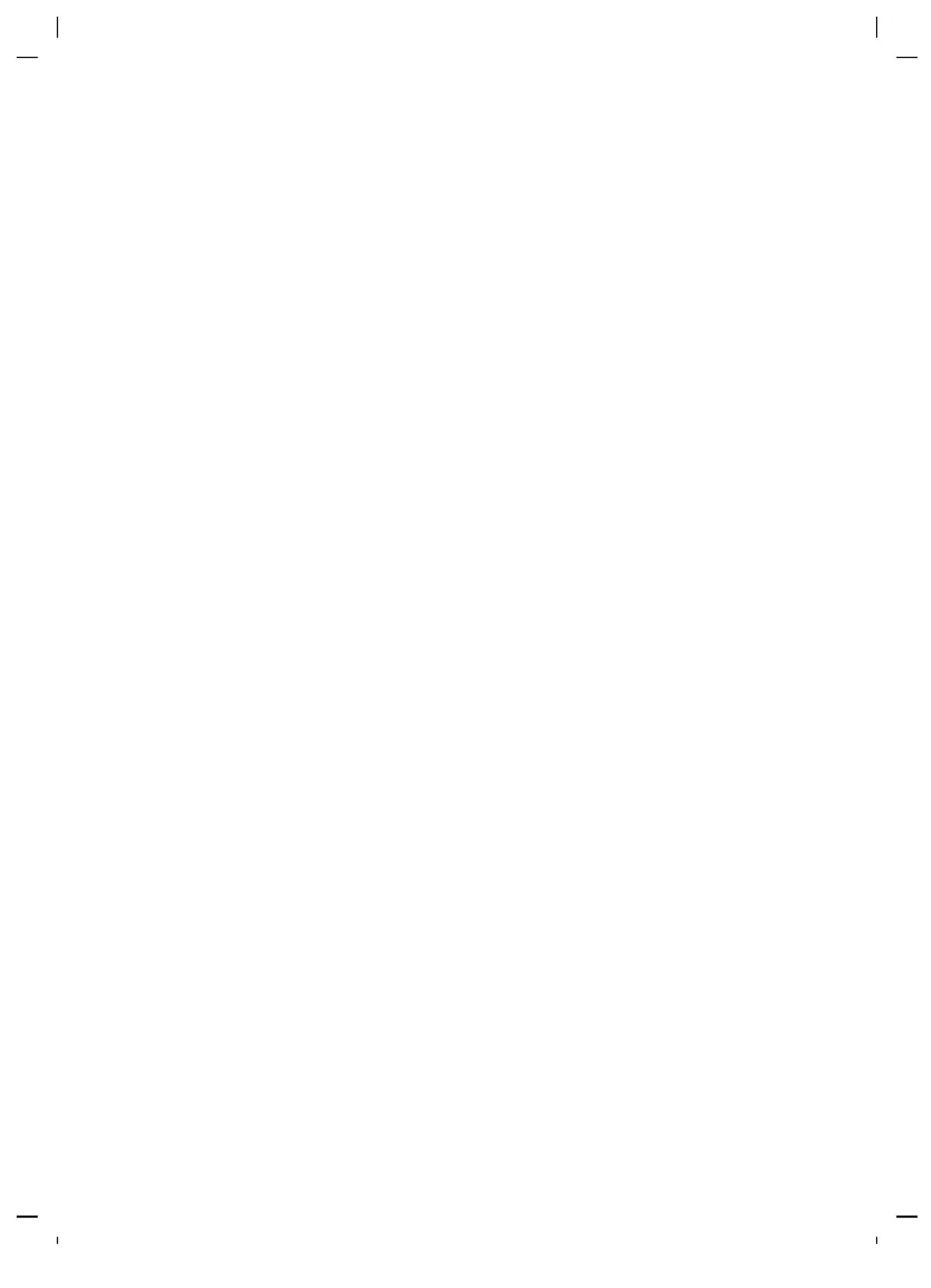
Estruturado com o objetivo de atualizar constantemente os métodos de ensino-aprendizagem da instituição, o **Programa Educação em Movimento** promove a discussão, a revisão e o aprimoramento dos processos de educação do SENAI. Buscando manter o alinhamento com as necessidades do mercado, ampliar as possibilidades do processo educacional, oferecer recursos didáticos de excelência e consolidar o modelo de Educação por Competências, em todos os seus cursos.

É nesse contexto que este livro foi produzido e chega às suas mãos. Todos os materiais didáticos do SENAI Santa Catarina são produções colaborativas dos professores mais qualificados e experientes, e contam com ambiente virtual, mini-aulas e apresentações, muitas com animações, tornando a aula mais interativa e atraente.

Mais de 1,6 milhões de alunos já escolheram o SENAI. Você faz parte deste universo. **Seja bem-vindo e aproveite por completo a Indústria do Conhecimento.**



SÉRGIO ROBERTO ARRUDA
Diretor Regional SENAI/SC



Sumário

Conteúdo Formativo	9
Apresentação	11
12 Unidade de estudo 1	
Demanda e Carga Instalada	
13 Seção 1 – Carga e demanda industrial	
16 Seção 2 – Fator de potência	
19 Seção 3 – Consumidores e tarifação	
22 Unidade de estudo 2	
Luminotécnica	
23 Seção 1 – Iluminância em ambiente industrial	
26 Seção 2 – Lâmpadas, luminárias e acessórios para aplicações industriais	
32 Unidade de estudo 3	
Dimensionamento de Materiais	
33 Seção 1 – Sistema de distribuição de energia	
40 Seção 2 – Condutores e proteção da instalação	
56 Seção 3 – Proteções para equipamentos e pessoas	
58 Seção 4 – Seleção de dutos	
60 Unidade de estudo 4	
Proteção contra Descargas Atmosféricas	
61 Seção 1 – Raios e formas de proteção	
66 Seção 2 – Projeto dos captores	
69 Seção 3 – Projeto das descidas	
70 Seção 4 – Projeto do aterramento	
72 Unidade de estudo 5	
Documentação para Projetos	
73 Seção 1 – Símbolos, desenhos e pranchas	
81 Seção 2 – Documentos de projeto	
82 Seção 3 – Ferramentas computacionais para auxílio em projetos elétricos	
Finalizando	85
Referências	87



Conteúdo Formativo

Carga horária da dedicação

- ➔ Carga horária: 120 horas

Competências

- ➔ Planejar e elaborar o projeto das instalações elétricas industriais.

Conhecimentos

- Normas Técnicas (instalação de SPDA “Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas”, luminotécnica, instalação industrial, ergonomia, fator de potência);
- Diagramas unifilares, multifilares e funcionais;
- Técnicas de dimensionamento de condutores e dispositivos de acionamento, proteção de máquinas e instalações elétricas industriais;
- Análise de demanda para instalações elétricas industriais;
- Sistemas de controle e tarifação de energia elétrica para projetos elétricos industriais;
- Sistemas de distribuição de energia elétrica;
- Software dedicado para projetos elétricos.

Habilidades

- Aplicar normas técnicas (instalação de SPDA “Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas”, luminotécnica, instalação industrial, ergonomia, fator de potência);
- Elaborar leiautes, diagramas e esquemas de iluminação;
- Identificar e selecionar os tipos de lâmpadas conforme a aplicação;
- Elaborar projetos de aterramento identificando princípios químicos e físicos;
- Identificar, selecionar e dimensionar dispositivos e máquinas aplicadas aos sistemas de instalações industriais;
- Elaborar orçamento; elaborar planilha de custo dos projetos elétricos industriais;
- Aplicar softwares específicos para elaboração de projetos;
- Elaborar e acompanhar cronograma de etapas para projetos;
- Analisar necessidades do consumo de energia elétrica por parte do usuário;
- Identificar as fontes alternativas de energia, aplicando e substituindo fontes de energia tradicionais.

Atitudes

- Zelo no manuseio dos equipamentos, atender prazos e datas pré-definidas e responsabilidade sócio-ambiental.

Apresentação

Seja bem-vindo! Espero que este material seja de grande utilidade para a orientação durante o desenvolvimento de projetos elétricos industriais.

O profissional que atua nesta área poderá desempenhar atividades como trabalhador autônomo e até mesmo como funcionário de Instaladoras Elétricas ou Construtoras, sendo amplamente solicitado dependendo de seu conhecimento em especificação de materiais e da sua habilidade para produzir detalhes técnicos necessários para a execução correta de uma instalação elétrica industrial.

Neste material serão apresentados os principais aspectos que influenciam o processo de elaboração de um projeto elétrico industrial. Serão abordadas questões relacionadas à aplicação de Normas Técnicas até informações relacionadas ao uso de ferramentas de desenho auxiliado por computador. Boa leitura!

 Professor João Máximo
Cidral Junior

Nascido na cidade de São Francisco do Sul - SC, formado em Engenharia Elétrica pelo CCT-UDESC Joinville. Atuou no desenvolvimento de protótipos eletrônicos para Pequenas Indústrias da região, atualmente leciona para aprendizagem industrial e para cursos técnicos no SENAI em Jaraguá do Sul.



Unidade de estudo 1

Seções de estudo

Seção 1 – Carga e demanda industrial
Seção 2 – Fator de potência
Seção 3 – Consumidores e tarifação

Demanda e Carga Instalada

SEÇÃO 1

Carga e demanda industrial

Nesta seção você conhecerá grandezas usadas para indicar potência, fatores, relacionados ao ramo industrial, que interferem na demanda e aprenderá como calcular essa demanda.

Em uma indústria, estão presentes diversos tipos de cargas, como máquinas operatrizes, fresadoras, tornos, dobradeiras, máquinas de solda ponto, prensas excêntricas e fornos resistivos, entre outras. Contudo, a maioria das cargas presentes na indústria é do tipo indutivo, principalmente motores monofásicos e trifásicos.

Veja um exemplo de motor na figura a seguir:



Figura 1 - Exemplo de motor de uso industrial

Fonte: WEG (2004).

Nem sempre estes motores apresentam sua potência nominal especificada em W. Podem ainda ser especificados em HP ou CV.

A seguir, é apresentada a relação entre estas grandezas.

Grandeza	Descrição	Conversão para W (aproximada)
CV	Cavalo Vapor indica a potência mecânica no eixo de um motor.	1 CV = 736 W
HP	Horse Power, também indica a potência mecânica no eixo de um motor, porém é mais usada por países de língua Inglesa.	1 HP = 746 W

Quadro 1 – Relação entre HP e CV com o W

Fonte: Creder (2000, p. 231).

Quanto à demanda, seu cálculo determinará as especificações dos materiais que compõe o alimentador de energia. Caso o alimentador de energia tenha sido projetado utilizando apenas a informação da carga, o custo do alimentador tornaria inviável a execução do projeto.

Assim como numa instalação elétrica de uma edificação para fins comerciais e/ou residenciais, a instalação elétrica de uma edificação industrial precisa ser dimensionada conforme sua demanda máxima, ou seja, depende essencialmente da carga instalada e do fator de demanda associado.

Alguns exemplos de fator de demanda, relacionados com o ramo de atividade, são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 1 - Exemplos de fatores de demanda conforme o ramo da atividade comercial

Ramo de atividade	Código do ramo	Fator de demanda típico	Fator de carga típico
Extração de carvão de pedra, xistos betuminosos e outros.	1000	56,82	59,73
Abate de aves e outros pequenos animais e preparação de produtos de carne.	1512	63,45	56,19
Fabricação de produtos de laticínios.	1542	55,08	58,23
Tecelagem de algodão.	1731	52,52	36,38
Fabricação de tecidos de malha (malharia) e fabricação de tecidos elásticos.	1771	67,66	34,02
Fabricação de artigos de material plástico para embalagem e acondicionamento.	2529	68,46	54,31
Fabricação de ferramentas manuais.	2843	49,12	24,97
Fabricação de máquinas, ferramentas, máquinas operatrizes e aparelhos industriais.	2940	23,90	20,68

Fonte: CELESC (2007, p. 84).

DICA

Mais informações referentes ao cálculo da demanda de uma edificação poderão ser consultadas na CELESC por meio da Norma I-321.0023, Apêndice II.

Dm → Somatório da demanda de máquinas elétricas.

A demanda dos pontos de luz e força poderá ser obtida pela regra geral (MOURA, 2006, p. 18):

- 100% da carga instalada para os primeiros 20kW;
- 70% da carga instalada para o excedente de 20kW.

Além do dimensionamento utilizando o critério do fator de demanda, também é possível calcular a demanda a partir da seguinte fórmula:

$$Dt = Dp + Dm$$

Fórmula – demanda de uma unidade consumidora industrial.

Fonte: CELESC, 1997, p. 16.

Onde:

Dt → Demanda da unidade consumidora industrial;

Dp → Somatório da demanda dos pontos de luz e força de uso geral;

Já a demanda de máquinas elétricas, quando se tratar apenas de motores, poderá ser calculada considerando as tabelas A seguir, (considerando um fator de diversidade para cada grupo de motores de mesma potência e mesmo tipo de instalação); sendo a primeira tabela a ser aplicada a grupos de motores trifásicos e a segunda tabela para grupos de motores monofásicos.

Tabela 2 - Motores trifásicos

Potência do motor (CV)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	→ (1)
	1	1,5	1,9	2,3	2,7	3	3,3	3,6	3,9	4,2	→ (2)
1/3	0,65	0,98	1,24	1,50	1,76	1,95	2,15	2,34	2,53	2,73	
1/2	0,87	1,31	1,65	2,00	2,35	2,61	2,87	3,13	3,39	3,65	
3/4	1,26	1,89	2,39	2,90	3,40	3,78	4,16	4,54	4,91	5,29	
1	1,52	2,28	2,89	3,50	4,10	4,56	5,02	5,47	5,93	6,38	
1 1/2	2,17	3,26	4,12	4,99	5,86	6,51	7,16	7,81	8,46	9,11	
2	2,70	4,05	5,13	6,21	7,29	8,10	8,91	9,72	10,53	11,34	
3	4,04	6,06	7,68	9,29	10,91	12,12	13,33	14,54	15,76	16,97	
4	5,03	7,55	9,56	11,57	13,58	15,09	16,60	18,11	19,62	21,13	
5	6,02	9,03	11,44	13,85	16,25	18,06	19,87	21,67	23,48	25,28	
7 1/2	8,65	12,98	16,44	19,90	23,36	25,95	28,55	31,14	33,74	36,33	
10	11,54	17,31	21,93	26,54	31,16	34,62	38,03	41,54	45,01	48,47	
12 1/2	14,09	21,14	26,77	32,41	38,04	42,27	46,50	50,72	54,95	59,18	
15	16,65	24,98	31,63	33,29	44,96	49,95	54,95	59,94	64,93	69,93	
20	22,10	33,15	41,99	50,83	59,67	66,30	72,93	79,56	86,19	92,82	
25	25,83	38,75	49,08	59,41	69,74	77,49	85,24	92,99	100,74	103,49	
30	30,52	45,78	57,99	70,20	82,40	91,56	100,72	109,87	119,03	128,18	

Fonte: CELESC (1997, p. 57).

Notas:

(1) → Quantidade de motores.

(2) → Fator de diversidade.

DICA

Os fabricantes de máquinas e motores elétricos fornecem catálogos com especificações detalhadas das características elétricas e mecânicas de seus produtos. Cabe ao projetista consultar estas informações para garantir um dimensionamento correto de condutores, proteções e dutos que compõe a instalação elétrica.

Tabela 3 - Motores monofásicos e demanda (até 1CV)

Potência do motor (CV)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	→ (1) → (2)
1/4	0,66	0,99	1,254	1,518	1,782	1,98	2,178	2,376	2,574	2,772	
1/3	0,77	1,155	1,463	1,771	2,079	2,31	2,541	2,772	3,003	3,234	
1/2	1,18	1,77	2,242	2,714	3,186	3,54	3,894	4,248	4,602	4,956	
3/4	1,34	2,01	2,246	3,032	3,618	4,02	4,422	4,824	5,226	5,628	
1	1,56	2,34	2,964	3,588	4,212	4,68	5,148	5,616	6,084	6,552	
1.1/2	2,35	3,525	4,465	5,405	6,345	7,05	7,755	8,460	9,165	9,870	
2	2,97	4,455	5,643	6,831	8,019	8,91	9,801	10,692	11,583	12,474	
3	4,07	6,105	7,733	9,361	10,989	12,21	13,431	14,652	15,873	17,094	
5	6,16	9,24	11,704	14,168	16,632	18,48	20,328	22,176	24,024	25,872	

Fonte: CELESC (1997, p. 57).

Notas:

(1) → Quantidade de motores

(2) → Fator de diversidade

$$P = U \times I$$

O fator de diversidade está relacionado à simultaneidade do acionamento dos motores. Máquinas de solda tipo motor-gerador devem ser consideradas como motores.

Ainda é possível calcular a demanda de máquinas através de um estudo detalhado da sequência de funcionamento das máquinas durante os turnos de um dia de trabalho. Desta forma, a demanda poderá ser dimensionada em função da maior carga instantânea registrada durante o dia de trabalho (MOURA, 2006, p. 16).

Todavia, esta técnica exige que a linha de produção não apresente variações bruscas em relação à sequência de acionamento das máquinas, pois poderia causar um eventual subdimensionamento da instalação elétrica, causando interrupções indesejadas no fornecimento de energia elétrica.

Quando a demanda de máquinas elétricas for associada a máquinas de solda ponto ou qualquer outro tipo de máquina não motora de alta potência, então, sugere-se que seja considerada a demanda igual a 100% da potência nominal da máquina.

Fórmula – Expressão geral de potência

Fonte: Creder (2000, p. 44).

Contudo, esta expressão somente pode ser utilizada quando se trata de circuitos de corrente contínua ou de circuitos resistivos em corrente alternada (lâmpadas incandescentes, fornos resistivos, chuveiros elétricos etc).

Quando se tratar de motores ou qualquer carga com características indutivas ou capacitivas, surge a potência reativa. (CREDER, 2000, p. 45). Desta forma, a nova fórmula para cálculo de potência, para estes casos é apresentada A seguir;

$$N = P + Q$$

Fórmula – Potência considerando a presença de reativos

Fonte: CREDER, 2000, p. 45.

SEÇÃO 2

Fator de potência

Na seção 2, você aprenderá quais as formas de calcular a potência dos diversos tipos de motor.

Sabe-se que a potência elétrica é expressa através do produto entre a tensão elétrica (U) e a corrente elétrica (I), como mostrado a fórmula:

Onde:

- N → Potência aparente, especificada em kVA;
- P → Potência ativa, especificada em kW;
- Q → Potência reativa, especificada em kVAr.

Em um motor, apenas a parcela da potência ativa (P) é convertida em energia mecânica sendo a parcela de potência reativa (Q) responsável apenas pelas trocas de energia entre o gerador e a carga (CREDER, 2000, p. 45).

Em outras palavras, no caso de um motor monofásico, a forma de onda da tensão que está sobre os terminais de um motor permanece adiantada certo ângulo θ em relação à forma de onda da corrente que entra neste motor.

Veja a representação a seguir:

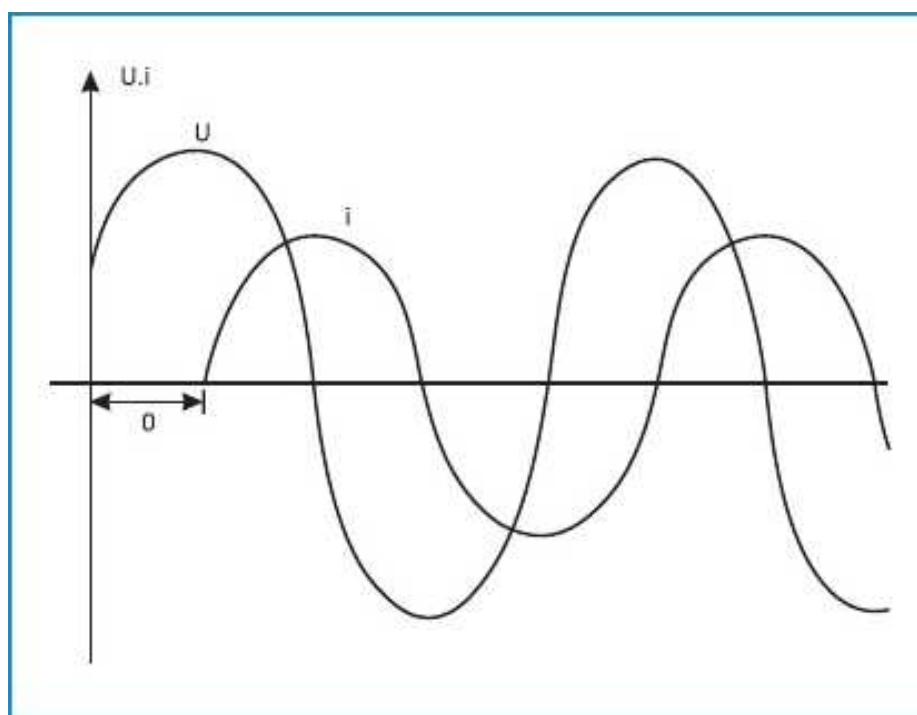


Figura 2 - Tensão adiantada em relação à corrente, forma de onda

Fonte: Creder (2000, p. 45).

Diz-se que neste caso, o fator de potência (FP) é dado pelo cosseno do ângulo θ , como pode ser observado na próxima fórmula:

$$FP = \cos \theta$$

Fórmula – Fator de potência para uma carga puramente indutiva com forma de onda senoidal

Fonte: Creder (2000, p. 45).

Desta forma, o cálculo da potência passa a ser:

$$P = U \times I \times FP$$

Fórmula – Potência ativa para motores monofásicos

Fonte: Creder (2000, p. 45).

$$P = 1,73 \times U \times I \times FP$$

Fórmula – Potência ativa para motores trifásicos

Fonte: Creder (2000, p. 46).

Onde:

- P → Potência ativa consumida pelo motor;
- U → Tensão de fase aplicada ao motor;
- I → Corrente de fase aplicada ao motor;
- FP → Fator de potência.

Há outra maneira de se visualizar o efeito do fator de potência sobre a potência consumida pelo circuito. Veja a representação a seguir: considere que o comprimento de cada vetor equivalha ao valor da potência em questão.

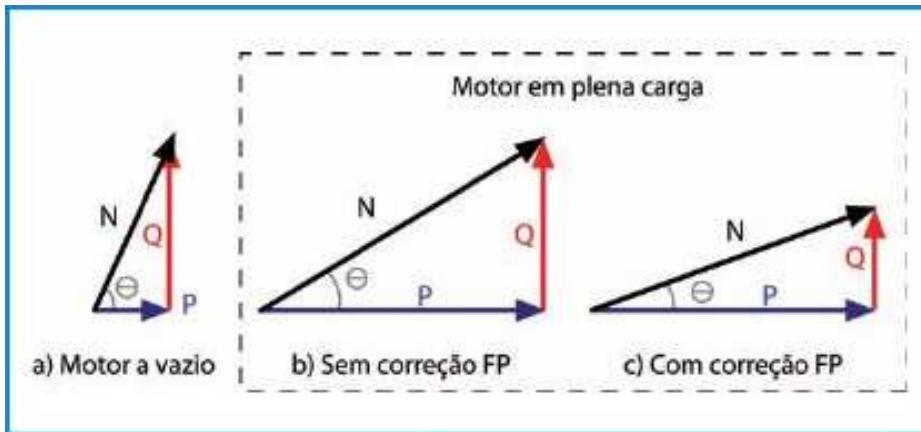


Figura 3 - Representação das variações das componentes de potências de uma carga indutiva

Note na figura anterior, que a representação “a” apresenta um caso de motor a vazio. Observe que o comprimento do vetor Q (potência reativa) é maior que o comprimento do vetor P (potência ativa) e que o ângulo entre P e N é maior do que o mostrado nas representações “b” e “c”. Neste caso, a potência aparente consumida pela máquina será bem maior que a potência ativa requerida por esta máquina.

Agora observe a representação “b”, nesta situação, o motor está operando em plena carga. Comparando com a representação “a” é possível notar que o comprimento do vetor Q é praticamente o mesmo, porém o vetor P possui maior comprimento do que antes, caracterizando um melhor aproveitamento da potência ativa em relação à potência aparente fornecida ao circuito.

Já na representação “c”, note que houve uma correção no fator de potência, ocasionando uma redução no comprimento do vetor “ Q ”, que aumentou ainda mais o aproveitamento da potência aparente consumida pelo circuito.

Principais consequências do baixo fator de potência são (WEG, 2007, p. 9):

- Acréscimo na conta de energia elétrica;
- Limitação da capacidade dos transformadores de alimentação;
- Quedas e flutuações de tensão nos circuitos de distribuição;
- Sobrecarga nos equipamentos de manobra, limitando sua vida útil;
- Aumento das perdas elétricas na linha de distribuição por efeito Joule;
- Necessidade de aumento da seção dos condutores;
- Necessidade de aumento da capacidade dos equipamentos de manobra e de proteção.

Principais causas do baixo fator de potência (WEG, 2007, p. 9):

- Motores de indução trabalhando a vazio;
- Motores superdimensionados para sua necessidade de trabalho;
- Transformadores trabalhando a vazio ou com pouca carga;
- Reatores de baixo fator de potência no sistema de iluminação;
- Fornos de indução ou a arco;
- Máquinas de tratamento térmico;
- Máquina de solda;

- Nível de tensão acima do valor nominal provocando um aumento no consumo de energia reativa.

DICA

Quanto à correção do fator de potência para cargas indutivas (como transformadores e motores), recomenda-se a instalação de bancos de capacitores próximos da carga indutiva em questão, além da eliminação ou minimização de superdimensionamentos.

Para formas de onda não senoidais, para o cálculo do Fator de potência (FP), deve-se considerar também a taxa de distorção harmônica (THD) como é mostrado na fórmula:

$$FP = \left(\frac{1}{\sqrt{1+THD^2}} \right) \times (\cos \theta)$$

Fórmula – Fator de potência com harmônicas

Fonte: WEG (2007, p. 15).

Na próxima seção, você estudará os diversos tipos de tarifa, as características do contrato estabelecido entre a concessionária de energia elétrica e o consumidor, além da classificação dos grupos de consumidores em relação ao valor da tensão de fornecimento.

SEÇÃO 3

Consumidores e tarifação

Quanto à modalidade tarifária, existem duas modalidades. Os consumidores do Grupo B são cobrados pela energia que consomem. Já os consumidores do Grupo A são cobrados pela demanda contratada e pela energia que consomem (PROCEL, 2001, p. 7).

Normalmente os consumidores industriais são classificados conforme a tensão de fornecimento da concessionária de energia elétrica da região (PROCEL, 2001, p. 6).

A resolução 456, de 29 de novembro de 2000, estabeleceu alterações nas condições gerais de fornecimento de energia elétrica, visando aprimorar o relacionamento entre os agentes responsáveis pela prestação do serviço público de energia elétrica e consumidores (ANEEL, 2000, p. 1).

A próxima tabela classifica os consumidores em subgrupos do Grupo A, segundo o valor da tensão de fornecimento.

Tabela 4 - Classificação dos subgrupos do grupo A

Subgrupos	Tensão de Fornecimento
A1	Superior a 230kV
A2	De 88kV a 138kV
A3	Igual a 69kV
A3a	De 30kV a 44kV
A4	De 2,3kV a 25kV
	Inferior a 2,3kV, atendida a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturada no Grupo A
AS	subterrâneo de distribuição e faturada no Grupo A excepcionalmente.

Fonte: ANEEL (2008, p. 22).

Antes de apresentar os tipos de tarifação de energia e as características de contrato é interessante estabelecer as seguintes definições (ANEEL, 2000, p. 2):

- **Demanda contratada:** demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).
- **Horário de ponta:** período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais.
- **Horário fora de ponta:** período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.
- **Período seco:** período de sete meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro.
- **Período úmido:** período de cinco meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.

A seguir, são mostrados os tipos de tarifação e as características do contrato estabelecido entre concessionária de energia elétrica e consumidor.

Tabela 5 - Alternativa tarifária e características do contrato

Alternativa tarifária	Características do contrato com a concessionária
Tarifação Convencional	São enquadrados os consumidores do grupo A com demanda inferior a 300kW. No contrato, pactua-se um único valor de demanda (demanda contratada), independente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) e do período do ano (seco ou úmido).
Tarifação Horo-sazonal Verde	O enquadramento é opcional para os consumidores do grupo A, subgrupos A3a, A4 e AS. No contrato, pactua-se a demanda contratada pretendida pelo consumidor independente da ponta ou fora da ponta. A resolução 456 permite que sejam contratadas duas demandas diferentes: uma para o período seco e outra para o período úmido.
Tarifação Horo-sazonal Azul	O enquadramento é obrigatório para os consumidores do grupo A, subgrupos A1, A2 e A3. No contrato, pactuam-se duas demandas contratadas: uma para o horário de ponta e outra para o horário fora de ponta. A resolução 456 permite que sejam contratadas duas demandas diferentes: uma para o período seco e outra para o período úmido.

Fonte: PROCEL (2001, p. 7).

A conta de energia elétrica dos consumidores alimentados em alta tensão é composta pela soma das parcelas de consumo, demanda e ultrapassagem, caso ocorra (PROCEL, 2001, p. 10). Assim, os consumidores do Grupo A podem se enquadrar em uma das seguintes alternativas tarifárias (PROCEL, 2001, p. 7). A tabela a seguir, apresenta uma relação entre estas alternativas tarifárias e as parcelas que a compõe.

Tabela 6 - Tipos de tarifação de energia elétrica para consumidores do Grupo A

Tipo de Tarifação	Parcela do Consumo	Parcela da Demanda	Parcela da Ultrapassagem
Convencional.	O consumo medido é multiplicado pela tarifa de consumo.	A maior demanda do período (sem a ultrapassagem) é multiplicada pela tarifa de demanda.	A demanda excedente (10% acima da demanda contratada) custará 3 vezes o valor da demanda no horário normal.
Horo-sazonal Verde.	Há tarifas diferentes para o consumo dependendo do horário do dia e do período do ano. O consumo também é separado em duas parcelas: medidas no horário de ponta e fora do horário de ponta.	A tarifa de demanda é única e deve ser multiplicada pela maior demanda contratada.	A demanda excedente (10% acima da demanda contratada).
Horo-sazonal Azul.	Segue o mesmo modelo que o usado para o cálculo da parcela de consumo para Tarifação Horo-sazonal Verde.	Segue o mesmo modelo que o usado para o cálculo da parcela de consumo para Tarifação Horo-sazonal Verde: há variações na tarifa de demanda conforme o horário e o período do ano.	Segue o mesmo modelo que o usado para o cálculo da parcela de consumo para Tarifação Horo-sazonal Verde: há variações na tarifa de ultrapassagem conforme o horário, o período do ano e o grupo do consumidor.

Fonte: PROCEL (2001, p. 7).

A demanda medida é a máxima verificada ao longo do mês. Se todas as máquinas permanecerem ligadas por um período de 15 minutos, será cobrado um valor de demanda equivalente ao caso em que estas máquinas permanecerem ligadas ininterruptamente o mês inteiro (PROCEL, 2001, p. 11).

Outro fator importante relacionado à cobrança de energia é o consumo associado à potência reativa. A resolução 456 de 2000 estabelece que as instalações industriais devem apresentar um fator de potência não inferior a 0,92 (capacitivo ou indutivo). Os consumidores pertencentes ao Grupo A são cobrados pelo mesmo método (da energia ativa) para a energia reativa (PROCEL, 2001, p. 14). Portanto, fica claro que se for realizada a correção do fator de potência, consequentemente será reduzido o valor da conta de energia.



Unidade de estudo 2

Seções de estudo

**Seção 1 – Iluminância em ambiente
industrial**

**Seção 2 – Lâmpadas, luminárias e
acessórios para aplicações industriais**

Luminotécnica

SEÇÃO 1

Iluminância em ambiente industrial

Na primeira seção serão apresentados alguns tipos de iluminação, os benefícios e desvantagens de seu uso, além das características e ferramentas do software Lumisoft, utilizado para determinar a quantidade de lâmpadas para o ambiente e os pontos a serem instaladas.

A iluminação no ambiente industrial está relacionada com a tarefa a ser desempenhada. Existem ambientes que exigem maior luminosidade, como é o caso de uma indústria que realiza montagens eletrônicas. Já outros, podem apresentar a menor luminosidade necessária, como é o caso de um depósito de materiais.

Assim o método mais indicado para a iluminação industrial é o método dos lúmens, seguindo as recomendações da norma NBR5413: 1992.

A seguir, são mostrados alguns valores de iluminância segundo a tarefa a ser desempenhada no ambiente.

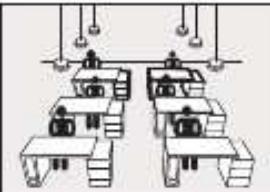
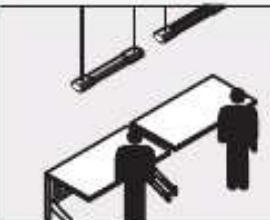
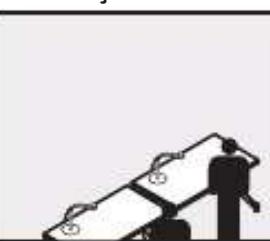
Tabela 7 - Valores de iluminância para alguns tipos de indústria

Indústria	Setor	Iluminância (lux)
Alimentícia	Seleção de Refugos ou Limpeza ou Lavagem.	150 – 200 – 300
	Classificação pela cor (sala de cortes).	750 – 1000 – 1500
	Enlatamento Manual.	200 – 300 – 500
De calçados	Riscagem de modelos, cortes, costuras, formação de pares e classificação.	750 – 1000 – 1500
	Lavagem, tratamento de composto de borracha, confecção de lençóis de borracha.	100 – 150 – 200
De materiais elétricos e telecomunicações	Impregnação.	150 – 200 – 300
	Isolação, enrolamento, bobinagem, ensaios e inspeção.	300 – 500 – 750
Têxteis	Abertura de fardos, batedores, mistura e classificação de algodão.	150 – 200 – 300
	Tecelagem de algodão ou sedas e fibras sintéticas.	300 – 500 – 750
	Tecelagem de lã colorida.	750 – 1000 – 1500
Vestuário	Inspeção do material.	1500 – 2000 – 3000
	Corte, passagem, costura e guarnelecimento.	750 – 1000 – 1500

Fonte: ABNT (1992, p. 7).

Antes de efetuar o cálculo da iluminância, é necessário selecionar o melhor sistema de iluminação conforme a atividade a ser desempenhada no ambiente de trabalho (OSRAM, 2009, p. 10).

O quadro A seguir, relaciona as principais características segundo o tipo de iluminação.

Tipo de Iluminação	Principal Vantagem	Principal Desvantagem	Exemplo de Aplicação
Iluminação Geral: 	Permite maior flexibilidade no leiaute da fábrica tanto para máquinas quanto bancadas de trabalho.	Não atende às necessidades específicas de locais que requerem maiores níveis de iluminância, isso acarretaria maior consumo de energia e maiores gastos com material.	Depósito de peças e materiais.
Iluminação Localizada: 	Maior economia de energia.	Não permite grandes variações no leiaute da fábrica.	Setor de fechamento de carcaça de motores.
Iluminação de Tarefa: 	Maior controle dos efeitos luminotécnicos já que permite maiores níveis de iluminância.	Deve ser complementada por outro tipo de iluminação.	Setor de Inspeção Eletrônica.

Quadro 2 - Comparativo entre os tipos de iluminação

Fonte: OSRAM (2009, p. 11).

No dimensionamento do sistema de iluminação de um ambiente industrial, além das técnicas tradicionais para o cálculo da iluminância (através do método dos lúmens ou do método ponto a ponto), ainda existem programas de computador, capazes de sintetizar os cálculos e relacionar informações de bancos de dados, pré-cadastrados pelos fabricantes de lâmpadas e luminárias.

Assim, estes softwares servem para agilizar o processo de cálculo, além de gerar a listagem de materiais necessários para o projeto luminotécnico.

Existem vários softwares luminotécnicos no mercado (gratuitos ou comerciais), apresentando uma grande variedade de recursos que vão desde a determinação da quantidade de luminárias a serem instaladas em um ambiente até a geração de gráficos com os níveis pontuais de iluminamento.

A seguir, é apresentada a versão gratuita do software Lumisoft, disponibilizado pela Empresa Lumicenter (<<http://www.lumicenter.com/empresa.php>>) para download pelo link: <<http://www.ctktim.com.br/lumicenter/Lumisoft2008.zip>>.

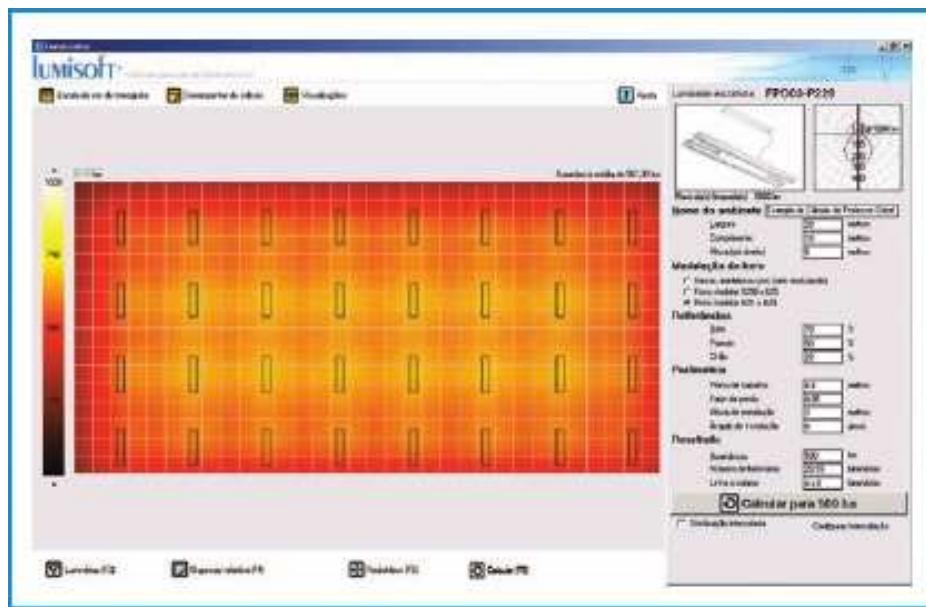


Figura 4 - Janela de cálculo do software Lumisoftw

Fonte: Lumicenter (2009).

Este *software* dimensiona a quantidade de luminárias necessárias para a iluminação geral de um ambiente, usando lâmpadas fluorescentes. São solicitados campos com as informações sobre a região a ser iluminada (área, pé direito, refletâncias, entre outras), valor do iluminamento e tipo de luminária a ser instalada.

DICA

Outro *software* gratuito que possui muitos recursos é o Softlux (mostrado na próxima figura), fornecido pela Empresa ITAIM Iluminação. Este programa de computador pode ser baixado da internet através do link: <http://www.itaimiluminacao.com.br/novo/index_main.cfm?p=d>.

Programas de computador para cálculo luminotécnico são fornecidos gratuitamente porque o interesse de seus desenvolvedores é justamente realizar a venda dos produtos relacionados, como é o caso de lâmpadas e luminárias.

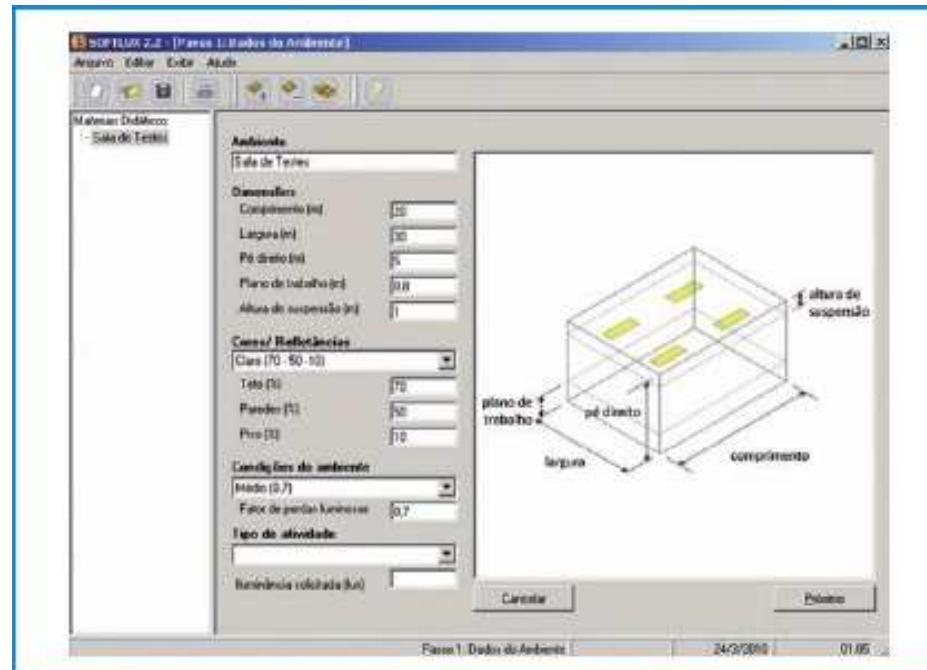


Figura 5 - Janela de configuração do Softlux

Fonte: Itaim Iluminação (2010).

Na seção 2, você conhecerá diversos tipos de lâmpadas, luminárias e acessórios utilizados para iluminação industrial e as características e vantagens de sua aplicação em relação ao ambiente.

SEÇÃO 2

Lâmpadas, luminárias e acessórios para aplicações industriais

O ambiente industrial pode apresentar altas temperaturas, altas concentrações de poeira em suspensão, vapores com elementos químicos e até eventuais jatos de água esguichados em diversas regiões. Lâmpadas e luminárias para instalação em ambiente industrial devem apresentar vedação contra a entrada de partículas sólidas e água, em outras palavras, deve apresentar maior grau de proteção.

“O grau de proteção de um componente é dado pelo índice IP (International Protection Code) conforme definido pela IEC 60529” (WALENIA, 2008, p. 64). O grau de proteção estabelece quanto um equipamento (neste caso um conjunto contendo luminária e lâmpada) está protegido contra partículas sólidas (primeiro algarismo) e contra a infiltração de água.

A seguir, são relacionados os algarismos e a proteção associados a um equipamento:

Grau de Proteção 1º Algarismo	Indicação	Grau de Proteção 2º Algarismo	Indicação
0	Não Protegido.	0	Não Protegido.
1	Proteção contra corpos sólidos superiores a 50mm.	1	Proteção contra quedas verticais de gotas de água.
2	Proteção contra corpos sólidos superiores a 12,5mm.	2	Proteção contra quedas de gotas de água com ângulo de incidência de até 15.
3	Proteção contra corpos sólidos superiores a 2,5mm.	3	Proteção contra quedas de gotas de água com ângulo de incidência de até 60º da vertical.
4	Proteção contra corpos sólidos superiores a 1mm.	4	Proteção contra projeções de água em qualquer direção.
5	Proteção contra poeira, admitindo-se acesso limitado, sem formação de acúmulo de poeira.	5	Proteção contra jatos de água de baixa pressão vindos de qualquer direção.
6	Proteção total contra a penetração de poeira.	6	Proteção contra fortes jatos de água. Tais como ondas do mar.
-		7	Proteção contra imersão em profundidades entre 15cm a 1m.
-		8	Proteção contra submersão prolongada e sob pressão.

Quadro 3 - Algarismos para montagem do grau de proteção

Fonte: Walenia (2008, p. 65).

DICA

Algumas luminárias industriais apresentam grau de proteção IP-65, ou seja, seu interior é totalmente protegido contra poeira e protegido contra jatos de água. Para mais informações sobre graus de proteção, consulte a Unidade “Dimensionamento de Materiais”.

Desta forma, para uma luminária com grau de proteção IP 65, tem-se que esta luminária apresenta invólucro que não permite a entrada de qualquer partícula sólida (6 equivale ao primeiro algarismo) e que projete a luminária contra jatos de água de baixa pressão (5 equivale ao segundo algarismo).

A seguir, são relacionados os principais tipos de lâmpadas utilizadas no setor industrial.

Tabela 8 - Lâmpadas e suas características

Tipo	Rendimento (lm/W)	Reprodução de cores (IRC)	Vida útil média (h)	Características e Aplicações
Mista	25	62	10.000	Não necessitam de equipamento auxiliar para seu funcionamento. São usadas em locais que necessitem de grande quantidade de luz, não se preocupando com a eficiência do sistema.
Vapor de Mercúrio	55	44	24.000	Necessitam de um reator para seu funcionamento. São usadas na iluminação geral de galpões industriais.
Vapor de Sódio	135	25	28.000	Necessitam de um reator para seu funcionamento. São usadas para iluminação de áreas externas ou internas com elevado pé-direito.
Vapor metálico	80	88	12.000	Necessitam de um reator para seu funcionamento. São usadas na iluminação geral de galpões industriais.
Fluorescente	65	70	12.000	Necessita de componentes auxiliares para seu funcionamento. São usadas para realizar a iluminação geral em galpões industriais.
Fluorecente Especial	80	95	12.000	Necessita de componentes auxiliares para seu funcionamento. São usadas para realizar a iluminação em galpões industriais, principalmente em indústrias têxteis e afins.
LEDs	210	90	50.000	Redução do custo de manutenção, fontes compactas, baixa tensão, não emite radiações ultravioleta ou infravermelho. Recentemente começaram a ser aplicadas em iluminação industrial, seja na iluminação geral seja na iluminação dirigida.

Fonte: Walenia (2009, p. 96).

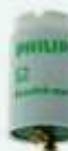
DICA

Consulte sempre catálogos atualizados dos fabricantes! Novas tecnologias contribuem para elevar a vida útil de lâmpadas, melhorar o IRC e aumentar o rendimento luminoso.

Para o correto funcionamento de algumas lâmpadas é necessário o uso de dispositivos auxiliares como os transformadores, reatores e ignitores (WALENIA, 2009, p. 102).

A tabela seguinte relaciona esses acessórios.

Tabela 9 - Principais acessórios para lâmpadas industriais

Tipo de acessório	Descrição	Exemplo de figura
Reator eletromagnético convencional	São os mais baratos e usados do mercado para acionamento de lâmpadas fluorescentes. Seu esquema de ligação requer um “starter” para possibilitar a ligação da lâmpada.	 Figura 6 - Reator eletromagnético convencional. Fonte: Philips (2008).
Reator eletromagnético de partida rápida	Os componentes para circuitos de partida rápida não necessitam de “starter”, já que na composição do reator há enrolamentos separados para aquecerem os eletrodos da lâmpada continuamente. Entretanto, necessitam de aterramento das partes metálicas como luminárias, eletrocalhas etc.	 Figura 7 - Reator eletromagnético de partida rápida. Fonte: Philips (2008).
Reator eletrônico	Apresentam partida instantânea, podem ser dimerizáveis ou não. Possuem maior fator de potência e maior rendimento, além de eliminarem cintilações da luz. São usados para o acionamento de lâmpadas fluorescentes.	 Figura 8 - Reator eletrônico. Fonte: Philips (2008).
Starter	Juntamente com o Reator Eletromagnético Convencional realiza a partida de uma lâmpada fluorescente. O modelo S-2 serve para lâmpadas de potência de 15 ou 20W e o modelo S-10 para lâmpadas de 30, 40 ou 65W.	 Figura 9 - Starter. Fonte: Philips (2008).
Reator eletromagnético com capacitor embutido	É montado com lâmpadas de vapor de mercúrio com potências que variam de 80 a 1000W. Para lâmpadas de vapor de sódio, pode estar dividido em 3 partes: ignitor + capacitor + reator, montados separadamente.	 Figura 10 - Reator eletromagnético com capacitor embutido. Fonte: Philips (2008).
Reator eletromagnético (transformador)	É montado com lâmpadas de vapor metálico de potência de até 1500W. Necessitam de um capacitor externo para completar o esquema de ligação.	 Figura 11 - Transformador. Fonte: Philips (2008).
Capacitor auxiliar de transformador	Parte integrante da ligação entre lâmpada de vapor metálico e transformador.	 Figura 12 - Capacitor. Fonte: Philips (2008).

Fonte: Philips (2008)

Os principais esquemas de ligação associados a circuitos de iluminação industrial utilizam lâmpadas de descarga. A seguir, serão mostrados alguns desses esquemas.

DICA

Os catálogos de produtos de lâmpadas disponibilizados pelos fabricantes de lâmpadas trazem esquemas de ligação dessas lâmpadas juntamente com seus acessórios (quando há necessidade).

A ligação correta de uma lâmpada garante seu funcionamento sem falhas nem acidentes. Em relação ao esquema de ligação de lâmpadas de descarga de alta pressão, o circuito é mais complexo e sua ligação errada poderá causar danos aos componentes.

A seguir, são apresentados os esquemas de ligação usados para lâmpadas de vapor metálico e vapor de sódio com reator eletromagnético:

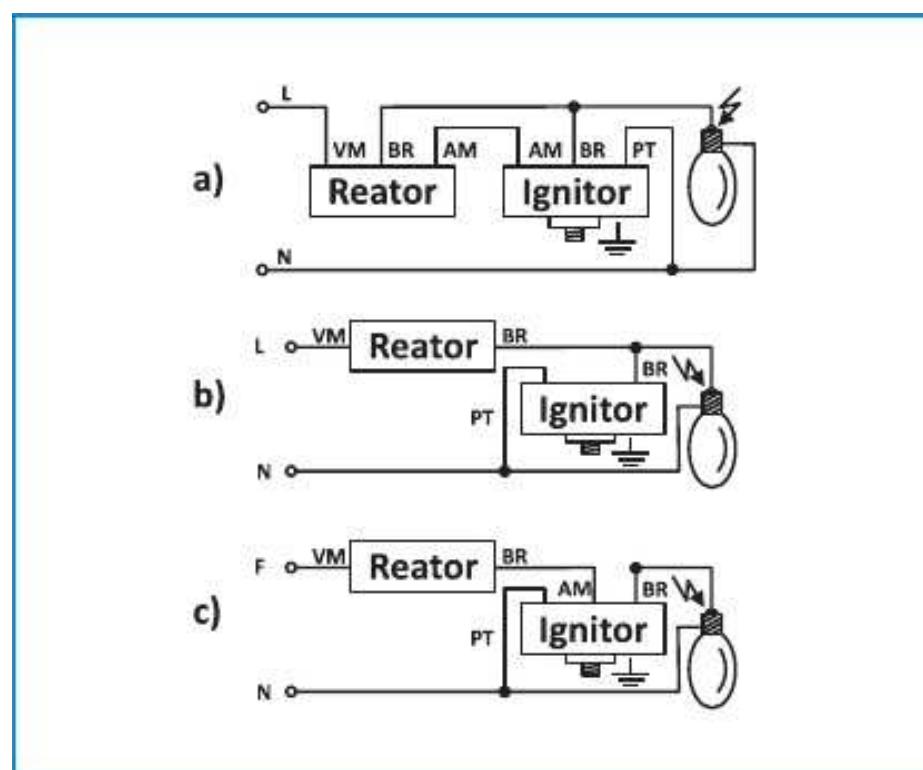


Figura 13 - Esquemas de ligação para lâmpadas de alta pressão, reator eletromagnético

Fonte: Philips (2008).

Ainda há a possibilidade de utilizar reatores eletrônicos, desde que a potência das lâmpadas seja inferior a 150 W. Veja o exemplo de ligação a seguir:

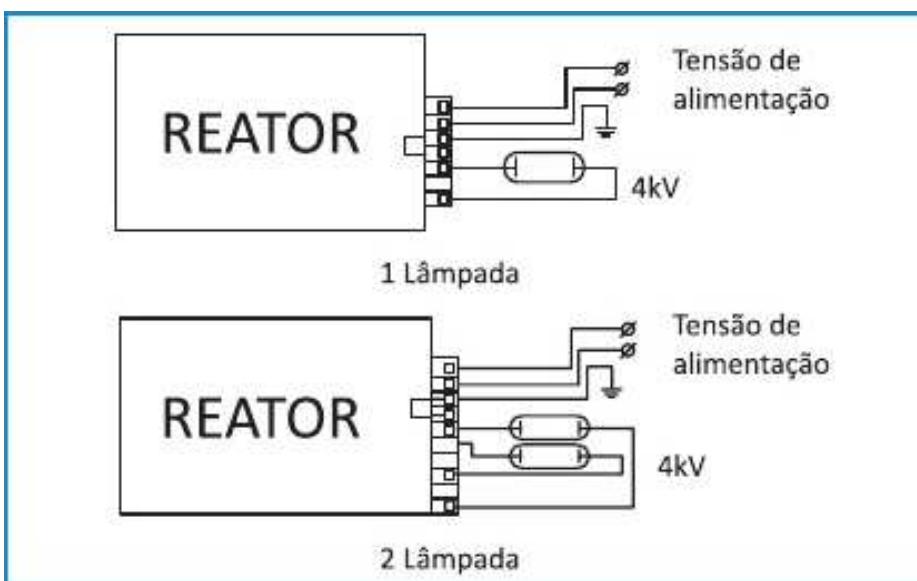


Figura 14 - Esquemas de ligação para lâmpadas de alta pressão, reator eletrônico.
Fonte: Philips (2008)

As lâmpadas de vapor de mercúrio, normalmente são ligadas com transformador e capacitor, para elevar o fator de potência. Veja o próximo esquema:

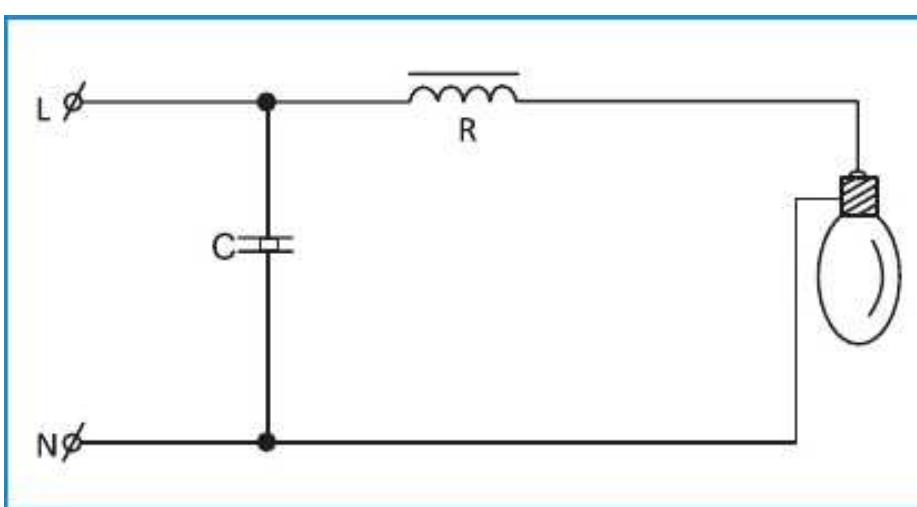


Figura 15 - Esquema de ligação para lâmpadas de alta pressão, reator eletrônico.
Fonte: Philips (2008)

DICA

Para outras informações sobre modelos, características e aplicações das lâmpadas, luminárias e componentes acessórios, você pode consultar os catálogos e informações técnicas de fabricantes nos sites <www.osram.com.br>, <www.philips.com.br>, <www.itaimiluminacao.com.br>, <www.intral.com.br> e <www.lumicenter.com.br>.

Na próxima unidade serão abordados os critérios para o dimensionamento de circuitos em relação a condutores, proteções, dutos e acessórios. Quanto à proteção, serão apresentadas informações referentes a dispositivos que servem para conservar a integridade dos elementos do circuito, como cabos, interruptores e tomadas e aqueles que visam proteger a vida. Além disso, serão tratadas informações referentes ao sistema de distribuição de energia e aterramento.



Unidade de estudo 3

Seções de estudo

- Seção 1 – Sistema de distribuição de energia**
- Seção 2 – Condutores e proteção da instalação**
- Seção 3 – Proteções para equipamentos e pessoas**
- Seção 4 – Seleção de dutos**

Dimensionamento de Materiais

Na primeira seção, você estudará como deve ser feita a distribuição de energia numa instalação elétrica, as características relevantes nessa distribuição, assim como os níveis de tensão, os esquemas de suprimento de energia, de aterramento e os métodos de instalação de condutores.

SEÇÃO 1

Sistema de distribuição de energia

Em uma instalação elétrica industrial, o projetista deve definir como será feita a distribuição de energia, para tanto, deverá identificar as características da rede de distribuição fornecida pela Concessionária, conhecer a carga instalada, o leiaute das máquinas e o tipo de aterramento pertinente a instalação elétrica da indústria (WALENIA, 2008, p. 25).

A alimentação de uma máquina ou equipamento industrial é monofásica ou trifásica, dependendo de sua finalidade, além do número de fases, pode-se ainda variar o valor da tensão aplicada à máquina (WALENIA, 2008, p. 26).

Os níveis de tensão são classificados como segue na tabela:

Tabela 10 - Níveis de tensão

Categoria	Tensões padronizadas	Outras tensões existentes	Utilização
Extra Alta Tensão $V_n \geq 500\text{kV}$	750kV 500kV	1000kV 800kV 600kV 550kV 440kV	Transmissão
Alta Tensão $34,5\text{kV} < V_n < 500\text{kV}$	230kV 138kV* 69kV	345kV 330kV 130kV 88kV 31,5kV 24kV 14,4kV 12,6kV 11kV 6,9kV 6,6kV 6,3kV 2,4kV 2,3kV 660V 500V	Subtransmissão
Média Tensão $1\text{kV} < V_n \leq 34,5\text{kV}$	34,5kV** 23kV 13,8kV 13,2kV 11,5kV 7,2kV 4,16kV	11kV 6,9kV 6,6kV 6,3kV 2,4kV 2,3kV 660V 500V	Distribuição Primária
Baixa Tensão $V_n \leq 1\text{kV}$ para corrente alternada $V_n \leq 1,5\text{kV}$ para corrente contínua	600V 550V 480V 380V 220V 127V	460V 440V 254V 230V 130V 120V 115V 110V	Distribuição Secundária

Fonte: Walenia (2008, p. 28)

Notas:

V_n → Tensão nominal da rede.

(*) → A tensão de 138kV pode ser de subtransmissão, dependendo da rede instalada.

(**) → A tensão de 34,5kV pode ser de subtransmissão ou de distribuição, dependendo da concessionária e do tipo de rede instalada.

Quanto ao Alimentador de Energia de uma Indústria, este irá ser dimensionado conforme a carga instalada da Edificação. O fornecimento de energia elétrica poderá ser efetuado pela concessionária em baixa ou até mesmo em alta tensão.

O fornecimento de energia elétrica será em alta tensão se apresentar pelo menos uma das seguintes características (CELESC, 2001, p. 6):

Na maioria das indústrias, a distribuição de energia elétrica é feita em baixa tensão. Em Santa Catarina, a CELESC efetua a distribuição em baixa tensão adotando 380V (tensão entre fases) e 220V (tensão entre fase e neutro).

- Carga instalada superior a 75kW;
- Motor monofásico, alimentado em 220V, com potência superior a 3CV;
- Motor monofásico, alimentado em 380V, com potência superior a 5CV;
- Motor de indução trifásico, com rotor em curto-círcuito, alimentado em 380V, com potência superior a 30CV;
- Máquina de solda, tipo motor gerador, com potência superior a 30CV;
- “Máquina de solda a transformador, alimentada em 380V, duas ou três fases, ligação V-V invertida (delta aberto delta-aberto invertido) com potência superior a 15kVA;
- Máquina de solda a transformador, alimentada em 380V, três fases, retificação em ponte trifásica, com potência superior a 30kVA”;
- Motor monofásico, alimentado, em 440V, com potência superior a 10CV;
- Máquina de solda alimentada em 220V, com potência superior a 5kVA;
- Máquina de solda a transformador alimentada em 380V, duas fases, com potência superior a 8,7kVA;
- Aparelho de raio-x e outros, que a CELESC julgar conveniente não serem ligados em tensão secundária;
- Eventualmente poderão ser alimentadas potências inferiores ou superiores aos limites acima, quando as condições técnico-econômicas do sistema elétrico o exigirem.

A seguir, são apresentados esquemas de suprimento de energia em alta e baixa tensão (MOURA, 2006, p. 5):

Tipo de suprimento de energia	Esquema de ligação
<p>Sistema Primário Radial Simples: O suprimento é distribuído radialmente em alta tensão para cada setor.</p>	
<p>Sistema Primário Radial com recurso: O suprimento é distribuído em alta tensão para cada setor, formando um anel.</p>	
<p>Sistema Secundário: O suprimento é distribuído em baixa tensão, saindo radialmente para os quadros de distribuição.</p>	

Quadro 4 - Comparativo entre os tipos de suprimento de energia industriais

Fonte: Moura (2006, p. 5).

O sistema de aterramento é outro item extremamente importante para uma instalação elétrica.

Aterravar o sistema, ou seja, ligar um condutor (normalmente o neutro) à terra, possibilita a detecção de sobretensões em relação à terra. Além disso, fornece um caminho para a circulação de corrente, permitindo a detecção de curtos circuitos (entre os condutores vivos e a terra). Desta forma o aterramento é um aliado dos dispositivos de proteção contra sobretensões e sobrecorrentes (curto-circuito) (PROCOBRE, 2001, p. 3).

“O controle dessas tensões em relação à terra limita o esforço de tensão na isolação dos condutores, diminui as interferências eletromagnéticas e permite a redução dos perigos de choque para as pessoas que poderiam entrar em contato com os condutores vivos” (PROCOBRE, 2001, p. 3).

A norma brasileira NBR5410:2004 estabelece os esquemas de aterramento a serem aplicados em uma instalação elétrica. Esses esquemas são listados a seguir:

- TN-S;
- TN-C-S;
- TN-C;
- TT;
- IT.

Nesses esquemas, a primeira letra indica a situação da alimentação em relação à terra (T → ligado à terra e I → isolado), a segunda letra indica a situação das massas em relação à terra (N → massas ligadas ao neutro e T → massa ligadas diretamente à terra) e outras letras, se houver, indicam a relação entre condutores neutro e terra (S → separados e C → combinados) (WALENIA, 2008, p. 30).

O quadro seguinte relaciona as características desses esquemas:

Esquema de Aterramento	Características	Representação
TN-S	<p>O condutor neutro e de proteção são interligados no aterramento da alimentação, depois seguem distintos. É necessário o uso de disjuntores e de DR's para a respectiva proteção da instalação e de pessoas. É usado na maioria das instalações elétricas. Onde é efetuada a equipotencialização na entrada de energia elétrica.</p>	
TN-C	<p>Apenas um condutor é usado para atender as duas funções: neutro e proteção (PEN). Não é recomendado em circuitos com condutor de seção inferior a 10mm², nem para a ligação de equipamentos portáteis. Necessita de uma equipotencialização bem feita dentro da instalação elétrica para evitar queima de equipamentos. É usado em instalações onde se torna inviável a passagem de mais um condutor. DR's não devem se usados.</p>	
TN-C-S	<p>O condutor PEN inicia (na alimentação) no modo TN-C e depois se transforma em TN-S (para a distribuição). Recomenda-se realizar uma equipotencialização bem feita. Este esquema é utilizado em locais onde o condutor de proteção é necessário e de difícil acesso (longa distância).</p>	
TT	<p>“O neutro da fonte é ligado diretamente à terra, estando as massas da instalação ligadas a um eletrodo de aterramento independente do eletrodo da fonte.” No caso de um curto entre fase e massa, o fluxo de corrente é baixo para a atuação de disjuntores, porém é recomendado o uso de DR's para a proteção de pessoas. É utilizado em casos onde há grandes distâncias entre o ponto de aterramento da alimentação e a carga.</p>	
IT	<p>“Limita-se a corrente de falta a um valor desejado, de forma a permitir que uma primeira falta desligue o sistema”. Não é necessário o uso de DR's. Uma impedância elevada pode ser instalada entre neutro e terra ou simplesmente o neutro pode permanecer isolado do aterramento. É utilizado em casos onde uma primeira falha no sistema não possa desligar imediatamente a alimentação, interrompendo processos importantes.</p>	

Quadro 5 - Características dos esquemas de aterramento

Fontes: ABNT (2004, p. 15); Procobre (2001, p. 18); Walenia (2008, p. 30).

Outras considerações:

Os Esquemas TT e IT ainda podem apresentar aterramentos auxiliares (com eletrodos individualizados) para cada máquina.

DICA

Para mais informações sobre as características dos esquemas de aterramento, consulte a norma NBR5410: 2004, na página 12.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2004. vii, 208 p.

Equipotencialização, como o próprio nome sugere, é a interligação em um mesmo ponto, de todos os condutores destinados à proteção de equipamentos de informação, destinados contra choques, contra descargas atmosféricas, contra sobretensões e contra descargas eletrostáticas.

A próxima figura resume o papel de um barramento equipotencial.

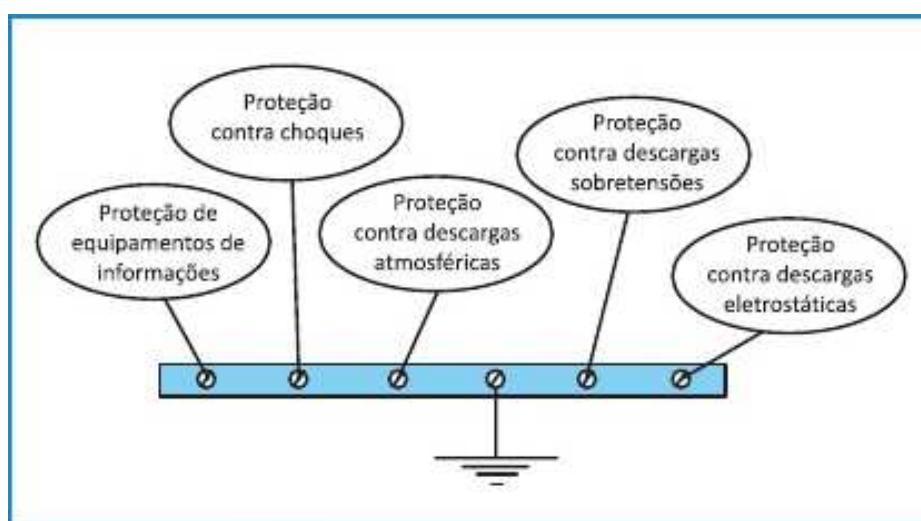


Figura 16 - Resumo da funcionalidade de um barramento equipotencial

Fonte: PROCOBRE (2001, p. 12).

Outro aspecto que possui relevância em relação a uma instalação elétrica, é o conhecimento do leiaute das máquinas ao longo da planta da fábrica. Esta informação é crucial para determinar o tipo de passagem de dutos e consequentemente, influencia no dimensionamento de materiais como dutos, caixas de passagem e condutores.

Os principais métodos de instalação de cabos, são relacionados no quadro:

Método de Instalação	Descrição
Eletroduto Embutido	É usado em edificações com pouca alteração de leiaute. Não prejudica a estética do ambiente de trabalho pois os dutos estão embutidos em paredes, os condutores devem ser isolados e apresentar proteção anti-chama. Os dutos normalmente apresentam secção circular, em PVC.
Eletroduto Aparente	É bastante aplicado em indústrias, devido a sua flexibilidade de adaptação a alterações no leiaute da fábrica. Os dutos são rígidos e fixados externamente com o uso de braçadeiras plásticas ou metálicas. Os condutores são isolados.
Eletroduto Enterrado	É aplicado em interligações de áreas externas. São cavadas valas no solo por onde que devem passar estes dutos. Os condutores devem ser do tipo unipolares.
Condutores Diretamente Enterrados	São usados em interligações de áreas externas. Deve-se tomar o cuidado de verificar a qualidade de emendas e se há presença de água nestas emendas.
Eletrocalhas	São bastante empregadas em ambientes industriais. Apresentam-se em dois tipos: perfuradas e lisas. Podem ser instaladas em paredes em altura alta ou em teto em elementos de fixação pendentes. Obrigatoriamente devem ser fechadas após a passagem de cabos.
Bandejas	São eletrocalhas sem tampa, que podem ser instaladas nas mesmas condições de uma eletrocalha.
Perfilados Leitos e escada para cabos	São montagens aparentes, rápidas e semelhantes as bandejas.
Canaleta Enterrada	São bastante usados em instalações elétricas industriais.
Canaleta Aparente	São recomendadas quando é necessário passar grandes quantidades de cabos.
Instalação ao ar livre	São montagens rápidas, de tempo fixado destinadas a circuitos de baixa potência.
	Podem ser feitas de material plástico ou metálico.
	Normalmente é realizada de maneira aérea em posição alta. Os cabos são isolados da edificação através de isoladores roldana.

Quadro 6 - Relação dos métodos de instalação de condutores

Fonte: Walenia (2008, p. 35).

SEÇÃO 2

Condutores e proteção da instalação

Nesta seção, você estudará os condutores e sua atuação na proteção da instalação e funcionamento do circuito elétrico.

"O dimensionamento de um condutor deve ser precedido de uma análise detalhada de sua instalação e da carga a ser suprida. Um condutor mal dimensionado, além de implicar a operação inadequada da carga, representa um elevado risco de incêndio para o patrimônio, principalmente quando associado um deficiente projeto de proteção." (MOURA, 2006, p. 8).

O dimensionamento de condutores, elementos de proteção e dutos não podem ser calculados separadamente, pois estão intimamente relacionados: não é possível especificar um elemento de proteção, como exemplo, um disjuntor de 30A para um cabo de seção 1,5mm² que possui capacidade de condução inferior a 15A! Nem dimensionar um duto de diâmetro 3/4" para a passagem de 5 cabos de seção 10mm².

O objetivo principal na definição da seção de um condutor, é garantir durante o funcionamento de um circuito elétrico que esse condutor atenda simultaneamente (LIMA, 2006, p. 109) todas as condições de:

- A - Limite de temperatura, determinado pela capacidade de condução de corrente;
- B - Limite de queda de tensão;
- C - Seção mínima para condutor;
- D - Capacidade dos dispositivos de proteção contra sobrecarga;
- E - Capacidade de condução da corrente de curto-círcito por tempo limitado.

DICA

A seção do condutor a ser escolhida será aquela que apresentar o maior valor dentre os cálculos das etapas de A a E.

A – Cálculo do condutor pelo critério de capacidade de corrente:

Quanto à capacidade de condução de corrente, é necessário obter as seguintes informações:

1. Tipo de Isolação dos condutores;
2. Maneira de instalar o circuito;
3. Corrente do circuito (corrente de projeto);
4. Número de condutores carregados do circuito;
5. Fatores de correção da corrente de projeto.

1 – Tipo de isolação dos condutores:

O limite de temperatura está relacionado ao material de isolação do condutor.

A seguir, são relacionados os materiais usados na isolação de cabos e seus respectivos limites de temperatura.

Tabela 11 - Características térmicas das capas de isolação dos condutores

Tipo de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor °C)	Temperatura limite de sobrecarga (condutor °C)	Temperatura limite de curto-círcuito (condutor °C)
Policloreto de vinila (PVC) até 300mm ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: ABNT (2004, p. 100).

→ 2 – Maneira de instalar o circuito:

Os principais métodos de instalação são citados a seguir:

Método de Instalação	Descrição
A1	Condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante.
A2	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante.
B1	Condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
B2	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira.
C	Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira.
D	Cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo.
E	Cabo multipolar ao ar livre.
F	Cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre.
G	Cabos unipolares espaçados ao ar livre.

Quadro 7 - Relação dos métodos de referência

Fonte: ABNT (2004, p. 99).

→ 3 – Corrente do circuito (corrente de projeto):

A corrente de projeto é calculada de acordo com o tipo de circuito. Para circuitos monofásicos, segue a fórmula:

$$I_p = (P_n) / (V \times \cos\phi \times \eta)$$

Onde:

I_p → Corrente de Projeto, em Ampères (A).

P_n → Potência nominal do circuito, em watts (W).

V → Tensão, em volts (V).

$\cos\phi$ → Fator de Potência

η → Rendimento (relação adimensional entre Potência Mecânica e Potência Elétrica)

Fórmula – Corrente em circuitos monofásicos

Fonte: LIMA (2006, p. 115).

Na fórmula anterior, para circuitos monofásicos o valor da tensão V corresponde a tensão entre fase e neutro, já para circuitos bifásicos, o valor da tensão V, corresponde ao valor da tensão entre fases (LIMA, 2006, p. 115).

Para circuitos trifásicos, com fase e neutro, segue a fórmula (o valor da tensão V corresponde à tensão entre fases).

$$I_p = (P_n) / (3 \times V \times \cos\phi \times \eta)$$

Fórmula – Corrente em circuitos trifásicos

Fonte: LIMA (2006, p. 115).

Para circuitos trifásicos equilibrados (ou seja, que não há fluxo de corrente pelo neutro), o valor da corrente de projeto é calculado a partir da fórmula abaixo (o valor da tensão V corresponde à tensão entre fases).

$$I_p = (P_n) / (\sqrt{3} \times V \times \cos\phi \times \eta)$$

Fórmula: Corrente em circuitos trifásicos

Fonte: LIMA (2006, p. 115)

→ 4 – Número de condutores carregados do circuito:

No caso de circuitos monofásicos e bifásicos, existem 2 condutores carregados, para circuitos trifásicos, deve-se considerar 3 condutores carregados.

→ 5 – Fatores de correção da corrente de projeto:

A corrente de projeto corrigida é calculadas pela fórmula a seguir:

$$I_{pc} = (I_p) / (FCT \times FCA \times FCRS)$$

Onde:

I_{pc} → Corrente de Projeto Corrigida.

I_p → Corrente de Projeto Calculada

FCT → Fator de Correção de Temperatura.

FCA → Fator de Correção de Agrupamento.

FCRS → Fator de Correção de Resistividade do Solo.

Fórmula: Cálculo da corrente corrigida.

Fonte: LIMA (2006, p. 115).

O fator de correção de temperatura (FCT) será diferente de 1 quando a temperatura ambiente for diferente de 30°C para linhas não subterrâneas e quando a temperatura do solo for diferente de 20°C para linhas subterrâneas (ABNT, 2004, p. 106). Veja a tabela a seguir:

Tabela 12 - Fatores de Correção de Temperatura

Temperatura °C	Isolação		Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE	PVC	EPR ou XLPE
	Ambiente	Do solo		
10	1,22	1,15	1,10	1,07
15	1,17	1,12	1,05	1,04
20	1,12	1,08	0,95	0,96
25	1,06	1,04	0,89	0,93
35	0,94	0,96	0,84	0,89
40	0,87	0,91	0,77	0,85
45	0,79	0,87	0,71	0,80
50	0,71	0,82	0,63	0,76
55	0,61	0,76	0,55	0,71
60	0,50	0,71	0,45	0,65
65	-	0,65	-	0,60
70	-	0,58	-	0,53
75	-	0,50	-	0,46
80	-	0,41	-	0,38

Fonte: ABNT (2004, p. 106)

O fator de correção de agrupamento (FCA) para condutores depende do método de referência, se os circuitos agrupados são semelhantes e a maneira como serão alojados no duto ou fora dele.

A próxima tabela fornece os valores de correção de agrupamento em situação que os circuitos são alojados em feixes (em linha):

Tabela 13 - Alguns fatores de correção de agrupamento para condutores em feixe

Ref.	Forma de Agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares								Métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	A até F
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	C
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	E e F
5	Camada única sobre leito, suporte, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	

Fonte: ABNT (2004, p. 108).

DICA

Para consultar agrupamentos superiores a 8 circuitos, consulte a NBR5410/2004, Tabela 42.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2004. vii, 208 p.

A tabela anterior somente poderá ser aplicada sob as seguintes observações:

- Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.

- Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.

Se os condutores estiverem alojados em mais de uma camada e seguirem os métodos de referência C, E e F, então será interessante utilizar a seguinte tabela:

Tabela 14 - Fatores de correção de agrupamento para condutores alojados em camada

		Quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada				
		2	3	4 ou 5	6 a 8	9 e mais
Quantidade de camadas	2	0,68	0,62	0,60	0,58	0,56
	3	0,62	0,57	0,55	0,53	0,51
	4 ou 5	0,60	0,55	0,52	0,51	0,49
	6 a 8	0,58	0,53	0,51	0,49	0,48
	9 e mais	0,56	0,51	0,49	0,48	0,46

Fonte: ABNT (2004, p. 109).

DICA

Os fatores de correção de agrupamento para condutores alojados em camadas são válidos independentemente da disposição da camada, se horizontal ou vertical.

Os fatores de agrupamento mostrados nas tabelas anteriores só poderão ser utilizados quando se tratar de condutores semelhantes e igualmente carregados.

"São considerados condutores semelhantes aqueles cujas capacidades de condução de corrente baseiam-se na mesma temperatura máxima para serviço contínuo e cujas seções nominais estão contidas no intervalo de três seções normatizadas sucessivas" (ABNT, 2004, p. 111).

Quando não for possível utilizar as tabelas anteriores para determinação do fator de correção de agrupamento, então, poder-se-á aplicar a fórmula a seguir:

$$FCA = 1 / \sqrt{n}$$

Onde:

FCA → Fator de correção de agrupamento
n → número de circuitos ou de cabos multipolares

Fórmula – Fator de correção de agrupamento para condutores não semelhantes

Fonte: ABNT (2004, p. 111).

Quanto ao fator de correção de resistividade do solo (FCRS), este será diferente de 1 quando a instalação for subterrânea e a resistividade térmica do solo for diferente de 2,5K.m/W, a tabela seguinte foi retirada da NBR5410/2004 e mostra os valores de correção:

Tabela 15 - Fatores de correção de resistividade do solo

Resistividade térmica K.m/W	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,1	1,05	0,96

NOTAS

1 Os fatores de correção dados são valores médios para as seções nominais abrangidas nas tabelas 36 e 37, com uma dispersão geralmente inferior a 5%.

2 Os fatores de correção são aplicáveis a cabos em eletrodutos enterrados a uma profundidade de até 0,8m.

3 Os fatores de correção para cabos diretamente enterrados são mais elevados para resistividades térmicas inferiores a 2,5 km/W e podem ser calculados pelos métodos indicados na ABNT NBR 11301.

Fonte: ABNT (2004, p. 107).

A informação da quantidade de condutores carregados, juntamente com o método de instalação e a corrente de projeto possibilitaram que a seção nominal dos condutores seja encontrada por meio de tabelas, como a mostrada a seguir, disponíveis na norma NBR5410/2004.

Tabela 16 - Capacidade de condução de corrente para métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D para secções de 0,5 até 50mm² de condutores de cobre

Seções Nominais mm ²	Condutores com isolação de PVC											
	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
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122

Fonte: ABNT (2004, p. 101).

➤ B – Cálculo do condutor pelo critério do limite de queda de tensão:

“A queda de tensão nos circuitos alimentadores e terminais (pontos de utilização) de uma instalação elétrica produz efeitos que podem levar os equipamentos à redução da vida útil a sua queima” (CAVALIN, 2007, p. 251).

Os limites de queda de tensão a serem obedecidos devem seguir a prescrição da NBR5410/2004, como é relacionado no quadro:

Denominação	Percentual
A partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s).	7%
A partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado.	7%
A partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição.	5%
A partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.	7%
Queda de tensão nos circuitos terminais.	4%

Quadro 8 - Limites de queda de tensão aceitáveis

Fonte: ABNT (2004, p. 115).

Para se determinar a seção do condutor pelo critério de queda de tensão, será necessário obter as seguintes informações (LIMA, 2006, p. 134):

1. Método de referência para a instalação;
2. Material do eletroduto (magnético ou não magnético);
3. Número de condutores carregados no circuito;
4. Corrente de projeto (I_p);
5. Fator de potência do circuito;

6. Distância entre os pontos onde se fixou a queda de tensão (L);

7. Tipo de isolamento do condutor;

8. Tensão do circuito (V);

9. Queda de tensão admissível (e%).

A partir destes dados será possível encontrar o valor da queda de tensão unitária (dVu), em volts/ampère.km, com o uso da fórmula a seguir:

$$dVu = (e\% \times V) / (I_p \times L)$$

Fórmula: Queda de Tensão Unitária

Fonte: Lima (2006, p. 134)

Os fabricantes de condutores fornecem tabelas que relacionam a queda de tensão unitária com o fator de potência, tensão de isolamento do condutor, número de condutores carregados e se o eletroduto ou eletrocalha são de materiais magnéticos. A seguir, é apresentado um trecho de tabela para condutores Pirastic (isolamento 750V em PVC):

Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de $0,1\text{mm}^2$. Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de $0,1\text{mm}^2$.

Tabela 17 - Exemplos de queda de tensão em V/A.km

Seção nominal (mm^2)	Eletroduto e eletrocalha (material magnético)		Eletroduto e eletrocalha (material não-magnético)			
	Pirastic e Pirastic Flex		Pirastic e Pirastic Flex			
	Círculo monofásico e trifásico		Círculo monofásico		Círculo trifásico	
	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,0	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14
10	3,54	4,2	3,63	4,23	3,17	3,67
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09

Fonte: Graça (2005).

DICA

O cálculo pelo critério da queda de tensão serve apenas para uma única carga, sendo convencional seu uso em circuitos de distribuição de energia e circuitos de tomadas de uso específico que são instalados sem agrupamento de circuitos.

→ C – Definição da seção mínima para condutores:

Estas seções mínimas são justificadas devido a questões mecânicas. A seguir, são apresentadas as seções mínimas para condutores, conforme a aplicação:

Tabela 18 - Seção mínima dos condutores fase

Tipos de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu
		Circuitos de força	10 Cu 16 Al
	Condutores nus	Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu
Linhos flexíveis com cabos isolados			

Fonte: ABNT (2004, p. 113).

Para condutores neutros e de proteção, também são estipuladas tabelas, segundo a NBR5410/2004, que dependem da informação do condutor fase. A seguir, é apresentada a tabela da seção mínima do condutor neutro:

Tabela 19 - Seção reduzida do condutor neutro

Seção do condutor fase (mm^2)	Seção do condutor neutro (mm^2)
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Fonte: ABNT (2004, p. 115).

A seção do condutor neutro em circuitos trifásicos só poderá ser inferior à bitola do condutor fase quando: “- a soma das potências absorvidas pelos equipamentos, alimentados em cada fase e neutro, não deve ser superior a 10% da potência total transportada (corrente neutro $< 10\%$ corrente-fase); - a máxima corrente que circula pelo condutor neutro, incluindo harmônicos, não deve ser superior à capacidade de condução de corrente do condutor neutro reduzido” (WALENIA, 2006, p. 246).

Quanto ao condutor de proteção, a NBR5410/2004 especifica que poderá ser dimensionado como mostrado na tabela:

Tabela 20 - Seção mínima do condutor de proteção

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

Fonte: ABNT (2004, p. 150).

Assim como para o condutor neutro, esta tabela somente será válida quando o valor da seção do condutor de proteção for maior que o estabelecido pela seguinte equação:

$$S = \sqrt{I^2 \times t} / K$$

Onde:

- S → Seção mínima do condutor de proteção;
- I → Valor eficaz da corrente de falta;
- t → Tempo de atuação do dispositivo de proteção (deve ser inferior a 5s);
- K → fator do material (ABNT, 2004, p. 148).
- D – Cálculo da seção do condutor e da corrente de proteção pelo critério da Capacidade dos Dispositivos de Proteção contra sobrecarga.

Observações:

"A condição ($I_2 \leq 1,45 \times I_z$) só é aplicável quando $I_{nop} > I_z$, manter a temperatura limite de sobrecarga por um tempo menor do que 100h em 12 meses ou por 500h durante toda a vida útil do cabo. Caso isto não possa ser garantido, deve-se considerar: $I_2 < I_z$ " (WALENIA, 2006, p. 238).

Fórmula: Cálculo da seção mínima do condutor de proteção.

Fonte: ABNT (2004, p. 147).

"O condutor não pode ser dito corretamente dimensionado até que seja verificada a sua proteção. Apenas para ilustrar, de maneira simples e objetiva, na proteção de um condutor pode ser utilizado um disjuntor cujo valor de corrente nominal (I_n) esteja compreendido entre o valor da corrente de projeto (I_p) e o valor da capacidade máxima de corrente do condutor (I_z) nas condições especificadas" (WALENIA, 2006, p. 224).

"A corrente convencional de atuação do dispositivo de proteção pode ser obtida nas tabelas seguintes" (WALENIA, 2006, p. 238):

Em outras palavras:

$$\begin{aligned} I_p &\leq I_{nop} \leq I_z \\ I_z &= I_z' \times FC \\ FC &= FCT \times FCA \times FC_{RS} \\ I_2 &\leq 1,45 \times I_z \end{aligned}$$

Onde:

- I_p → Corrente de projeto calculada
- I_z → Capacidade da máxima corrente do condutor
- I_{nop} → Corrente nominal de operação do Elemento de proteção
- I_z' → Corrente de projeto limite em função da seção do condutor
- FC → Fatores de correção
- FCT → Fator de correção de temperatura (se houver)
- FCA → Fator de correção de agrupamento (se houver)
- FCRS → Fator de correção de resistividade do solo (se houver)
- I_2 → Corrente convencional de atuação

Fórmulas: Cálculo da corrente de proteção.

Fonte: Walenia (2006, p. 224).

Tabela 21 - Corrente convencional de atuação para disjuntores termomagnéticos – norma NBR IEC 60898

Corrente nominal (In)	Corrente convencional de não-atuação	Corrente convencional de atuação (I2)	Tempo convencional
In <= 63 A	1,13 x In	1,45 x In	1h
In > 63 A	1,13 x In	1,45 x In	2h

Fonte: WALENIA (2006, p. 238).

Tabela 22 - Corrente convencional de atuação para disjuntores termomagnéticos – norma NBR IEC 60947-2

Corrente de ajuste (In)	Corrente convencional de não-atuação	Corrente convencional de atuação (I2)	Tempo convencional
In <= 63 ^a	1,05 x In	1,30 x In	1h
In > 63 ^a	1,05 x In	1,30 x In	2h

Fonte: WALENIA (2006, p. 239).

Tabela 23 - Corrente convencional de atuação para fusíveis tipo NH – norma NBR 11841

Corrente Nominal (In)	Tempo Convencional	Corrente de não-fusão	Corrente de fusão
4A < In < 16 ^a	1h	1,5 x In	1,9 x In
16A <= In <= 63A	1h	1,25 x In	1,6 x In
63A < In <= 160A	2h	1,25 x In	1,6 x In
60A < In <= 400	3h	1,25 x In	1,6 x In
400A < In	4h	1,25 x In	1,6 x In

Fonte: WALENIA (2006, p. 239).

Não se deve usar apenas dispositivos de proteção baseados em fusíveis para proteção contra sobrecarga. Deve-se utilizar dispositivos que garantam a proteção integral do cabo (WALENIA, 2006, p. 239).

E – Cálculo da seção do condutor e do elemento de proteção em função da Capacidade de Condução da Corrente de Curto-Círcuito por tempo limitado:

“Em qualquer instalação deverão ser previstos dispositivos de proteção que garantam a interrupção da corrente de curto-círcito antes que esta corrente cause problemas aos condutores e às instalações” (WALENIA, 2008, p. 240).

A corrente de curto circuito pode causar (WALENIA, 2008, p. 240):

- Aquecimento de cabos e outros componentes, acima da temperatura limite, provocando danos a isolamento.
- Quebra de isoladores, barras, fixações etc.

O critério de curto circuito é extremamente importante para instalações industriais, principalmente para aquelas que possuem subestações e grupos geradores de energia. Sistemas de proteção não prevendo a corrente de curto circuito, nestes casos, podem causar danos irreparáveis à Instalação Elétrica (WALENIA, 2008, p. 240).

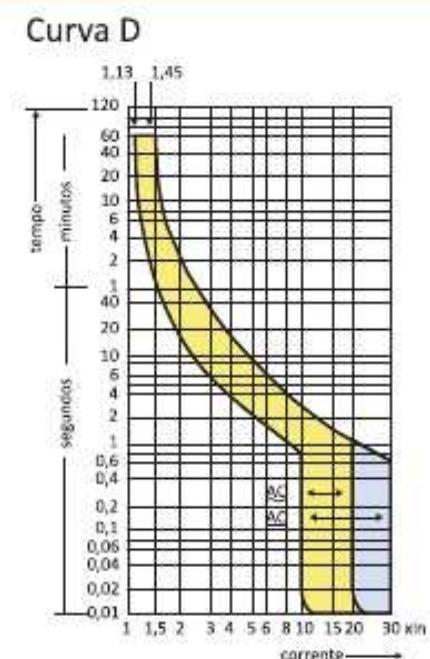
A seguir, são apresentados exemplos de curvas de disparo para disjuntores industriais:

Tabela 24 - Características das curvas de proteção para disjuntores

Características	Atuação do disparador magnético ($\frac{I}{I_n}$)	Exemplo de gráfico
Curva B: para proteção de circuitos que alimentam cargas com características predominantemente resistivas, como estufas, fornos, aquecedores de líquidos etc.	3 a 5	<p>Curva B</p>
Curva C: para proteção de circuitos que alimentam especificamente cargas de natureza indutiva que apresentam picos de corrente no momento da ligação, como compressores de pequeno porte, pequenos motores, ares condicionados.	5 a 10	<p>Curva C</p>

Curva D: para proteção de circuitos que alimentam cargas altamente indutivas que apresentam elevados picos de corrente no momento da ligação, como grandes motores e transformadores.

10 a 50



Fonte: Siemens (2008, p. 7); Walenia (2008, p. 241).

A área em amarelo representa a atuação em função do disparador térmico e a área em cinza representa a atuação do disparador magnético.

A próxima tabela é fornecida por um fabricante de condutores. Essa tabela foi dimensionada para condutores com capa de isolamento em PVC e relaciona à seção do condutor (linha horizontal) com a corrente de curto-circuito (linha vertical). Observe que a escolha da seção do condutor irá depender ainda do traço de tempo de curto-circuito (linha inclinada) especificada em ciclos de rede.

É fundamental que este tempo de curto-circuito seja o mesmo de atuação do dispositivo de proteção do circuito.

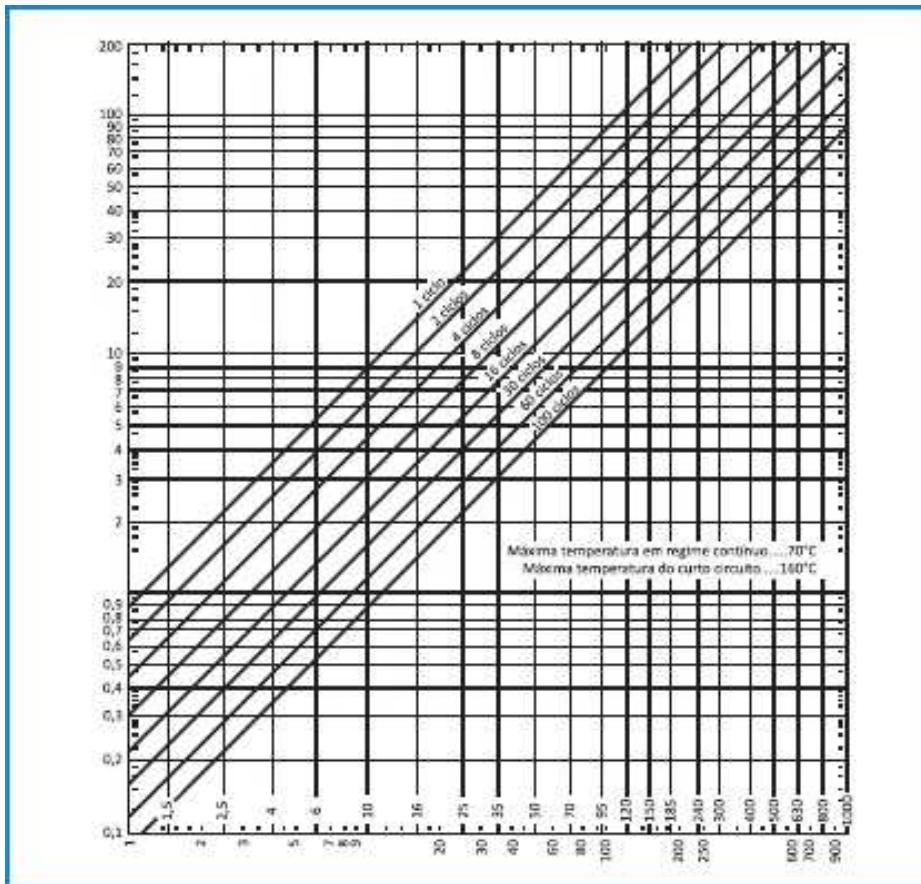


Figura 17 - Capacidade de curto-círcuito para condutores Pirastic e Sintenax

Fonte: Graça (2005).

O cálculo da corrente de curto-círcuito pode ser simplificado desde que sejam consideradas as seguintes situações (WALENIA, 2008, p. 249):

- Despreza-se a impedância da concessionária e a impedância do circuito de a Alta tensão que alimenta o transformador;
- Despreza-se a impedância interna dos dispositivos de comando;
- Desconsidera-se a contribuição de motores e geradores em funcionamento;
- O nível de curto-círcuito é calculado pela falta trifásica simétrica (situação mais desfavorável);
- Despreza-se a resistência de contato.

Este cálculo da corrente de curto-círcuito utiliza as tabelas e a fórmula apresentadas a seguir:

Tabela 25 - Correntes de curto-círcuito presumidas no secundário de transformadores trifásicos

Potência do transformador (kVA)	Icc (kA)	
	127/220V	220/380V
15	1,12	0,65
30	2,25	1,30
45	3,37	1,95
75	5,62	3,25
112,5	8,44	4,88
150	11,25	6,51
225	13,12	7,59
300	17,50	10,12
500	26,24	15,19
750	39,36	22,78
1000	52,49	30,37

Fonte: Walenia (2008, p. 250).

Função dos DR pela sensibilidade de corrente:

Proteção contra contato direto: 30mA

Contato direto com partes energizadas pode ocasionar fuga de corrente elétrica, através do corpo humano, para terra.

Proteção contra contato indireto: 100mA a 300mA

No caso de uma falta interna em algum equipamento ou falha na isolação, peças de metal podem tornar-se “vivas” (energizadas).

Proteção contra incêndio: 500mA

Correntes para terra com este valor podem gerar arcos / faíscas e provocar incêndios.

Tabela 26 - Fatores de potência para correntes de curto-circuito

Icc (kA)	1,5 a 3	3,1 a 4,5	4,6 a 6,0	6,1 a 10,0	10,1 a 20,0	Acima de 20
Cos φ	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,25

Fonte: Walenia (2008, p. 251).

$$I_{cc2} = \frac{(22)}{\sqrt{(484/I_{cc1}^2)}} + \frac{((100 \times FP \times L)}{(I_{cc1} \times S)} + \frac{(5 \times L^2 / S^2)}$$

Fórmula: Cálculo da corrente de curto-circuito na jusante em circuitos alimentados em 380 V (fase-fase).

$$I_{cc2} = \frac{(12,7)}{\sqrt{(162/I_{cc1}^2)}} + \frac{((57 \times FP \times L)}{(I_{cc1} \times S)} + \frac{(5 \times L^2 / S^2)}$$

Fórmula: Cálculo da corrente de curto-circuito na jusante em circuitos alimentados em 380 V (fase-fase).

Fonte: Walenia (2008, p. 250).

Onde:

I_{cc2} → Corrente de curto circuito presumida (jusante)

I_{cc1} → Corrente de curto circuito no transformador (montante)

S → Seção do condutor

L → Afastamento entre o montante e a jusante do circuito

FP → Fator de Potência

Este cálculo da corrente de curto-circuito permite que sejam dimensionados os dispositivos de proteção adotando critérios de seletividade, instalando dispositivos de proteção com valor de corrente de curto-circuito decrescentes para um mesmo tempo, à medida que a proteção segue em direção à jusante do circuito.

Dentre os muitos conceitos aprendidos da segunda seção, você pode conhecer: tipo de Isolação dos condutores, maneira de instalar o circuito, corrente do circuito (Corrente de Projeto), número de Condutores carregados do circuito, 5 de correção da corrente de projeto e diversos cálculos de corrente de curto-circuito.

Na próxima seção, serão os equipamentos que atuam na proteção de motores, de incêndio, contatos diretos e indiretos.

SEÇÃO 3

Proteções para equipamentos e pessoas

Outra parte do dimensionamento de sistemas de proteção visa a segurança de equipamentos e pessoas. Neste caso, tratam-se de equipamentos dos motores das máquinas, responsáveis pelo seu funcionamento.

A proteção de motores objetiva detectar o aumento de temperatura e evitar que as bobinas internas do motor sofram danos que inutilizem o funcionamento do motor.

A seguir, são relacionados os principais sensores térmicos usados na proteção de motores:

	Termoresistor	Termistor (PTC e NTC)	Termostato	Protetor térmico
Mecanismo de proteção	Resistência calibrada	Resistor de avalanche	- Contatos móveis; - Bimetálicos - Inserido no circuito; - Cabeça de bobina. - Atuação direta;	Contatos móveis
Disposição	Cabeça de bobina	Cabeça de bobina	- Comando externo de atuação na proteção. - Corrente de comando	Inserido no circuito
Forma de Atuação	Comando externo de atuação na proteção	Comando externo de atuação na proteção	- Comando externo de atuação na proteção. - Corrente do motor; - Corrente do comando.	Atuação direta
Limitação de Corrente	Corrente de comando	Corrente de comando	Corrente do motor; Corrente e temperatura	Corrente do motor
Tipo de Sensibilidade	Temperatura	Temperatura	Corrente e temperatura	Corrente e temperatura
Número de unidades por motor	3 ou 6	3 ou 6	3 ou 6 1 ou 3	1
Tipos de comando	Alarme e/ou desligamento	Alarme e/ou desligamento	- Desligamento - Alarme e/ou desligamento	Desligamento

Quadro 9 - Comparativo entre os sistemas de ligação mais comuns em motores

Fonte: WEG (2004, p. D-26).

Quando estes motores são ligados na instalação elétrica da indústria, são usadas proteções externas ao motor como: fusíveis, disjuntores e comandos a partir de sensores térmicos. Dependendo de seu regime de operação e de seu acionamento, poderá ocorrer, mesmo assim, sobreaquecimento. A tabela a seguir, relaciona as causas de sobreaquecimento de motores:

Tabela 27 - Comparativo entre os sistemas de proteção para motores

Causas de sobreaquecimento	Proteção em função da corrente		Proteção com sondas térmicas no motor
	Só fusível ou disjuntor	Fusível e protetor térmico	
Sobrecarga com corrente 1.2 x a corrente nominal	0	2	2
Regimes de carga S1 a S10	0	1	2
Frenagens reversões e funcionamento com partidas frequentes	0	1	2
Funcionamento com mais de 15 partidas por hora	0	1	2
Rotor bloqueado	1	1	2
Falta de fase	0	1	2
Variação de tensão excessiva	0	2	2
Variação de frequência na rede	0	2	2
Temperatura ambiente excessiva	0	0	2
Aquecimento externo provocado por rolamentos, correias, polias etc	0	0	2
Obstrução da ventilação	0	0	2

Legenda:

0 → Não Protegido

1 → Semi-protégido

2 → Totalmente protegido

Fonte: WEG (2004, p. D-26).

DICA

“O regime de serviço ou regime de carga, é o grau de regularidade da carga a que o motor é submetido. Motores normais são projetados para regime contínuo (a carga constante), por tempo indefinido, e igual à potência nominal do motor” (WEG, 2004, p. D-26).

A seleção de fusíveis, do tipo D ou NH para proteção de motores, segue o mesmo padrão como para a seleção de um disjuntor, contudo, deve-se também considerar a influência da corrente de partida do motor. A seguir, é apresentado um exemplo de curvas para fusíveis do tipo D:

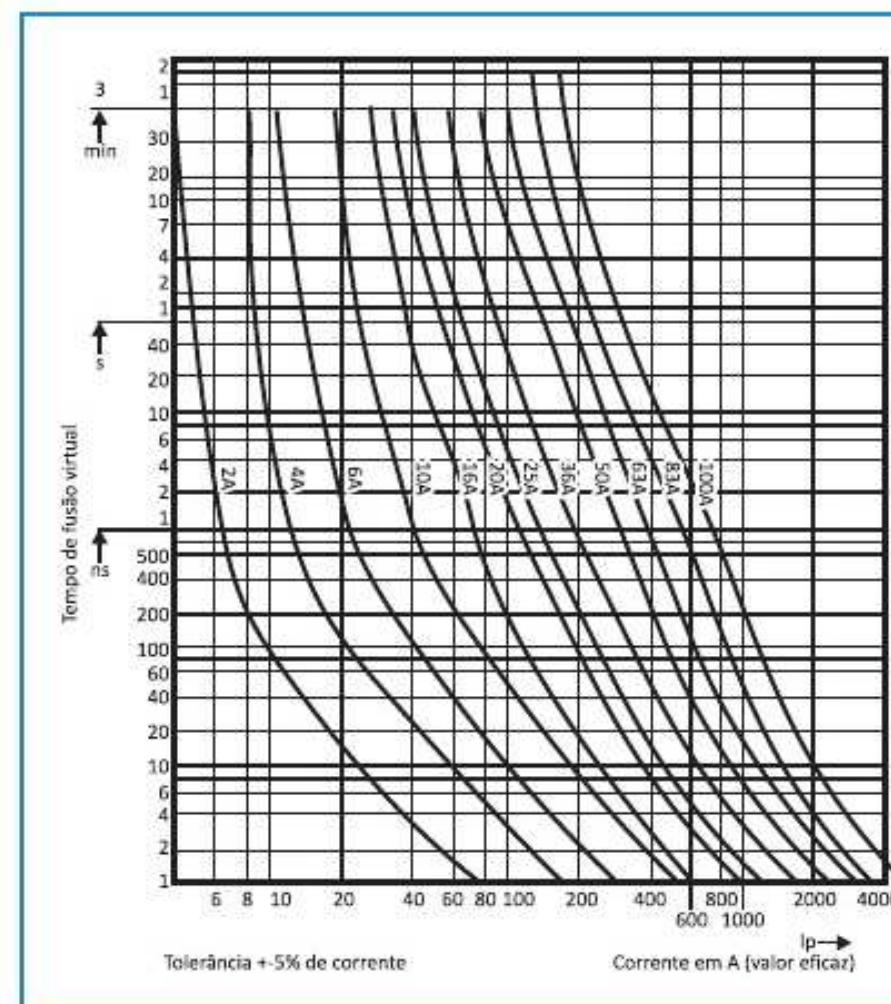


Figura 18 - Curva característica tempo/corrente para fusíveis DIAZED

Fonte: Siemens (2010).

Quanto à proteção de pessoas, consideram-se os riscos de um choque elétrico. O choque elétrico pode ocorrer em função de uma das seguintes situações:

- Por contato com circuito energizado;
- Por contato com corpo eletrificado;
- Por descarga atmosférica.

Em algumas situações, como locais contendo banheiras ou chuveiros, piscinas, saunas, pode ser necessária a realização de proteção adicional, devido ao aumento do risco de choque elétrico, sendo esta proteção realizada por meio da equipotencialização suplementar e o uso de dispositivo diferencial-residual (DR) de alta sensibilidade (inferior a 30mA).

Um dispositivo DR atua quando detecta uma diferença de corrente (em relação a que entra e sai de um circuito – uma fuga de corrente) ele atua desligando a energia e evitando que o choque atinja valores de corrente maiores e possam causar danos a pessoas e instalações. Veja a foto:



Figura 19 - Disjuntor DR

- a) → Disjuntor DR monofásico.
- b) → Disjuntor DR trifásico.

Porém para seu funcionamento correto, é necessário observar as recomendações da NBR5410:2004 para instalação do DPS segundo o esquema de aterramento, veja a tabela seguinte:

Tabela 28 - Uso de DR e esquema de aterramento

Esquema de aterramento		Uso do DR		
		Proibido	Recomendado	Obrigatório
TN	C	X		
	S		X	
	C-S		X	
TT				X
	IT*		X	

* para a segunda falta

Fonte: WALENIA (2008, p. 271).

SEÇÃO 4

Seleção de dutos

Na 4ª seção, você conhecerá algumas considerações importantes para instalação de dutos na passagem dos condutores num circuito.

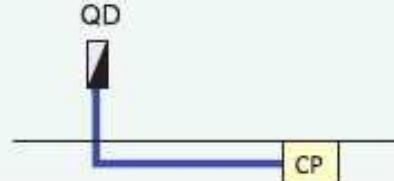
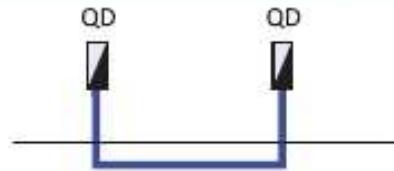
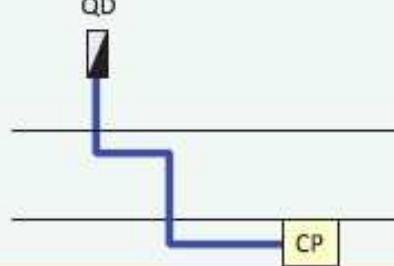
A taxa de ocupação (interna) de dutos deve respeitar as seguintes recomendações (WALENIA, 2008, p. 75):

- 53% no caso de um condutor ou cabo;
- 31% no caso de dois condutores ou cabos
- 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos

No dimensionamento de condutores, também deve ser levado em consideração a distância máxima que esse duto se estende.

O caminho pode ser retilíneo ou conter uma série de curvas, pode estar na área interna da edificação ou na área externa. A tabela a seguir resume as diferenças e os limites dessa distância:

Tabela 29 - Percurso máximo de um duto

Situação	Comprimento máximo (m)		Desenho
	Área interna	Área externa	
Sem curvas	15	30	
1 curva	12	27	
2 curvas	9	24	
3 curvas	6	21	

Fonte: Walenia (2008, p. 75).

Reducir a distância em função do número de curvas, tem por objetivo facilitar a passagem dos condutores durante a execução do projeto. Note que nesse aspecto, o quadro de distribuição (QD) e a caixa de passagem (CP) têm grande papel pois servem como passagem e derivação dos circuitos.

DICA

Normalmente os fabricantes de dutos e condutores, fornecem tabelas padronizadas com as capacidades de agrupamentos de circuitos de mesma seção em dutos.

A seguir, é apresentada uma tabela que relaciona o agrupamento de condutores em duto de PVC:

Tabela 30 - Ocupação máxima de eletrodutos de PVC por condutores com a mesma bitola

Seção Nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1,5	16	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	60	75
70	40	40	50	60	60	60	75	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	85	85	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	85	xxx

Fonte: Lima (2001, p. 153).

Na unidade que se finda, você estudou os seguintes assuntos: a distribuição de energia, os condutores utilizados para essa distribuição, sua proteção e instalação, os equipamentos usados na proteção de pessoas e máquinas, além da escolha de dutos e suas formas de instalar.

Na próxima unidade, serão apresentadas formas de proteção atmosférica, num projeto elétrico industrial.



Unidade de estudo 4

Seções de estudo

- Seção 1 – Raios e formas de proteção**
- Seção 2 – Projeto dos captores**
- Seção 3 – Projeto das descidas**
- Seção 4 – Projeto do aterramento**

Proteção Contra Descargas Atmosféricas

SEÇÃO 1

Raios e formas de proteção

Na seção 1, você visualizará a formação dos raios e como atuam os sistemas de proteção de descargas atmosféricas ou SPDA, na prevenção contra os danos causados pelos raios.

Os raios são formados a partir do carregamento elétrico das nuvens. A diferença de potencial formada entre uma nuvem carregada e a superfície da terra pode variar de 10 a 1.000 kV (LIMA, 1997, p.215). A tendência natural é que as descargas atmosféricas atinjam os pontos mais elevados do relevo. Quando uma descarga atmosférica ocorre, a corrente conduzida através do raio pode chegar até 200.000 A, o que é capaz de destruir árvores, edificações não protegidas e causar riscos à vida de pessoas, animais e equipamentos.

A seguir, é apresentado um esquema que simplifica o processo de formação de um raio:

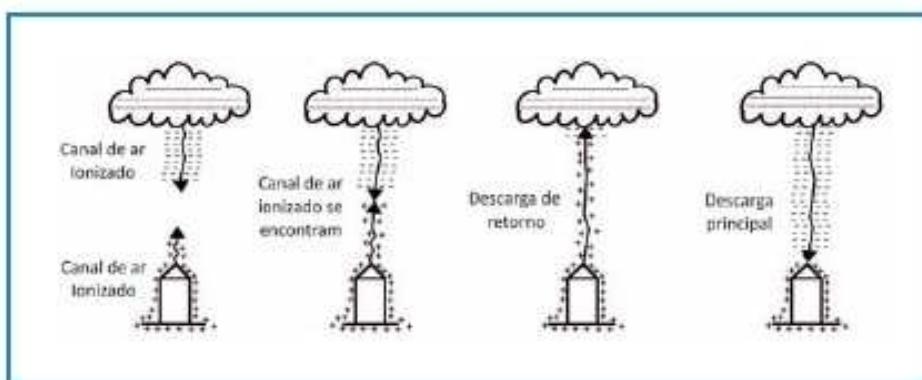


Figura 20 - Esquema de formação do raio

Fonte: Lima (1997, p. 216).

Em relação a uma instalação elétrica, o raio pode influenciar de duas maneiras:

- Incidência direta, quando o raio atinge a superfície da edificação.
- Incidência indireta, quando o raio atinge as redondezas de instalações elétricas, linhas de distribuição de energia e de telecomunicações. Forma-se uma grande radiação eletromagnética que gera sobretensões que causam danos a equipamentos e instalações de empresas, indústrias e residências.

Um sistema de proteção contra descargas atmosféricas ou SPDA, consiste em oferecer aos raios um ponto de captação, um percurso seguro e um sistema de escoamento das descargas elétricas de origem atmosférica para a terra, minimizando seus efeitos perigosos. Desta forma, um SPDA possui duas funções: preventiva e protetora.

A função preventiva é justificada pelo permanente escoamento de cargas elétricas do meio ambiente para a Terra, pelo poder de atração das pontas, neutralizando o crescimento do gradiente de potencial entre o solo e as nuvens.

Já a função protetora está associada a presença de um caminho preferencial para um possível raio que se forme na região.

Existem basicamente três tipos de SPDA: Franklin, Gaiola de Faraday e Radioativo. Todos os tipos são compostos por estruturas chamadas de captores do raio, cabos de descida e sistema de aterramento.

DICA

Um sistema de proteção contra descargas atmosféricas não busca evitar a formação dos raios nem atrai raios, mas proporcionar um caminho controlado para o raio atingir a terra.

A caixa de inspeção possibilita que sejam desconectados os captores e descidas para realizar a medição da malha de aterramento. Já o eletroduto (que deve permanecer a uma altura de 2,5 m acima do solo) tem a finalidade de proteger principalmente os condutores de descida contra danos mecânicos (ABNT, 2005, p. 9).

redor da edificação, podendo inclusive estar interconectada com a estrutura metálica de sustentação da edificação.

Veja a representação na figura:

→ Para-raio tipo Franklin

É composto por uma haste captaora fixada no topo de um mastro elevado. O captor é ligado ao aterramento através dos condutores de descida. Na maior parte dos casos, os condutores de descida são instalados afastados da edificação. O mastro pode ser instalado sobre ou ao redor da edificação.

Observe a figura a seguir:

Quando for necessário usar mais de um mastro, os captores presentes nos mastros devem ser interligados.

↗ Gaiola de Faraday

Utiliza captores formando uma malha e cobrindo o plano mais alto do prédio. As descidas devem ser dispostas no mínimo em cada vértice da edificação e a malha de aterramento forma um anel ao

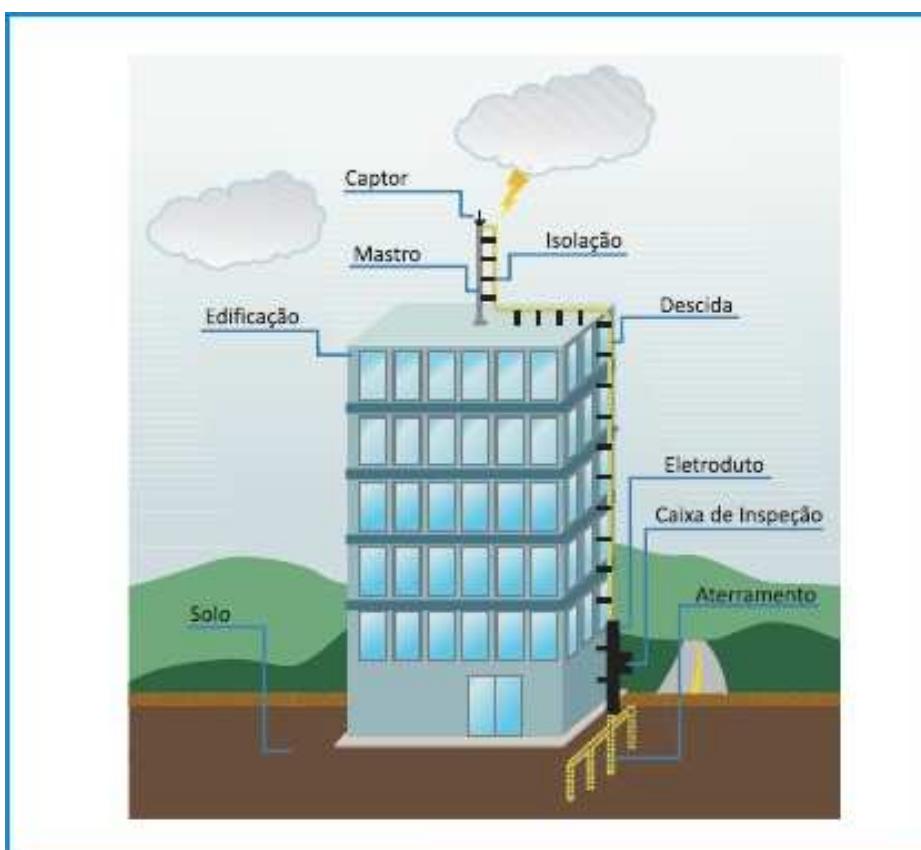


Figura 21 - Exemplo de para-raio do tipo Franklin

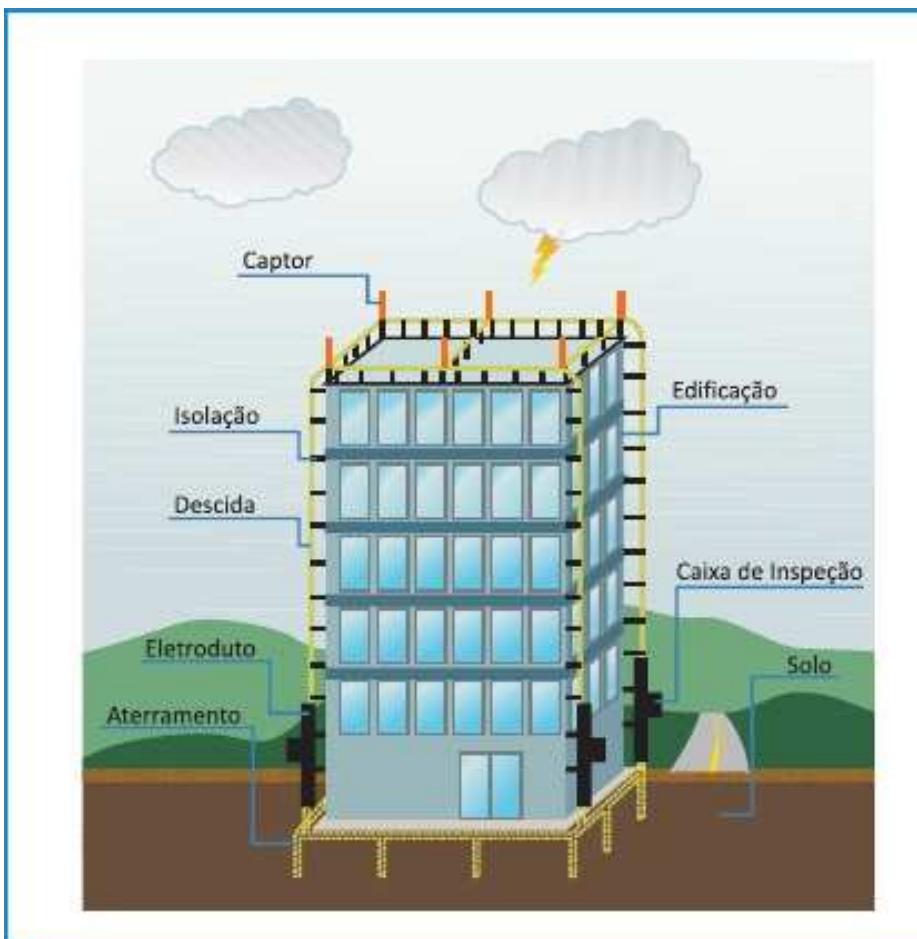


Figura 22 - Exemplo de para-raio do tipo Gaiola de Faraday

Observe na figura anterior novamente a presença de eletrodutos e caixas de inspeção, aqui apresentam a mesma finalidade respectivamente: proteção mecânica e possibilidade de medição da malha de aterramento.

➤ Dispositivo de proteção contra surtos

Também conhecido como DPS, tem por finalidade evitar que a incidência indireta de descargas atmosféricas danifique equipamentos presentes dentro da edificação.

Os DPS devem atender à IEC 61643-1 e ser selecionados com base no mínimo nas seguintes características (CAVALIN, 2006, p. 379):

- Nível de proteção;
- Máxima tensão de operação contínua;
- Suportabilidade a sobre tensões temporárias;
- Corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso;
- Suportabilidade à corrente de curto-círcuito.

Os componentes da instalação devem ser selecionados de modo que o valor nominal de sua tensão de impulso suportável não seja inferior àqueles indicados na tabela a seguir:

➤ Para-raio radioativo

Foi abolido na maioria dos países e no Brasil, sua utilização está proibida desde 1989 por resolução da CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear. O princípio do para-raio radioativo é usar captores com pontas com tratamento radioativo, o que causa riscos diretos para pessoas que realizam sua instalação e manutenção e riscos indiretos às pessoas que efetuam transporte, armazenamento, venda, etc. Além disso, este tipo de para-raio, através de estudos recentes, não possui maior eficiência em relação aos outros tipos de para-raio.

DICA

O para-raio radioativo não deve ser projetado para um SPDA, pois sua utilização está proibida no Brasil.

Tabela 31 - Suportabilidade a impulso exigível dos equipamentos e instalações

Tensão nominal da Instalação (V)	Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos com neutro	Tensão de impulso suportável requerida (kV)			
			Categoria do produto	Produto a ser utilizado na entrada da instalação	Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais	Equipamentos de utilização
Categoria de suportabilidade a impulsos						
120/208	115/230	IV				
127/220	120/240	4		2,5	1,5	0,8
220/380,	127/254	-	6	4	2,5	1,5
230/400,						
277/480						
400/690	-	8		6	4	2,5

Fonte: ABNT (2004, Tabela 31).

Os DPS protegem os equipamentos contra sobretensões transitórias nas instalações das edificações, cobrindo tanto as linhas de energia quanto as linhas de sinal (ABNT, 2004, p. 130).

Os DPS podem ser especificados pela máxima corrente de curto-circuito, veja os exemplos a seguir:

DPS 20kA: recomendado como proteção única ou primária em instalações situadas em zonas de exposição a raios classificados como AQ1 (desprezível). Deve ser instalado no circuito elétrico no qual o equipamento está conectado.

- **DPS 30kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão situadas em áreas urbanas e densamente edificadas, expostas a raios, classificadas como indiretas (AQ2). Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica.
- **DPS 45kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão, situadas em áreas rurais ou urbanas com poucas edificações, em zonas expostas a raios, classificadas como diretas (AQ3) e com históricos frequentes de sobretensão. Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica.
- **DPS 90kA:** recomendado como proteção única ou primária em redes de distribuição de baixa tensão situadas em áreas rurais ou urbanas com poucas edificações, em zonas expostas a raios classificadas como diretas (AQ3) e com histórico de frequencia elevada de sobretensões. Deve ser instalado junto com o quadro de distribuição central de rede elétrica.

A instalação de um DPS irá depender das características do sistema de alimentação de energia da edificação.

Veja a figura seguinte:

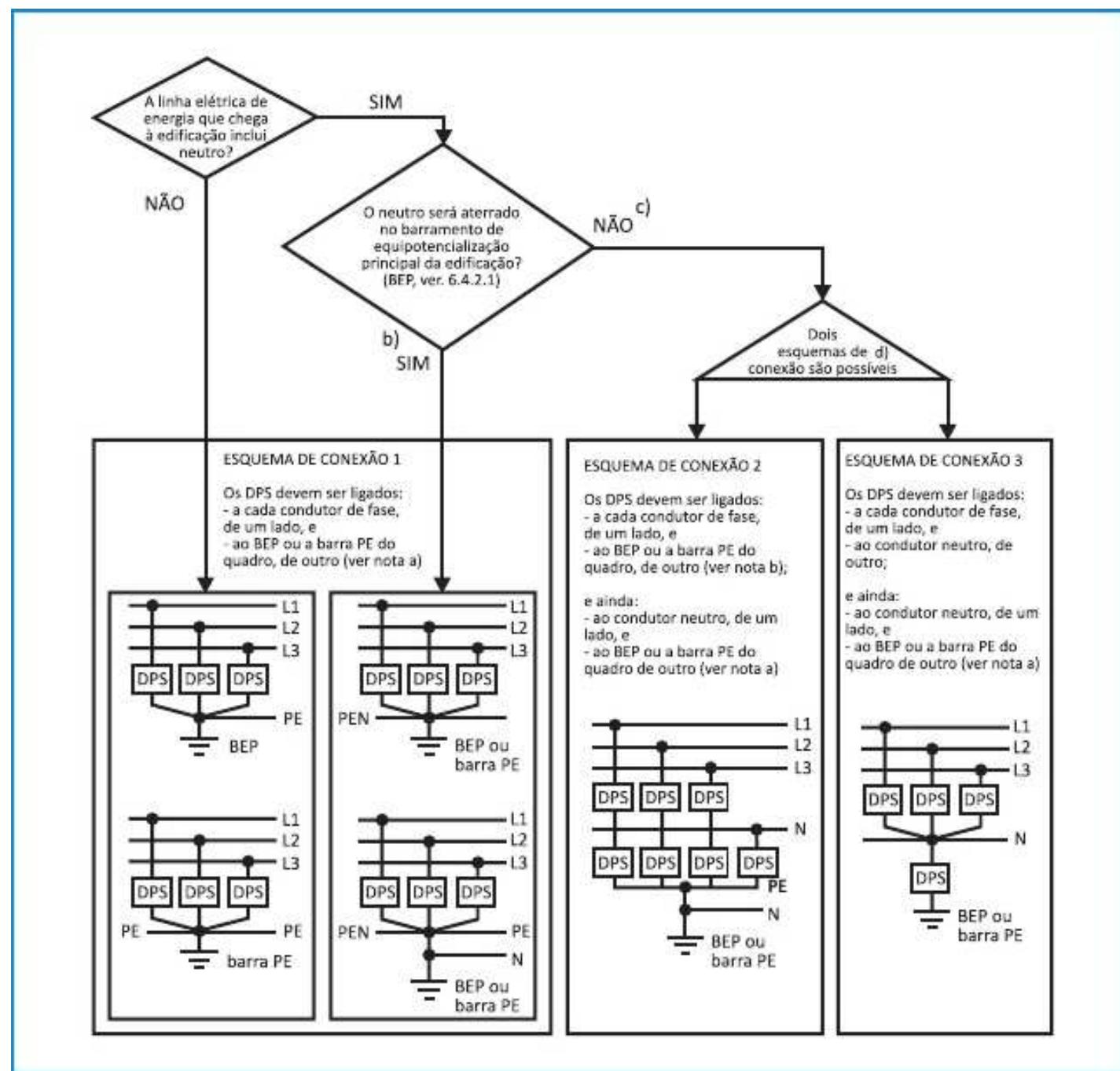


Figura 23 - Esquemas de conexão dos DPS

Fonte: ABNT (2004, figura 13).

De forma geral, o DPS deve ser instalado juntamente com um dispositivo de proteção contra sobrecorrentes (disjuntor ou fusível), veja a representação a seguir:

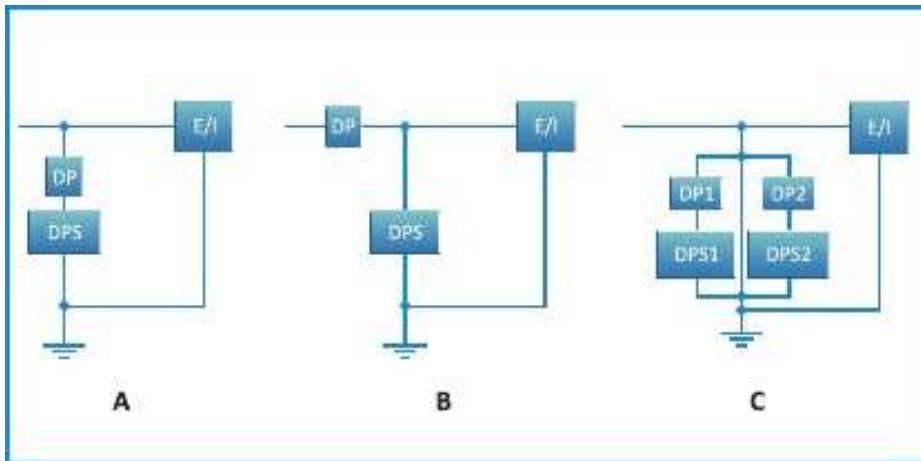


Figura 24 - Esquema de ligação entre DPS, DP e E/I

Fonte: ABNT (2004, figura 14).

Onde:

DPS → Dispositivo de proteção contra surto.

DP → Dispositivo de proteção contra sobrecorrente.

E/I → Equipamento ou instalação.

A norma regulamentadora da ABNT NBR5419 estabelece os procedimentos relacionados com a Proteção de Estruturas contra descargas atmosféricas. O projeto do SPDA, basicamente é dividido em Projeto dos Captores, Projeto das Descidas e Projeto da Malha de Aterramento.

- **Nível IV:** refere-se às construções onde 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, depósitos de materiais ferrosos, entre outros.

O nível de proteção influencia nos afastamentos, seções e materiais dos condutores envolvidos no projeto do SPDA.

Na próxima seção, você estudará como podem ser constituídos os captores, os métodos existentes para os projetos dos captores e as condições dos captores naturais.

→ Classificação dos níveis de proteção para SPDA

O projeto de um SPDA, pode ser composto pelo tipo gaiola de Faraday e o tipo Franklin. Os mastros usados para o tipo Franklin são normalmente de 6 m, quando a especificação resulta em mastros maiores, por questões de custo, opta-se pelo tipo gaiola de Faraday.

Para atribuir os parâmetros corretos para o projeto de um SPDA deverá ser levado em consideração o nível de proteção do ambiente da instalação. Existem 4 níveis de proteção, explicados como segue (MAMEDE, 2001, p. 556):

- **Nível I:** é o nível mais severo quanto à perda de patrimônio. Refere-se às construções protegidas, cuja falha no sistema de para-raios pode provocar danos às estruturas adjacentes, tais como indústrias petroquímicas, de materiais explosivos, 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. São exemplos: museus, estádios de futebol, teatros, bancos, fóruns, etc.
- **Nível III:** refere-se às construções de uso comum, tais como os prédios residenciais, comerciais e industriais de manufaturados simples.

SEÇÃO 2

Projeto dos captores

Os captores podem ser constituídos pelos seguintes condutores:

- Hastes;
- Cabos esticados;
- Condutores em malha;
- Elementos naturais.

Quaisquer elementos condutores expostos, ou seja, que possam ser atingidos por raios, deverão permanecer interconectados ao SPDA.

As condições a que devem satisfazer os captores naturais são as seguintes:

- a. a espessura do elemento metálico não deve ser inferior a 0,5 mm ou conforme indicado na tabela 4, quando for necessário prevenir contra perfurações ou pontos quentes no volume a proteger;
- b. a espessura do elemento metálico pode ser inferior a 2,5 mm, quando não for importante prevenir contra perfurações ou ignição de materiais combustíveis no volume a proteger;
- c. o elemento metálico não deve ser revestido de material isolante (não se considera isolante uma camada de pintura de proteção, ou 0,5 mm de asfalto, ou 1 mm de PVC);
- d. a continuidade elétrica entre as diversas partes deve ser executada de modo que assegure durabilidade;
- e. os elementos não-metálicos acima ou sobre o elemento metálico podem ser excluídos do volume a proteger (em telhas de fibrocimento, o impacto do raio ocorre habitualmente sobre os elementos metálicos de fixação).

Quanto ao projeto dos captores, existem 3 métodos:

- **Método Franklin:** o volume a ser protegido é encontrado em função do ângulo formado entre o topo do captor e sua altura em relação ao plano.
- **Método Eletrogeométrico:** o volume a ser protegido é encontrado em função do raio de um círculo que tangencia o captor e o plano.
- **Método da Malha de Captores:** o volume a ser protegido é coberto por uma malha formando quadrículos de largura e comprimento de tamanho igual ou inferior ao valor da largura.

A figura seguinte mostra os parâmetros relacionados a estes métodos:

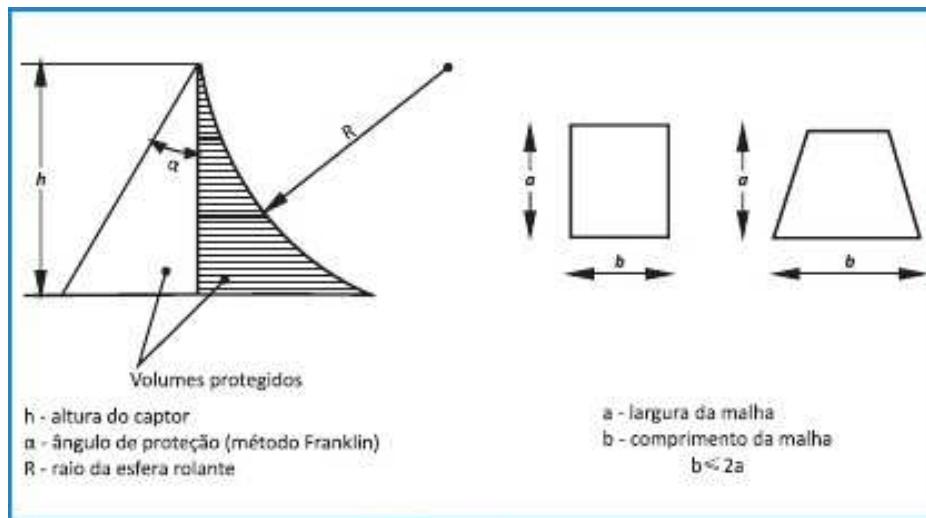


Figura 25 - Parâmetros e volumes de proteção do SPDA

Fonte: ABNT (2005).

O SPDA poderá ser isolado ou não. Quando se tratar de um SPDA isolado, os condutores do SPDA deverão permanecer afastados da estrutura metálica a proteger a uma distância de 2 m.

Já um SPDA não isolado, os condutores do SPDA poderão ser fixados diretamente sobre a estrutura metálica, desde que não haja presença de materiais inflamáveis, o que pode causar danos para a estrutura.

No topo das estruturas e edificações, principalmente àquelas superiores a 10m, recomenda-se a instalação de um SPDA. Todos os elementos metálicos (calhas, antenas, placas etc) que estejam expostos na edificação devem ser interconectados ao sistema SPDA.

A tabela a seguir foi retirada da norma NBR 5419 e relaciona o nível de proteção com o método de projeto de captores.

Tabela 32 - Posicionamento dos captores conforme o nível de proteção

Nível de Proteção	R / h	Ângulo de proteção (a) – método Franklin, em função da altura do captor (h) (ver nota 1) e do nível de proteção						Largura do módulo da malha (veja nota 2) m
		0 – 20 m	21 – 30 m	31 – 45 m	46 – 60 m	> 60 m		
I	20	25º	1)	1)	1)	2)	5	
II	30	35º	25º	1)	1)	2)	10	
III	45	45º	35º	25º	1)	2)	10	
IV	60	55º	45º	35º	25º	2)	20	

R = raio da esfera rolante

1) Aplicam-se somente os métodos eletrogeométrico, malha ou da gaiola de Faraday.

2) Aplicam-se somente o método da gaiola de Faraday.

Notas:

1 → Para escolha do nível de proteção, a altura é em relação ao solo e, para verificação da área protegida, é em relação ao plano horizontal a ser protegido.

2 → O módulo da malha deverá constituir um anel fechado, com o comprimento não superior ao dobro da sua largura

Fonte: ABNT (2005, Tabela 1).

Observe que se o estabelecimento tiver nível de proteção II e os captadores forem dimensionados pelo método Franklin para um mastro de até 20 m de altura, o ângulo de proteção corresponde a 25º, a região a ser protegida poderá ser visualizada na figura a seguir, correspondendo a uma região circular com raio de 93m.

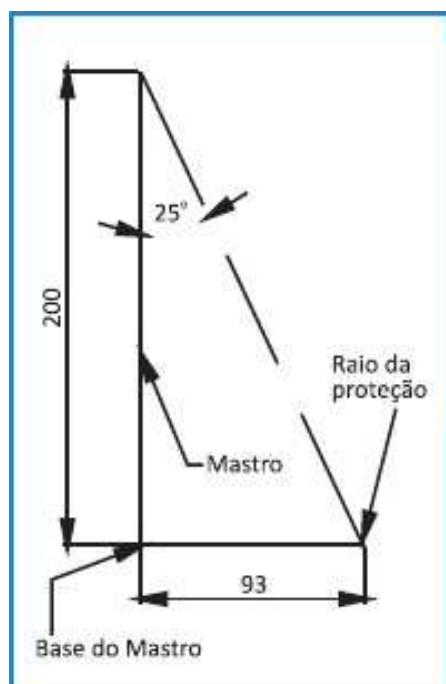


Figura 19 - Exemplo de dimensionamento de captores, método Franklin

Para saber o raio da região a ser protegida podemos usar os conceitos de trigonometria, considerando duas vezes o valor do cateto oposto dado na fórmula:

$$\text{Tangente}(\alpha) = \text{CO} / \text{CA}$$

Onde:

α – ângulo dado

CO – cateto oposto (raio da região de proteção)

CA – cateto adjacente (altura do mastro)

Caso seja usado o método da gaiola de Faraday, então deverá ser protegida a região de topo da edificação, no caso de uma edificação com área igual a 400 m² com nível II de proteção, então o dimensionamento da malha pode ser especificado conforme a figura a seguir:

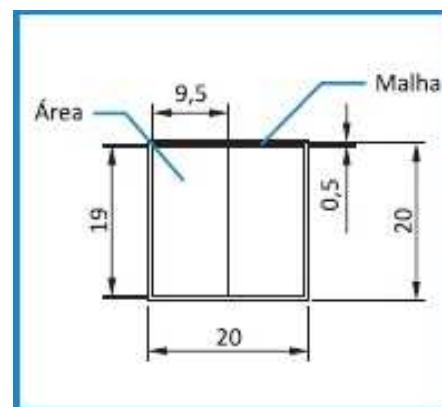


Figura 20 - Exemplo de dimensionamento de captores, método Gaiola de Faraday

A norma NBR 5419 recomenda que a malha de captores seja disposta ao longo do topo da edificação a uma distância não inferior a 0,5 m da borda da edificação.

O método Eletrogeométrico ou das esferas rolantes, por questões didáticas, não será abordado aqui, já que em grande parte dos projetos de SPDA, o método Franklin, continua sendo utilizado sem diferenças significativas.

Os condutores que formam os captores, podem ser de cobre, alumínio ou aço galvanizado a quente, veja a relação dos materiais dos captores com a secção:

Tabela 33 - Material vs. seção dos captores

Material	Seção dos captores(mm^2)
Cobre	35
Alumínio	70
Aço galvanizado a quente ou embutido em concreto	50

Fonte: ABNT (2005, Tabela 3).

SEÇÃO 3

Projeto das descidas

Na seção 3, você conhecerá uma parte do processo de proteção contra descarga atmosférica que é um projeto de descida, que permite a conexão dos captores, e um anel que interliga todas as descidas, feito com o objetivo de evitar que ramificações das descargas atmosféricas possam atingir lateralmente a edificação e causar danos significativos.

As descidas permitem a conexão dos captores à malha de aterramento.

Dependendo das características da edificação e do projeto dos captores, as descidas podem ser dimensionadas:

- Podem ser dispensados os condutores de descida quando na edificação existir condutores de descida naturais (estruturas metálicas de torres, postes, mastros e armaduras de aço interligadas de postes de concreto), desde que sigam contínuas até a base da edificação.
- Pode ser dimensionado apenas um único condutor de descida quando o captor for do tipo Franklin, instalado em um único mastro que não represente uma descida natural.
- Quando houver anel de captores (tanto do tipo gaiola de Faraday quanto Franklin), deverão ser realizadas várias descidas, com afastamento padronizado conforme a tabela seguinte, apresentando pelo menos, um condutor de descida em cada vértice da edificação.

Tabela 34 - Espaçamento médio vs. nível de proteção para condutores de descida não naturais

Nível de proteção	Espaçamento médio entre descidas (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Fonte: ABNT (2005, Tabela 2).

Os condutores que formam as descidas podem ser de cobre, alumínio ou aço galvanizado a quente. A cada 10 m, partindo do solo, deverá ser montado um anel de condutores que interliguem todas as descidas.

O objetivo deste anel é evitar que ramificações das descargas atmosféricas possam atingir lateralmente a edificação e causar danos significativos.

Além disso, em cada descida, deverá ser instalado um eletroduto e uma caixa de inspeção com conector de metal nobre para garantir a conexão dos captores à malha de aterramento e permitir a desconexão das descidas para medir a resistência de aterramento.

A cada 20 m de altura ou fração, deverá ser efetuada uma interligação dos condutores neutro, terra e das massas de todos os elementos metálicos presentes naquela fração de altura deverão ser interconectados a um barramento de equalização que também deverá ser interligado ao aterramento.

A próxima tabela, relaciona os materiais dos captores com a área de secção:

Tabela 35 - Material vs. secção dos captores

Material	Anéis Intermediários (mm ²)	Descidas para estruturas com altura de até 20 m (mm ²)	Descidas para estruturas com altura superior a 20 m (mm ²)
Cobre	35	16	35
Alumínio	70	25	70
Aço Galvanizado a quente ou embutido em concreto	50	50	50

Fonte: ABNT (2005, Tabela 3).

Observe na tabela anterior que é considerada a formação dos anéis intermediários (a cada 10 m de altura) e as descidas apresentam secções diferentes dependendo da altura da edificação.

SEÇÃO 4

Projeto do aterramento

Agora que você já estudou o projeto de descida, estudará na seção 4, outra parte do processo de proteção contra descargas atmosféricas, que é o projeto de aterramento.

Esta parte do projeto é extremamente importante pois um mau aterramento irá contribuir para dificultar o caminho do raio, aumentando o aquecimento dos condutores de captação e de descida, podendo causar sua explosão e até mesmo a infiltração do raio para outras partes da edificação, causando danos à pessoas e equipamentos. A resistência de aterramento recomendada pela norma NBR 5419 é de aproximadamente 10 Ohms.

Se a edificação possuir mais de um sistema de aterramento, todos deverão ser interligados através de uma ligação equipotencial de baixa impedância.

Uma ligação equipotencial, como o próprio nome sugere, serve para deixar todos os pontos interligados com o mesmo potencial.

O principal elemento de uma malha de aterramento é o eletrodo, este elemento possibilita a interligação de todo SPDA ao solo. Os eletrodos de aterramento podem ser formados por (ABNT, 2005, p. 12):

- As armaduras de aço das fundações da edificação.
- Condutores horizontais em anel enterrados no solo.
- Hastes verticais enterradas no solo.
- Condutores horizontais radiais (conhecidos como “pés de galinha”).

DICA

Devem-se evitar condutores em forma de fita ou placas devido à corrosão.

Normalmente são usados eletrodos em forma de hastes de 2,4 m de comprimento, com diâmetro de 5/8”, alma de aço e revestimento de cobre de 254 µm. Os condutores horizontais são especificados conforme a tabela a seguir:

Tabela 36 - Material vs. secção dos eletrodos de aterramento

Material	Eletrodo de aterramento (mm ²)
Cobre	50
Alumínio	-
Aço Galvanizado a quente ou embutido em concreto	80

Fonte: ABNT (2005, Tabela 3).

A montagem dos eletrodos poderá ser composta por condutores horizontais (formando um anel ao redor da edificação) e verticais (incluindo uma haste de aterramento ao final de cada descida, pelo menos): esta montagem é recomendada principalmente quando não se pode utilizar a armação metálica de sustentação da edificação (caso seja constatado que esta armação não é totalmente interligada).

DICA

A quantidade de eletrodos não naturais deve ser aumentada para garantir a rápida dissipação da energia do raio.

As conexões principais entre todos os condutores de um SPDA devem ser realizadas com conectores de metais nobres e em alguns casos com soldas exotérmicas, que garantem a condutividade elétrica entre os condutores interligados.

Na unidade que você acabou de estudar você acompanhou conceitos e procedimentos necessários para a proteção contra as descargas atmosféricas, os raios.

Na 5^a, e última unidade, você encerrará seu estudo de projetos elétricos industriais aprendendo os principais documentos envolvidos na elaboração de um Projeto Elétrico Industrial, e ainda será relacionado com o uso de ferramentas de desenho auxiliado por computador, permitindo a você alguns conceitos práticos.



Unidade de estudo 5

Seções de estudo

Seção 1 - Simbologias, desenhos e pranchas

Seção 2 - Documentos de projeto

Seção 3 - Ferramentas computacionais para auxílio em projetos elétricos

Documentação para Projetos

SEÇÃO 1

Simbologias, desenhos e pranchas

Esta seção tem por finalidade comentar e apresentar simbologias, desenhos e pranchas utilizados na composição de um projeto elétrico industrial.

Qualquer projeto, para facilitar sua compreensão e consequentemente sua execução, deve apresentar todas suas representações (sejam numéricas sejam visuais) de maneira clara e padronizada.

As 4 tabelas a seguir trazem alguns símbolos padronizados utilizados pela ABNT e órgãos internacionais (DIN, ANSI e IEC) os diversos símbolos que fazem parte da simbologia elétrica industrial, além dos relacionados pela norma NBR5444.

Tabela 37 - Símbolos dos elementos de comando

Significado	ABNT	DIN	ANSI	IEC
Comando manual sem indicação de sentido	↑----	↑----		↑----
Comando por pé	↙----	↙----	↙----	
Comando por excêntrico	↙----	○-----	-g-g-∞	↙----
Comando por pistão	■-----	■-----		■-----
Comando por acúmulo de energia	□-----	□-----	○-----	□-----
Comando por motor	○-----	○-----	Mot-----	○-----
Sentido de deslocamento do comando(esq.)	→-----	→-----	→○→	
Comando c/ trava				
1-travado	--- ---	--- ---		--- ---
2- livre				
Comando engastado	---V---	---V---		---V---
Dispositivo temporizado Op.	--->---	--->---	TC, TDC Fecha c/ retardo TO, TDO	
Direta			Abre c/ retardo	
Comando desacoplado	---L---	---L---		---L---
Acion. Manual	---H---	---H---		---H---
Comando acoplado				
Acion. Manual				
Fecho mecânico		---□---	SW	---□---
Fecho mecânico c/ disparador auxiliar		---□---		---□---

Fonte: Badia (2008, p. 15).

Tabela 38 - Símbolos de bobinas de comando e relés

Significado	ABNT	DIN	ANSI	IEC
Bobina de relé (geral)				
Elemento de comando c/1 enrolamento				
Elemento de comando c/1 enrolamento				
Elemento de comando c/ 1 relé de subtensão				
Elemento de comando c/ 1 rele de retardo ao desenergizar				
Elemento de comando c/ 1 rele de grande retardo				
Elemento de comando c/ 1 rele de operação lenta (energizado)				
Elemento de comando c/ 1 rele de retardo e de operação lenta				
Elemento de comando c/ 1 rele polarizado				
Elemento de comando c/ 1 rele de remanência				
Elemento de comando c/ 1 rele de ressonância mecânica				
Elemento de comando c/ 1 rele térmico				
Elemento de comando c/ 1 rele de sobrecarga				
Elemento de comando c/ 1 rele de curto-circuito				

Fonte: Badia (2008, p. 16).

Tabela 39 - Símbolos de contatos e peças de contatos

SIGNIFICADO	ABNT	DIN	ANSI	EIC
Fechador (normalmente aberto)				
Abridor (normalmente fechado)				
Comutador				
Comutador sem interrupção				
Temporizado: no fechamento na abertura				
Fechador de comando manual				
Abridor por comando excêntrico				
Fechador com comando por bobina				
Fechador com comando por mecanismo mecânico				
Abridor com comando por pressão				
Fechador com comando por temperatura				

Fonte: Badia (2008, p. 17).

Tabela 40 - Símbolos de dispositivos de comando e proteção

Significado	ABNT	DIN	ANSI	IEC
Tomada e plug				
Fusível				
Fusível com indicação de lado ligado à rede				
Seccionador – fusível tripolar				
Lâmpada ou barra de conexão reversora				
Seccionador tripolar				
Interruptor tripolar (sob carga)				
Disjuntor				
Seccionador-disjuntor				
Contator				
Disjuntor tripolar com relé térmico e magnético				

Fonte: Badia (2008, p. 18).

Além da simbologia, existem os desenhos mínimos que devem ser apresentado numa prancha de projeto (WALENIA, 2009, p. 281):

- Planta dos pavimentos com leiaute de máquinas;
- Esquemas unifilares que vão desde o ponto de entrega de energia até as cargas finais da fábrica;
- Outros Esquemas, como comandos para partida de motores, detalhes de grupos geradores, aspectos de montagem etc;
- Memorial descritivo da Instalação;
- Especificação dos componentes;
- Parâmetros de projeto;
- Manual do usuário para instalações sem equipe de manutenção;
- Aspectos construtivos e informações sobre segurança durante a execução de trabalhos.

Os desenhos são extremamente importantes pois facilitam a interpretação de projetos.

A seguir, são citados os principais desenhos que compõe um projeto elétrico industrial:

- Prumada elétrica;
- Planta baixa com esquema elétrico;
- Diagrama unifilar;
- Detalhes de caixas de passagem;
- Detalhes do ramal de ligação de energia elétrica;
- Detalhes do ramal de entrada de energia elétrica;
- Detalhes dos acionamentos de máquinas elétricas, pneumáticas, hidráulicas etc;
- Esquemas de ligação entre quadro geral de medidores e barramento de equipotencialização;
- Detalhes sobre o quadro geral de medidores.

Estes desenhos são montados em folha no formato A2, A1 ou A0, apresentando legenda e campos com os nomes dos desenhos. Esta folha é chamada de prancha ou leiaute impresso.

A prancha ou leiaute impresso é o documento mais usado pelo eletricista que executa o serviço, por isso, os desenhos e textos explicativos que compõem a prancha devem ser visíveis, diretos e em uma linguagem que facilite sua compreensão.

A seguir, é apresentado um exemplo de prancha.

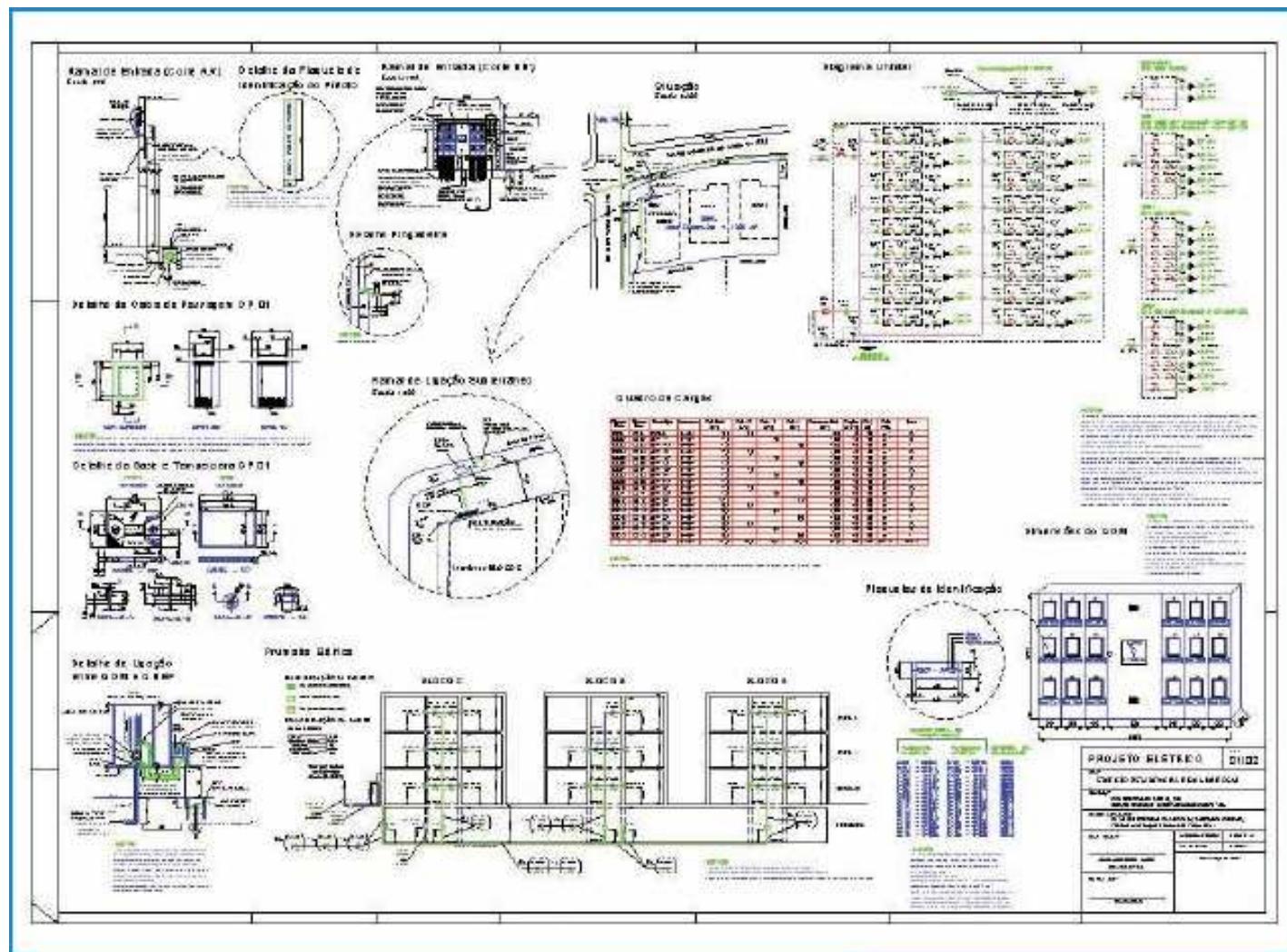


Figura 28 - Exemplo de prancha em formato A0 para projeto elétrico

A legenda deve conter informações sobre o Responsável Técnico, Proprietário, obra e resumo da prancha, além de campos para a assinatura do cliente e do Responsável Técnico. Veja a figura a seguir:

PROJETO ELÉTRICO		PRANCHA
OBRA:		
ENDERECO:		
RESUMO DA PRANCHA:		
RESP TÉCNICO: <hr/>	DESENHISTA:	FORMATO:
	DATA:	REVISÃO:
APROVAÇÃO CELESC:		
PROPRIETÁRIO: <hr/>		

Figura 29 - Exemplo de legenda de projeto

Os desenhos podem ser basicamente divididos em dois tipos: desenhos de detalhes e desenhos de esquemas.

Os desenhos de detalhes representam aspectos de montagem ou construtivos e devem trazer informações dimensionais sobre as partes, veja o desenho seguinte:

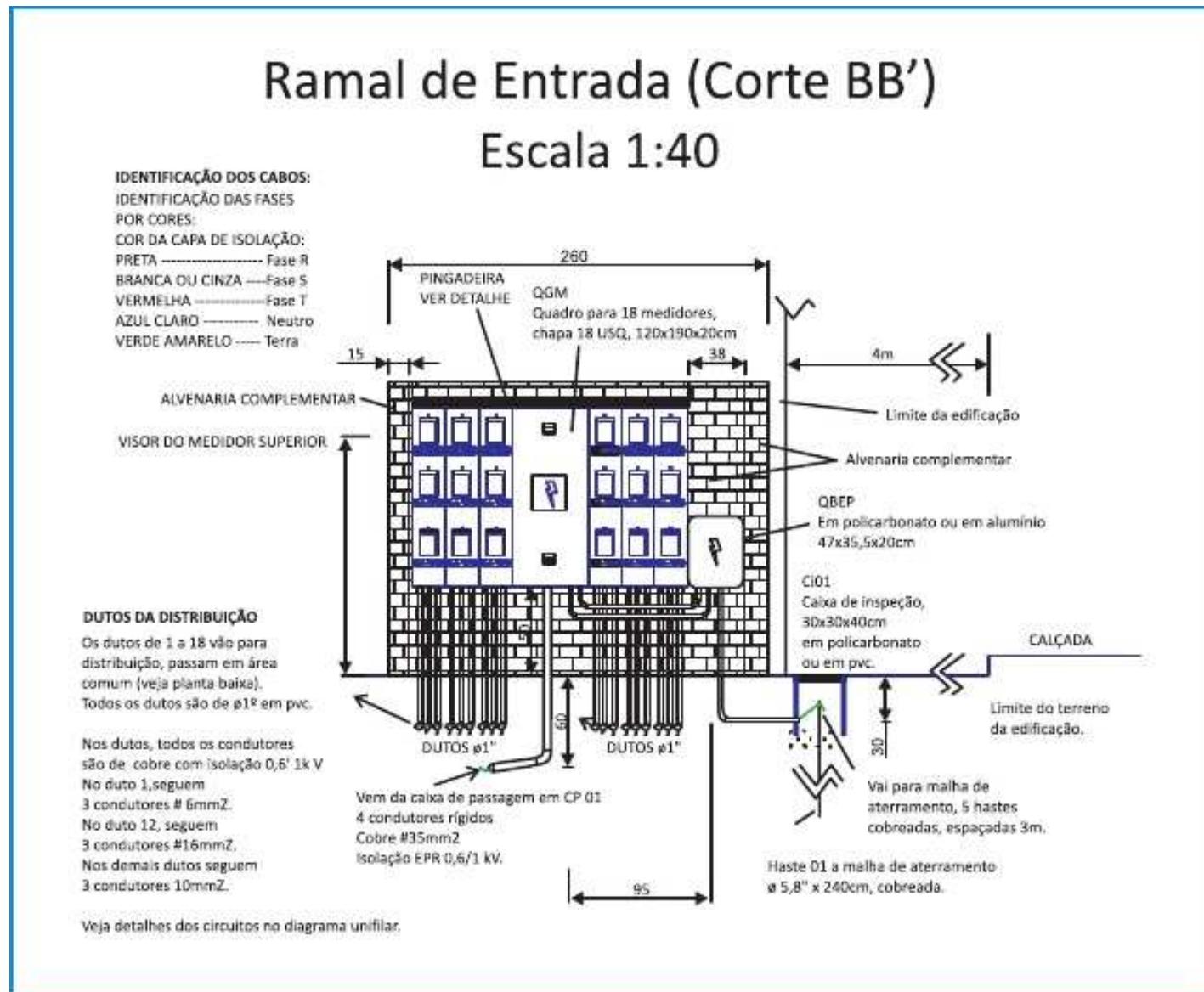


Figura 30 - Exemplo de desenho de detalhe

Já os desenhos de esquemas não possuem características dimensionais e se destinam a informar aspectos relacionados à montagem simplificadamente. Veja a figura a seguir:

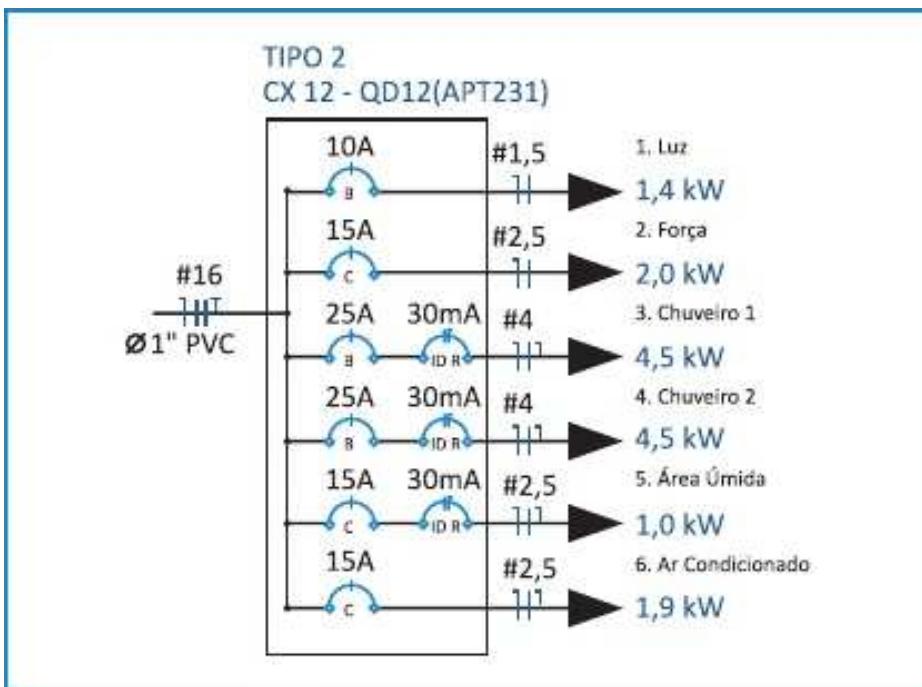


Figura 31 - Exemplo de desenho de esquema

DICA

Para construir um desenho de um detalhe elétrico, o Projetista não precisa ser um ótimo desenhista, basta fazer desenhos simples, usando textos explicativos para esclarecer sobre o que trata o desenho.

SEÇÃO 2

Documentos de Projeto

Nesta seção você conhecerá os documentos que compõem um projeto.

Os principais documentos que compõem um projeto são o memorial descritivo, a listagem de material e a ART (anotação de responsabilidade técnica do profissional responsável pelo projeto) sobre a execução do serviço, além das pranchas (já comentados na seção anterior).

O memorial descritivo é elaborado na forma de texto, contendo tabelas, esquemas representativos (se for necessário) e termos técnicos compatíveis.

No memorial, você deve apresentar as soluções adotadas durante o dimensionamento de componentes do projeto, além de especificar os detalhes para a execução da obra. O memorial poderá ser utilizado para esclarecimentos técnicos e é documento fundamental para análise em auditorias e processos judiciais, apurando se as falhas foram cometidas por quem projetou ou quem executou a obra.

Escrever um memorial, descritivo claro e conciso, facilita a interpretação de decisões, auxiliando o profissional na descoberta de falhas.

O memorial poderá apresentar as seguintes informações (WALENIA, 2009, p. 282):

- Identificação da obra, proprietário, profissional (título, registro no conselho regional de engenharia e anotação de responsabilidade técnica sobre o serviço contratado) e descrição do serviço a ser realizado.
- Descrição de parâmetros pré-definidos, como características da rede de distribuição de energia, análise de consulta prévia para abastecimento de energia, condições climáticas, condições de fornecimento de energia estabelecidas pela Concessionária de Energia Elétrica, etc.
- Descrição da tomada de decisões e sua justificativa, como local selecionado para instalação do ramal de energia elétrica, tipo de SPDA a ser instalado, divisão de circuitos elétricos, cálculo de demanda etc.
- Associação com os desenhos apresentados em Prancha e complementação de informações relacionadas.
- Citação da base de cálculo e da tomada de decisões a partir de normas técnicas estabelecidas pela ABNT, concessionária de energia elétrica, Corpo de Bombeiros, Ministério do Trabalho etc.
- O projetista deverá descrever, no memorial descritivo, todas as soluções não-convencionais ou não-padronizadas, para execução da instalação, justificando o porquê dessa solução.

Já a listagem de materiais pré-estabelecida no projeto, contribui na prevenção de desperdícios e na escolha de componentes não recomendados no projeto.

A especificação de materiais depende essencialmente do conhecimento de catálogos de fabricantes e especificações de fornecedores. Para tanto, uma lista de materiais completa deve conter os seguintes campos:

- N° do item;
- Nome do item;
- Descrição do item;
- Quantidade;
- Unidade de medida;
- Observações.

Além destes campos, para facilitar o gerenciamento do custo da obra/serviço, poderão existir os seguintes campos:

- Modelo do fabricante recomendado;
- Fabricante recomendado;
- Código do fornecedor de cotação;
- Fornecedor de cotação;
- Preço unitário do fornecedor;
- Preço total do fornecedor.

Quanto à ART, este documento é que atribui responsabilidade legal ao Profissional em relação ao trabalho a ser executado. Contém dados do Projetista e do Cliente, como endereço, CPF, nome completo, data de início do serviço, data de término do serviço, valor da obra, valor do profissional (honorários), descrições do serviço a ser prestado, código do trabalho a ser executado pelo profissional, quantidades e grandeza do trabalho a ser executado.

Na próxima seção, serão apresentadas algumas ferramentas que o software possui para auxiliar no desenho dos projetos elétricos.

SEÇÃO 3

Ferramentas computacionais para auxílio em projetos elétricos

Antigamente as pranchas eram desenhadas em pranchetas de desenho, utilizando esquadros, transferidores e canetas de diferentes espessuras de pontas. Mas a evolução dos computadores influenciou bastante a forma de produzir documentos e desenhos.

Hoje os desenhos são produzidos utilizando softwares chamados de CAD (*computed aided design* → desenho auxiliado por computador).

A ferramenta CAD, além de padronizar a criação de desenhos, possibilitou que os mesmos fossem armazenados virtualmente, eliminando a necessidade de arquivos físicos.

Além da ferramenta CAD, existem ainda as ferramentas CAE (*computed aided engineering* → engenharia auxiliada por computador) o que automatiza cálculos complexos, permitindo a realização de simulações, geração de listas de materiais a partir de desenhos entre outros.

Alguns softwares são compostos por módulos com funcionalidades diferentes que ao serem integrados em um único projeto, podem através do trabalho computacional, realizar todos os cálculos necessários, além de facilitar o trabalho de montagem de pranchas e plotagem.

DICA

O Fabricante AltoQi disponibiliza uma versão demonstrativa em seu site <www.altoqi.com.br> do software lumine, que possui vários recursos para projetos elétricos prediais. Veja um exemplo na figura a seguir:

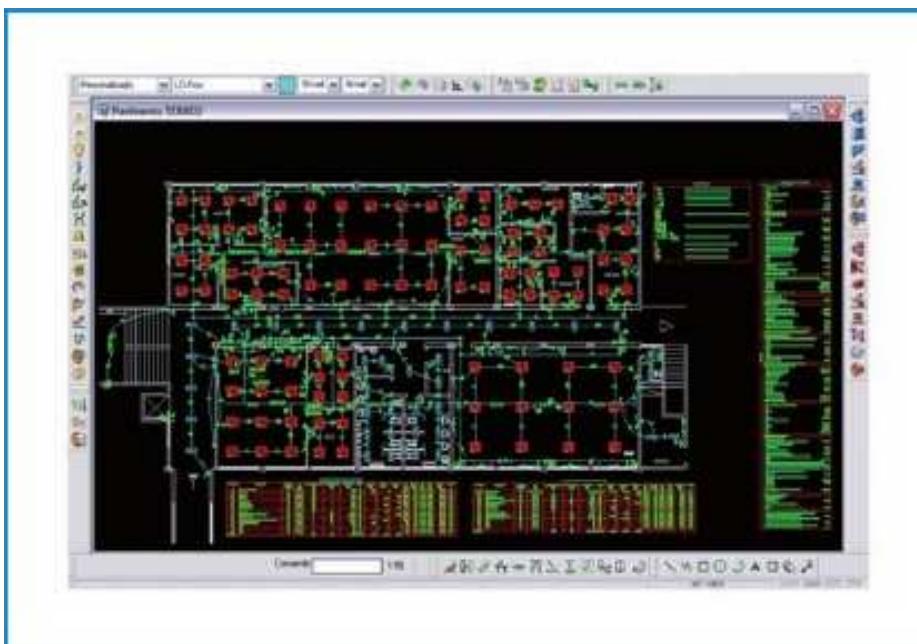


Figura 32 - Exemplo de projeto (Cindacta – Elétrico e Telecomunicações)

Fonte: Maia (2010).

Os recursos que este software possui, são:

- Possui plataforma própria para o desenho de pranchas;
- Pode importar ou exportar desenhos de outros softwares no formato DXF ou DWG;
- Gera listagem com especificações comerciais de todos os materiais inseridos ou calculados pelo programa;
- Gera listagem de símbolos que foram usados no projeto;
- Calcula todos os condutores, dutos e elementos de proteção considerando os critérios de capacidade de corrente e queda de tensão e respeitando as condições mínimas necessárias das concessionárias de energia e a NBR5410-2004;
- Gera diagramas unifilares, multifilares, quadro de cargas, relatórios (para memoriais descritivos), mapas de cabos, detalhes de instalação a partir dos cálculos efetuados pelo próprio software;

- Gerencia a montagem, visualização e a plotagem de pranchas.

Contudo, para o projetista aumentar a produtividade de seus projetos, nem sempre é necessário comprar softwares que possuem inúmeros recursos. Basta conhecer os métodos de cálculo de componentes e montar planilhas eletrônicas que permitam agilizar o cálculo e montar blocos de desenho que possibilitem a rápida inserção e alteração para condições específicas.



Finalizando

Existe um vasto conteúdo de projetos elétricos industriais. Este livro apresenta os principais conhecimentos relacionados ao aprendizado técnico. Para um maior aprofundamento nesta área, sugere-se que você aluno busque outras fontes de conhecimento para complementar seu estudo. Pois como pôde ser visto na disciplina, o conhecimento é dinâmico: está sempre em movimento.

Esperamos que você tenha aproveitado ao máximo os recursos disponibilizados para esta disciplina; seja através de atividades teóricas e práticas desenvolvidas ao longo de cada capítulo utilizando as instalações do SENAI.

Para a próxima etapa de seu curso acreditamos que você estará preparado, que os conhecimentos adquiridos sirvam como base para o seu aperfeiçoamento e que o papel profissional do projetista de instalações elétricas industriais seja mais uma ferramenta de trabalho, seja em uma instalação elétrica seja dentro da sociedade como um todo.



Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução 456**, de 29 de Novembro de 2000: Estabelece, de forma atualizada e consolidada, as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. 53 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5419**: Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5444**: Símbolos Gráficos para Instalações elétricas prediais. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1989.
- BADIA, José Octavio; DUTRA FILHO, Getúlio Delano. **Interpretação de Projetos Elétricos**. Pelotas, RS: CEFET-RS, 2008. 38 p.
- BASOTTI, Márcio Rogério. **Eletrociadade**: instalações industriais. Sapucaia do Sul,: Centro de Educação Profissional SENAI de Eletromecânica, 2001. 124 p.
- CARVALHO, Moisés Roberto Lanner. **Apostila Instalações Elétricas De Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, RJ: ABACUS Informática e Engenharia, 2003. 80 p.
- CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais**. 15. ed. São Paulo: Editora Érica, 2006.
- CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA S.A. CELESC. **NT01-AT**: Forneamento de Energia em Tensão Primária de Distribuição. Florianópolis, SC: 2001. 109 p.
- CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA S.A. CELESC. **NT03 - BT**: Forneamento de Energia Elétrica a Edifícios de Uso Coletivo. Florianópolis, SC: 1997.
- CONCHETO, Celso Luiz. **Simbologia de Instalações Elétricas Prediais**. 2002. Disponível em: <<http://manoel.pesqueira.ifpe.edu.br/cefet/anterior/2009.1/projetos1/Simbologia.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2010.
- CORTES, Maria Cláudia. **Color in Motion**. Disponível em: <<http://www.mariaclaudiacortes.com/colors/Colors.html>>. Acesso em 10 de novembro 2009.
- COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas**. 4. ed. São Paulo: Editora Prentice Hall, 2003.
- CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 14. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000.
- FERRAZ, Rubinei de Servi. **Dispositivos de Média e Baixa Tensão**. Pelotas, RS: CEFET-RS, 2008. 52 p.

- GRAÇA, Moacyr E. A. da. **Dimensionamento**. 2005. Disponível em: <<http://pcc2466.pcc.usp.br/Apostilas/DimenTab.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO COBRE: PROCOBRE. **Aterramento Elétrico**. São Paulo. Editora: Victory Propaganda e Marketing S/C Ltda. 2001. 53 p. Disponível em: <http://www.procobre.org/pr/pdf/pdf_pr/03_aterrame.pdf> Acesso em: 24 mar. 2010.
- ITAIM Iluminação. **Softlux 2.2, software luminotécnico**. Disponível em: <http://www.itaimiluminacao.com.br/novo/index_main.cfm?p=d>. Acesso em 7 abr. 2010.
- LIMA Filho, Domingos Leite. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**. 10. ed. São Paulo: Editora: Érica, 1997.
- LUMICENTER. **Informações Técnicas**. Disponível em: <<http://www.lumicenter.com/downloads/informacoes.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2009.
- MAIA, Lindberg. **Cindacta – Elétrico e Telecomunicação**. Disponível na Galeria de Projetos do link: <<http://www.altoqi.com.br/index2.asp?browser=FF>>. Acesso em 7 abr. 2010.
- MOURA, Walterley Araujo. **Projeto Elétrico Industrial**. Cuiabá, MT: CEFET-MT, 2006. 57 p.
- OSRAM. **Iluminação: Conceitos e Projetos**. Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Downloads/_pdf/Arquivos/Illuminao_Geral/Manual_do_Curso_Illuminacao%2c_Conceitos_e_Projetos/AF_apostila_conceitos_e_projetos_SITE.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2009.
- OSRAM. **Lâmpadas Fluorescentes Tubulares e Circulares**. Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Downloads/_pdf/Arquivos/Illuminao_Geral/Fluorescente_Tubular_T8.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2009.
- PHILIPS. **Catálogo Geral de Luminárias 2008**. São Paulo: Philips, 2008.
- PROCEL. **Manual de tarifação de energia elétrica**. 2001. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/energia/Manual_de_Tarifacao.pdf>. Acesso em 27 nov. 2009.
- SENAI/RS. **Eletricista de Instalações Prediais**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Unidade de Negócios em Educação Profissional de Nível Básico, 2002.
- SIEMENS. **Disjuntores 5SX, 5SP e 5SY**. 2008. Disponível em <http://www.siemens.com.br/templates/get_download2.aspx?id=451&type=FILES>. Acesso em: 26 mar. 2010.