

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA

► MÓDULO I



**PROJETO
DE INSTALAÇÃO
ELÉTRICA PREDIAL**



(61) 3082- 0505 | CONTATO@INEPROTEC.COM.BR
WWW.INEPROTEC.COM.BR



Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas - Brasilia - DF
CEP: 72.600-102

CNPJ nº 08.838.975/0001-03



PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA PREDIAL

► MÓDULO I

TÉCNICO EM
ELETROTÉCNICA



2020 - INEPOTEC

Diretor Pedagógico: Edilvo de Sousa Santos

Diagramação: Gabriel Araújo Galvão

Capa: Carlos Gadelha Júnior

Projeto Gráfico: Agência Santa

Elaboração: INEPOTEC

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

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



Sumário

Esquema Básico do Sistema Elétrico	07
Geração	09
Transmissão	12
Distribuição.....	12
Subestação.....	13
Conceitos e Definições de Projeto	14
Desenhos Elétricos	15
Materiais utilizados em instalações eletricas Prediais	22
Luminárias, Lâmpadas e Acessórios.....	23
Dispositivos de Comando dos Circuitos.....	24
Tomadas Elétricas	27
Condutores Elétricos	28
Eletrodutos.....	28
Tipos De Conduteles.....	30
Exemplo De Um Sistema Residencial	30
Fusíveis	31
Fusível Diazed	31
Fusível NH	32
Disjuntores	35
Dispositivo Residual (DR)	38
Dispositivo de Proteção Contra Surto (DPS)	40
Quadros de Distribuição	41
Acessórios Gerais	42
Projeto Predial - Elétrica	43
Conceitos e definições	43
Esquemas Fundamentais de Ligação	45

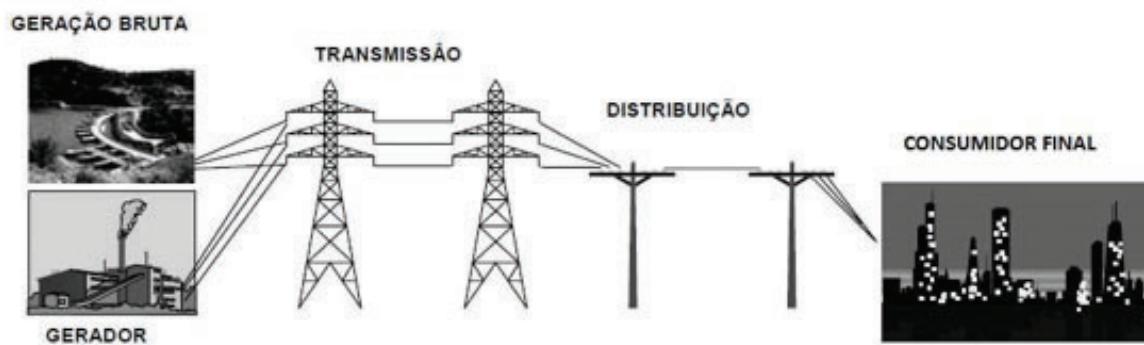
Cálculo da Quantidade Mínima de Iluminação e Tomadas	47
A- Carga de iluminação	47
B -Pontos de tomada de uso geral (TUG)	48
C - Pontos de tomada de uso específico (TUE)	49
Divisão das Cargas em Circuitos	49
Quadro de Previsão de Cargas	50
Fator de Demanda	50
Fator de Diversidade	52
Tipos de Linhas Elétricas	54
Dimensionamento dos Condutores	59
Dimensionamento dos Eletrodutos	66
Quadro Geral de Baixa Tensão e de Distribuição	67
Quadro de Medidores	69
Esquema Vertical ou Prumada Elétrica	69
Projeto Predial - Telefonia	70
Caixa de Entrada Subterrânea.	72
Aterramento	74
Prumada Telefônica	74
Esquemas de Ligação	75
Projeto Predial - SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas	78
Referências	81

Esquema Básico de Sistema Elétrico

A energia elétrica percorre diversos caminhos e sofre algumas transformações antes de chegar ao consumidor final.

O conjunto desses passos é chamado de sistema elétrico.

As etapas de um sistema elétrico são mostradas na figura abaixo.



A energia elétrica é gerada em tensão igual a 13.800V, porém, como até chegar aos pontos de distribuição a corrente precisa percorrer grandes distâncias, na saída dos geradores são conectadas subestações elevadoras, com a finalidade elevar a tensão de transmissão, diminuindo assim a corrente elétrica a ser transmitida.

Atualmente, grande parte do sistema elétrico é interligada pelo SIN (Sistema Interligado Nacional) e recebem as instruções de manobras a serem executadas do ONS (Operador Nacional do Sistema). A figura a seguir mostra como está interligado o sistema elétrico brasileiro.



Legenda

Existente Futuro

138 kV	
230 kV	
345 kV	
440 kV	
500 kV	
750 kV	
±600 kV cc	

● Centro de Carga

■ Número de circuitos existentes

○ Bacia hidrográfica

Quando a energia elétrica chega aos grandes centros, é necessário reduzir a tensão para valores de distribuição, essa redução da tensão é realizada através das subestações abaixadoras, que abaixam a tensão inicialmente para 11.440V ou 13.800V, dependendo da localidade, depois, para o consumidor de baixa tensão, para 380/220V ou 220/127V.

GERAÇÃO

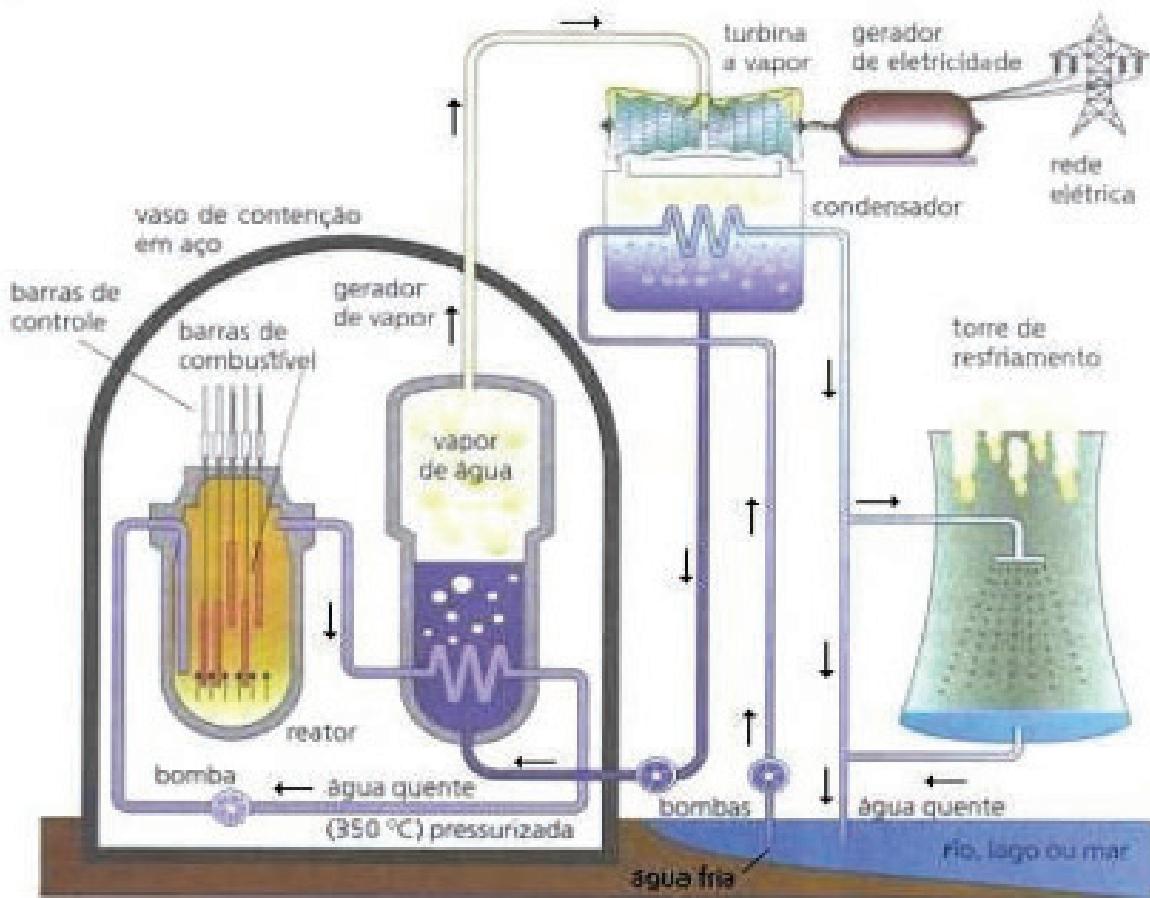
O processo de geração é realizado através da transformação de outras formas de energia (térmica, mecânica, química, etc) em energia elétrica.



No Brasil, a maior parte da geração realizada no país se dá a partir das usinas hidroelétricas, que transformam a energia mecânica obtida pela força das águas em energia elétrica. Neste processo, a água é represada em um ponto mais alto, chamado de represa ou reservatório, com a abertura das comportas, essa água é conduzida, através de um duto, para movimentar as pás de uma turbina. A movimentação da turbina vai gerar um campo girante que induzirá uma tensão capaz de alimentar o sistema elétrico. Após o processo, a água é devolvida aos rios. A figura a seguir esquematiza o processo em questão.

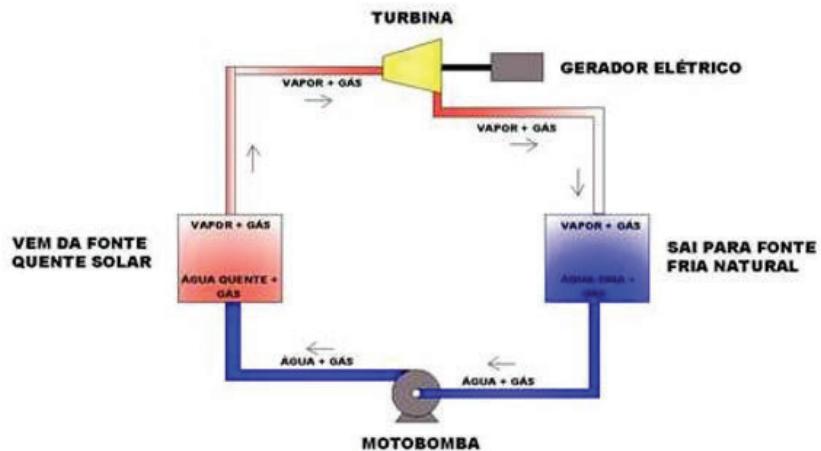


Outra forma de geração bastante utilizada no país é a termelétrica, processo em que fóssil-combustíveis são aquecidos gerando um vapor de água, cuja força movimenta a turbina a vapor que, também através da geração do campo girante, induz a tensão que alimenta o sistema elétrico. Após essa movimentação, o vapor de água é condensado, virando água novamente. A água pode ser bombeada novamente para o sistema, ou ser descartada para os rios.

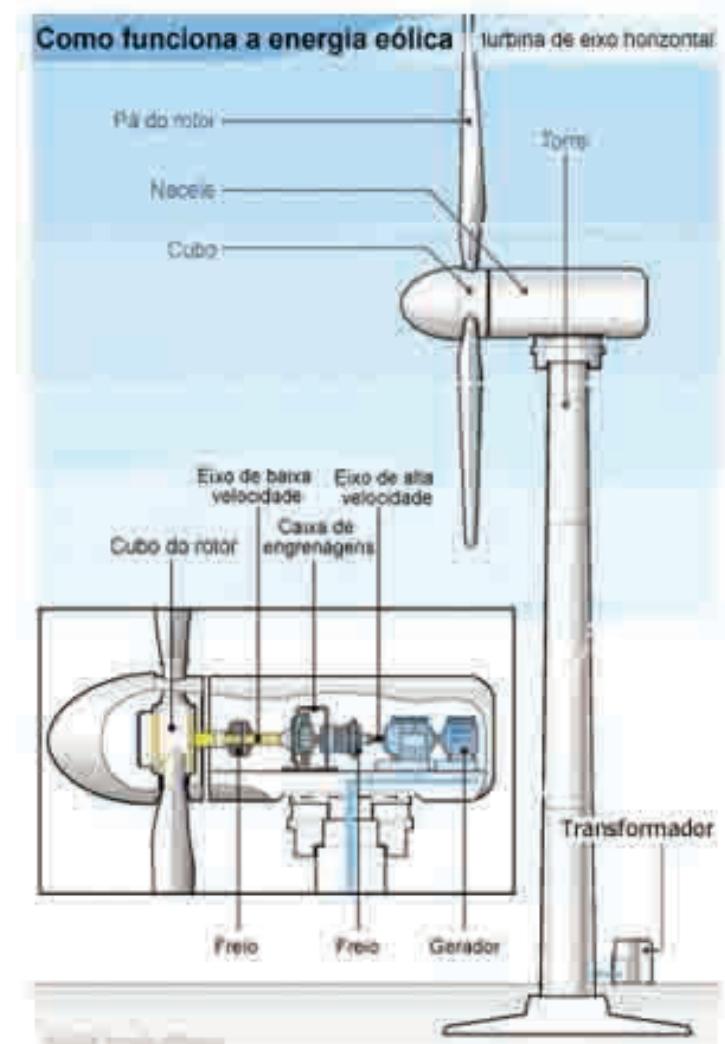


Nos últimos anos, muito se tem falado sobre novas fontes de energias, as chamadas "fontes renováveis". Elas são assim chamadas porque suas fontes primárias são inesgotáveis, como o sol e os ventos. Porém, deve ser levado em consideração o fato de que tais fontes para serem fabricadas precisam de algumas matérias-primas que, na sua fabricação e ao serem descartadas, podem agredir bastante o meio ambiente.

A figura a seguir mostra um desenho esquemático de um sistema de geração solar. O método é bastante similar ao funcionamento de uma termelétrica convencional, porém, neste processo o calor solar substitui a utilização dos combustíveis fósseis.



Já a geração eólica (utilizando a força dos ventos) é um processo que se assemelha mais ao da geração hidráulica, com a força dos ventos substituindo a força das águas. Como pode ser visto na figura a seguir.



TRANSMISSÃO

O processo de transmissão de energia elétrica consiste em levar os grandes lotes de energia elétrica das usinas geradoras até os grandes centros consumidores. Os níveis de tensão mais usuais em correntes de linha de transmissão são: 69kV; 138kV; 230kV; 400kV e 500kV. O processo de transmissão pode ser realizado em corrente contínua ou corrente alternada. A figura a seguir mostra linhas de transmissão do complexo de Paulo Afonso – BA.



DISTRIBUIÇÃO

O processo de distribuição se inicia na subestação abaixadora, local em que a energia chega aos grandes centros consumidores, e é responsável por alimentar eletricamente os consumidores finais do processo (vale ressaltar que alguns consumidores são alimentados em tensões de transmissão, sem necessitar dos processos de distribuição). As tensões mais usuais nos processos de distribuição são:

Distribuição primária: 11,4kV; 13,8kV e 34,5kV.

Distribuição Secundária: 380/220V e 220/127V.

É realizada através de postes de cimento ou de madeira, que possuem os formatos de secção redondo ou duplo "T".

SUBESTAÇÃO

Subestação é um conjunto de condutores, aparelhos e equipamentos destinados a modificar as características da energia elétrica (tensão e corrente), permitindo a sua distribuição aos pontos de consumo em níveis adequados de utilização. Em termos gerais, as subestações podem ser classificadas como:

Subestação Central de Transmissão: é aquela normalmente construída ao lado das usinas produtoras de energia elétrica, cuja finalidade é elevar os níveis de tensão fornecidos pelos geradores para transmitir a potência gerada aos grandes centros de consumo.

Subestação receptora de transmissão: é aquela construída próxima aos grandes blocos de carga e que está conectada, através de linha de transmissão, à subestação central de transmissão ou à outra subestação receptora intermediária.

Subestação de subtransmissão: é aquela construída, em geral, no centro de um grande bloco de carga, alimentada pela subestação receptora e de onde se originam os alimentadores de distribuição primários, suprindo diretamente os transformadores de distribuição e/ou as subestações de consumidor.

Subestação de consumidor: é aquela construída em propriedade particular suprida através de alimentadores de distribuição primários, originados nas subestações de subtransmissão, que suprem os pontos finais de consumo.

A figura abaixo apresenta a foto de uma subestação do complexo de Paulo Afonso – BA.



Conceitos e Definições de Projeto

O PMI (Project Management Institute), associação sem fins lucrativos de profissionais de gerência de projetos, define projeto como um esforço temporário com a finalidade de criar um produto/serviço único.

Analisando a definição do PMI, podemos concluir que um projeto deve possuir as seguintes características:

Ter início e fim bem determinados;

Ainda que o projeto possa ser replicado, seu processo de concepção faz dele um elemento único.

O ciclo de vida de um projeto segue três fases distintas:

Concepção: também chamada de fase inicial, é o momento em que são recolhidas as informações, analisadas as possibilidades, verificados os caminhos viáveis para o prosseguimento do projeto.

Implantação: também chamada de fase intermediária, inicia com a aprovação do projeto básico. Nesta fase são elaborados os projetos detalhados, realizadas as contratações e aquisições, até a execução da obra. Seu fim é marcado pelos testes a quente do processo.

Encerramento: também chamada de fase final, inicia com o start-up (testes a quente) e finaliza com a entrega da documentação, o fechamento dos treinamentos e o aceite definitivo da obra.

O objetivo de um projeto é desenvolver o produto/serviço razão de sua existência dentro do prazo, custo e nível de qualidade desejados.

Para satisfazer as premissas básicas de um projeto, agora falando especificamente de projeto elétrico, alguns componentes são essenciais, quais sejam:

Memória de cálculo: como o próprio nome sugere, é o elemento de projeto que traz a base científica do que será realizado, a partir de valores normatizados e/ou normalmente aceitos na bibliografia clássica.

Planta Baixa: traz a disposição dos componentes previamente calculados, com simbologia adequada e seus encaminhamentos e interligações.

Diagrama Unifilar / Trifilar: mostra detalhadamente a forma de conexão dos componentes elétricos de um painel elétrico específico, podendo trazer também o leiaute do mesmo.

Orçamento: trata-se da listagem de todos os materiais calculados para o projeto, com quantitativo e preço (estimativa).

Escopo: lista todos os serviços a serem executados na obra, muitas vezes também é composto pelas normas comerciais e jurídicas que regem os contratos da empresa, assim como

alguns elementos básicos de segurança do trabalho.

Memorial descritivo: detalha as características dos componentes elétricos a serem utilizados e seus acessórios, bem como as peculiaridades dos serviços. Em alguns casos, o memorial descritivo já contém o escopo do serviço.

Além dos elementos já citados, podem fazer parte do projeto outros elementos que possam tornar a interpretação do mesmo mais eficaz, tais como justificativa, cronograma, plantas de corte e detalhes, etc. Nos casos em que a empresa não especifica os componentes que farão parte do projeto, fica a cargo do projetista a tomada de decisão.

Desenhos Elétricos

Os desenhos elétricos devem ser desenvolvidos com a simbologia atualizada de acordo com a norma NBR-5444 e em tamanho de papel normatizado.

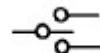
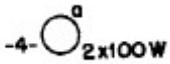
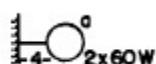
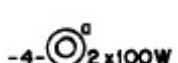
A figura a seguir indica a simbologia normatizada, segundo a NBR-5444.

SIMBOLOGIA	DESCRÍÇÃO	OBSERVAÇÃO
	Eletroduto embutido no teto ou parede	Para todas as dimensões em mm indicar a seção, se esta não for de 15 mm
	Eletroduto embutido no piso	
	Telefone no teto	
	Telefone no piso	
	Tubulação para campainha, som, anunciador ou outro sistema	Indicar na legenda o sistema passante
	Condutor de fase no interior do eletroduto	Cada traço representa um condutor. Indicar a seção, nº de condutores, nº do circuito e a seção dos condutores, exceto se forem de 1,5 mm²
	Condutor neutro no interior do eletroduto	
	Condutor de retorno no interior do eletroduto	
	Condutor terra no interior do eletroduto	
	Condutor positivo no interior do eletroduto	

PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA PREDIAL

	Condutor negativo no interior do eletro-duto	
	Cordoalha de terra	Indicar a seção utilizada; em 50_ significa 50 mm ²
	Leito de cabos com um circuito passante composto de: três fases, cada um por dois cabos de 25 mm ² mais dois cabos de neutro de seção 10 mm ²	25 _ significa 25 mm ² 10 _ significa 10 mm ²
	Caixa de passagem no piso	Dimensões em mm
	Caixa de passagem no teto	
	Caixa de passagem na parede	Indicar a altura e se necessário fazer detalhe (dimensões em mm)
	Eletroducto que sobe	
	Eletroducto que desce	
	Eletroducto que passa descendo	
	Eletroducto que passa subindo	
	Sistema de calha de piso	No desenho aparecem quatro sistemas que são habitualmente: I- Luz e força II- Telefone (TELEBRÁS) III- Telefone (P(A)BX, KS, ramais) IV- Especiais (COMUNICAÇÕES)
	Condutor seção 1,0 mm ² , fase para campainha	Se for de seção maior, indicá-la
	Condutor seção 1,0 mm ² , neutro para campainha	
	Condutor seção 1,0 mm ² , retorno para campainha	

	Quadro parcial de luz e força aparente	Indicar as cargas de luz em watts e de força em W ou kW
	Quadro parcial de luz e força embutido	
	Quadro geral de luz e força aparente	As letras minúsculas indicam os pontos comandados
	Quadro geral de luz e força embutido	
	Caixa de telefones	
	Caixa para medidor	
	Interruptor de uma seção	
	Interruptor de duas seções	
	Interruptor de três seções	
	Interruptor paralelo ou Three-Way	
	Interruptor intermediário ou Four-Way	
	Botão de minutaria	
	Botão de campainha na parede (ou comando à distância)	
	Botão de campainha no piso (ou comando à distância)	
	Fusível	Indicar a tensão, correntes nominais
	Chave seccionadora com fusíveis, abertura sem carga	
	Chave seccionadora com fusíveis, abertura em carga	
	Chave seccionadora abertura sem carga	
	Chave seccionadora abertura em carga	Indicar a tensão, corrente potência, capacidade nominal de interrupção e polaridade
	Disjuntor a óleo	

	Disjuntor a seco	Indicar a tensão, corrente potência, capacidade nominal de interrupção e polaridade através de traços
	Chave reversora	
	Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o nº de lâmpadas e a potência em watts	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
	Ponto de luz incandescente na parede (arandela)	Deve-se indicar a altura da arandela
	Ponto de luz incandescente no teto (embutido)	
	Ponto de luz fluorescente no teto (indicar o nº de lâmpadas e na legenda o tipo de partida e reator)	A letra minúscula indica o ponto de comando e o número entre dois traços o circuito correspondente
	Ponto de luz fluorescente na parede	Deve-se indicar a altura da luminária
	Ponto de luz fluorescente no teto (embutido)	
	Ponto de luz incandescente no teto em circuito vigia (emergência)	
	Ponto de luz fluorescente no teto em circuito vigia (emergência)	
	Sinalização de tráfego (rampas, entradas, etc.)	
	Lâmpada de sinalização	
	Refletor	Indicar potência, tensão e tipo de lâmpadas
	Poste com duas luminárias para iluminação externa	Indicar as potências, tipo de lâmpadas
	Lâmpada obstáculo	
	Minuteria	Diâmetro igual ao do interruptor

	Ponto de luz de emergência na parede com alimentação independente	
	Exaustor	
	Motobomba para bombeamento da reserva técnica de água para combate a incêndio	
	Tomada de luz na parede, baixo (300 mm do piso acabado)	A potência deverá ser indicada ao lado em VA (exceto se for de 100 VA), como também o nº do circuito correspondente e altura da tomada, se for diferente da normalizada; se a tomada for de força, indicar o nº de W ou kW
	Tomada de luz a meio a altura (1.300 mm do piso acabado)	
	Tomada de luz alta (2.000 mm do piso acabado)	
	Tomada de luz no piso	
	Saída para telefone externo na parede (rede Telebrás)	
	Saída para telefone externo na parede a uma altura "h"	Especificar "h"
	Saída para telefone interno na parede	
	Saída para telefone externo no piso	
	Saída para telefone interno no piso	
	Tomada para rádio e televisão	
	Relógio elétrico no teto	
	Relógio elétrico na parede	
	Saída de som, no teto	
	Saída de som, na parede	Indicar a altura "h"
	Cigarra	
	Campainha	

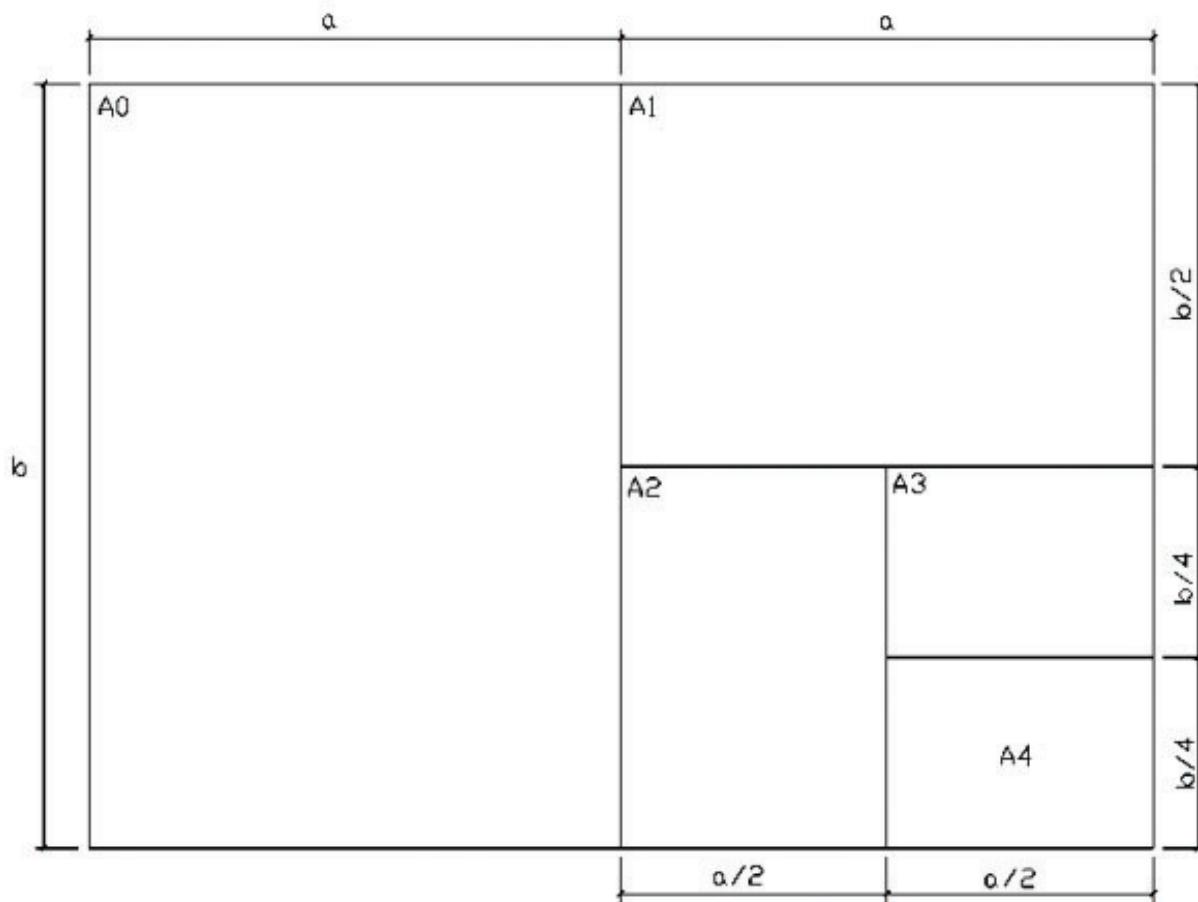
PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA PREDIAL

	Quadro anunciador	Dentro do círculo, indicar o número de chamadas em algarismos romanos
	Gerador	Indicar as características nominais
	Motor	Indicar as características nominais
	Transformador de potência	Indicar a relação de tensões e valores nominais
	Transformador de corrente (um núcleo)	Indicar a relação de espiras, classe de exatidão e nível de isolamento. A barra de primário deve ter um traço mais grosso
	Transformador de potencial	
	Transformador de corrente (dois núcleos)	
	Retificador	
	Acumulador ou elementos de pilha	a) O traço longo representa o polo positivo e o traço curto, o polo negativo b) Este símbolo poderá ser usado para representar uma bateria se não houver risco de dúvida. Neste caso, a tensão ou o nº e o tipo dos elementos deve(m) ser indicado(s).
	Bateria de acumuladores ou pilhas. Forma 1	Sem indicação do número de elementos
	Bateria de acumuladores ou pilhas. Forma 2	

A figura a seguir indica os formatos de folhas existentes e suas dimensões.

Folha	Largura (mm)	Altura (mm)
A0	481	1189
A1	594	841
A2	420	594
A3	297	420
A4	210	297

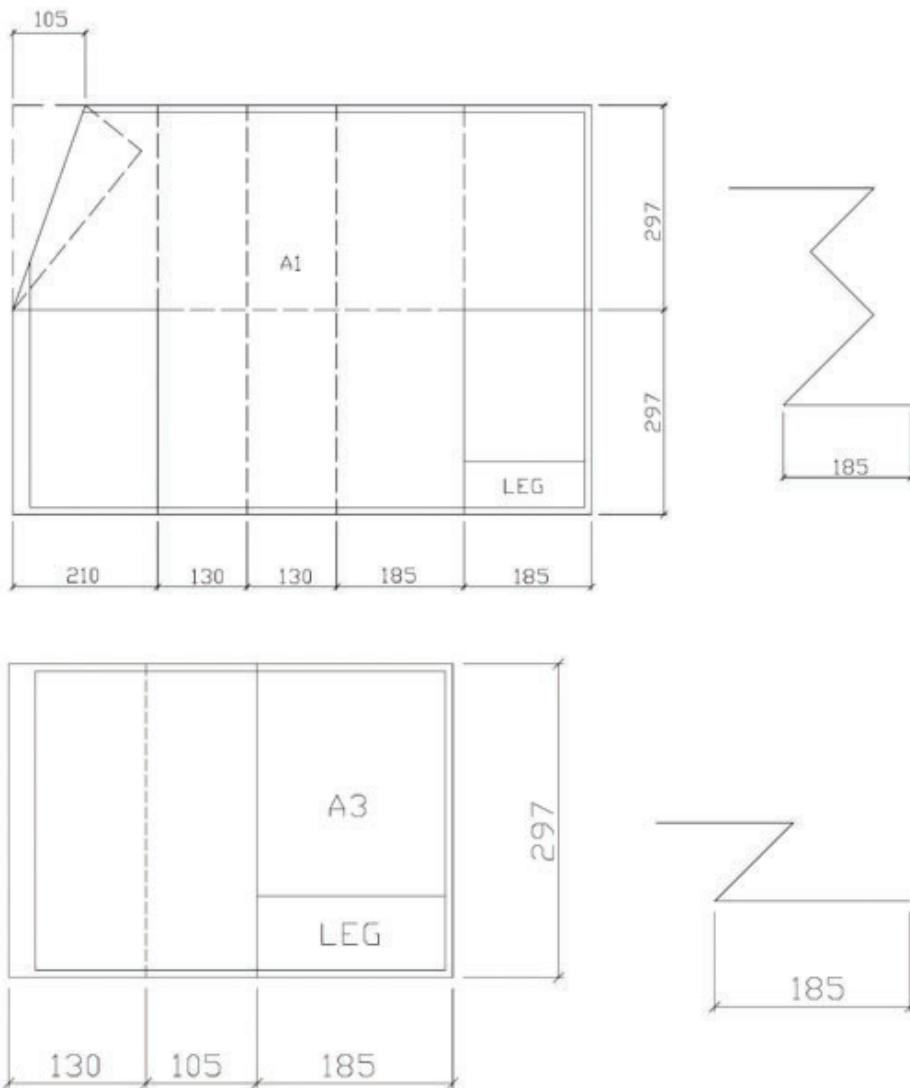
Como é possível observar, o comprimento de um formato sempre coincide com a largura do formato seguinte, como demonstra a figura a seguir.



Também as margens que deverão ser utilizadas na elaboração dos desenhos são normatizadas, conforme tabela a seguir.

Formato	Margem esquerda (mm)	Demais margens (mm)
A0	25	10
A1	25	10
A2	25	7
A3	25	7
A4	25	7

Para que, no momento da entrega, seja possível encadernar o projeto sem inviabilizar a sua leitura enquanto encadernado, são definidas formas corretas de dobra do papel. Em elétrica, são mais utilizados os formatos A1 e A3, seguem abaixo as formas de dobra de cada um destes modelos.

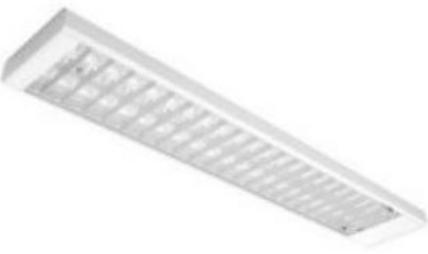


Materiais utilizados em instalações elétricas prediais

Os materiais utilizados em instalações elétricas devem ser os construídos especificamente para esta função, não devem ser utilizados materiais de características aparentemente similares, uma vez que estes podem não possuir as mesmas características anti-chamas e de capacidade para suportar os níveis de temperatura inerentes aos equipamentos elétricos.

LUMINÁRIAS, LÂMPADAS E ACESSÓRIOS

As lâmpadas fornecem a energia luminosa que lhes é inherente com auxílio das luminárias, que são os seus sustentáculos, através das quais se obtém melhor distribuição luminosa, melhor proteção contra as intempéries, permitem ligação à rede, além de proporcionarem aspecto visual agradável e estético. Um estudo maior sobre as luminárias, lâmpadas e acessórios será verificado na etapa 2, com o estudo de luminotécnica. A seguir são apresentados os tipos mais utilizados em residências unifamiliares e multifamiliares.

	Luminária de embutir para lâmpada incandescente ou fluorescente compacta
	Luminária de sobrepor para lâmpadas 2 fluorescentes tubular
	Luminária de embutir para 4 lâmpadas fluorescentes tubular
	Luminária tipo tartaruga

	Lâmpada incandescente
	Lâmpada fluorescente compacta
	Lâmpada fluorescente tubular
	Reator para lâmpadas fluorescentes tubulares

DISPOSITIVOS DE COMANDO DOS CIRCUITOS

Os dispositivos de comando dos circuitos servem para seccionar os circuitos, seja in-loco ou à distância.

Os comandos de circuitos trifásicos ou bifásicos devem seccionar todas as fases do equipamento simultaneamente.

Os interruptores monopolares, paralelos ou intermediários, deverão sempre seccionar o condutor fase do circuito, nunca o neutro.

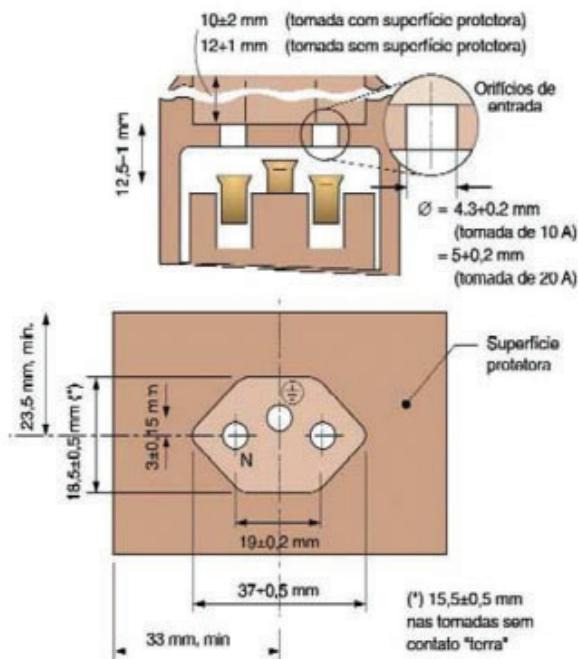
	Interruptor Simples, intermediário e paralelo (a vista frontal dos mesmos é igual, o que muda é a quantidade de terminais disponíveis na parte posterior do interruptor)
	Interruptor Duplo
	Interruptor Triplo
	Interruptor bifásico
	Minuteria
	Programador de tempo (timmer)

	Dimmer
	Pulsado para campainha
	Chave-bóia
	Contator



TOMADAS ELÉTRICAS

As tomadas elétricas normalmente são de 15A – 127/220V.



	Tomada elétrica simples 2P+T, padrão brasileiro
	Tomada elétrica dupla 2P+T, padrão brasileiro

CONDUTORES ELÉTRICOS

São responsáveis por conduzir a corrente elétrica. A maioria dos condutores utilizados em instalações elétricas são de cobre, podendo ser de alumínio, com isolação de PVC, EPR ou XLPE.

O PVC (Cloreto de polivinila) é composto de uma mistura de cloreto de polivinila puro (resina sintética) com plastificantes, cargas e estabilizantes. A sua resistência à água e a agentes químicos é relativamente alta, possuindo boa característica de não propagação de chama, gerando, porém, uma grande quantidade de gases tóxicos e corrosivos, além de fumaça, quando submetido ao fogo.

A borracha etileno-propileno (EPR) e o polietileno reticulado (XLPE), por se tratarem de uma mistura reticulada quimicamente, possuem excelente resistência ao envelhecimento térmico. Ao serem submetidos a temperaturas elevadas, acima dos seus limites pré-estabelecidos, se carbonizam sem passarem pelo estado líquido.

A isolação EPR possui boa resistência à água e aos agentes químicos. Apresenta também uma flexibilidade maior do que o XLPE e rigidez dielétrica elevada, com baixas perdas dielétricas, o que possibilita seu emprego em alta tensão, usualmente até 138kV.

Os condutores elétricos podem ser fio ou cabo (condutor isolado) ou cabo multipolar, composto por vários cabos elétricos. A figura a seguir detalha melhor as diferenças.



ELETRODUTOS

São utilizados para suportar os cabos elétricos. É vedado o uso como eletroduto de produtos que não sejam expressamente apresentados e comercializados como tal.

Só são admitidos eletrodutos não propagadores de chama e, quando utilizados embutidos, devem suportar os esforços de deformação característicos da técnica construtiva utilizada.

Em qualquer situação, os eletrodutos devem suportar as solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas que forem submetidos nas condições da instalação.

Eletrodutos

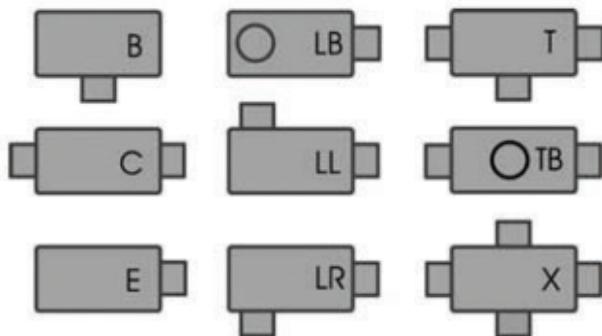
	Eletroduto em PVC rígido	Mais utilizados em instalação aparente ou subterrâneas, em áreas pouco propícias a choques mecânicos
	Conduíte	Mais utilizados embutidos nas paredes.

Acessórios

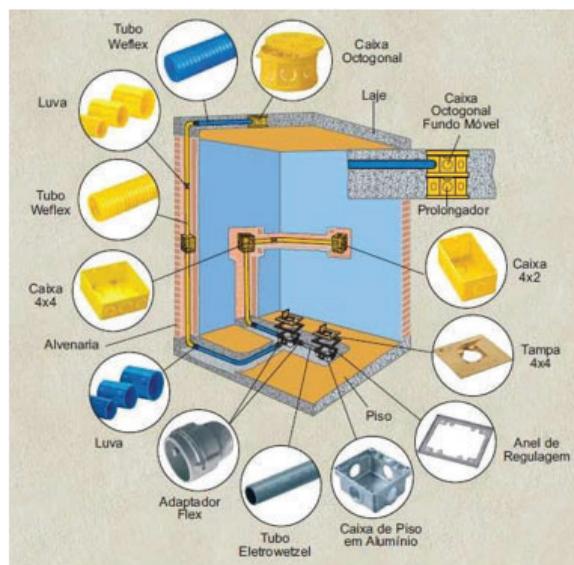
	Caixa octogonal em PVC	Instalada normalmente no teto, para interligação dos pontos de luz residenciais
	Condulete	Utilizado principalmente nas instalações aparentes.

	Caixa em PVC 4x2"	Utilizado nos pontos de derivação
	Caixa em PVC 4x4"	Utilizado nos pontos de derivação

TIPOS DE CONDULETES



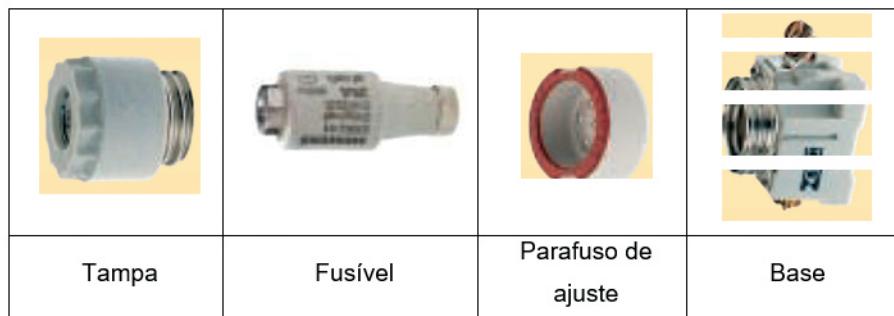
EXEMPLO DE UM SISTEMA RESIDENCIAL



FUSÍVEIS

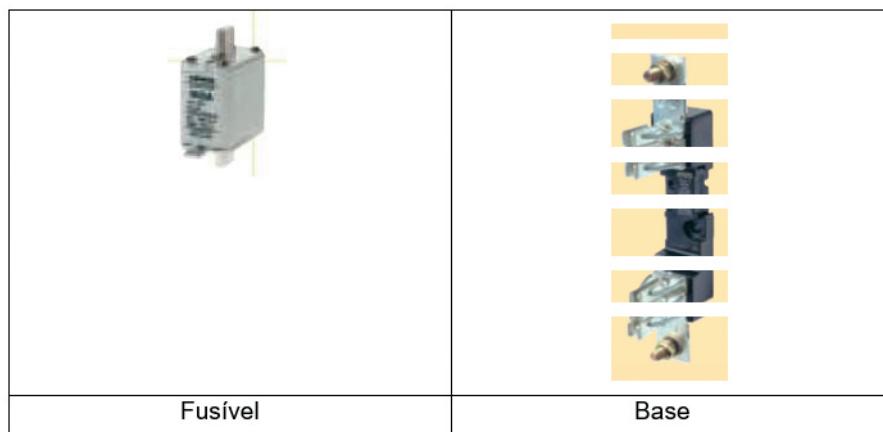
Os fusíveis são dispositivos destinados à proteção dos circuitos elétricos e que se fundem quando percorridos por uma corrente de valor superior àquela para a qual foram projetados.

Fusível Diazed



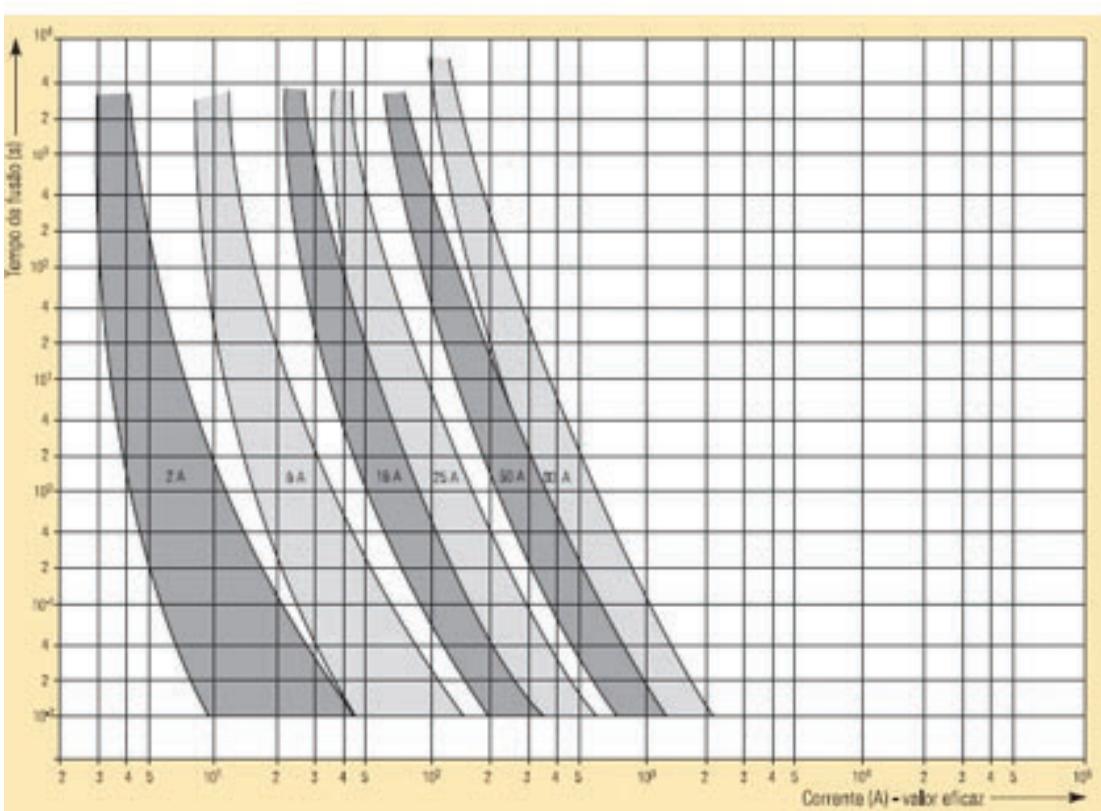
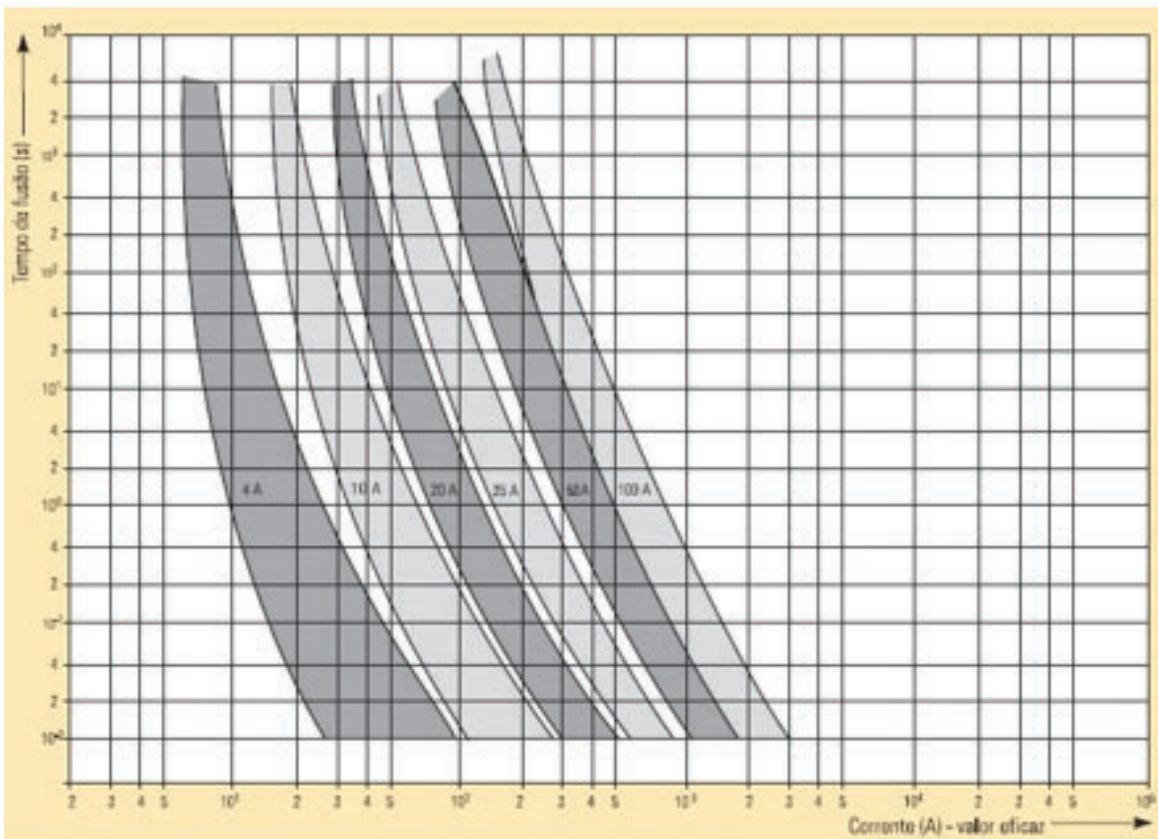
Tamanho NBR 9156 DIN 49515	Corrente nominal (A)	Tipo	Código de cor
D II	2	5SB2 11	Rosa
	4	5SB2 21	Marrom
	6	5SB2 31	Verde
	10	5SB2 51	Vermelho
	16	5SB2 61	Cinza
	20	5SB2 71	Azul
	25	5SB2 81	Amarelo

Tamanho NBR 9156 DIN 49515	Corrente nominal (A)	Tipo	Código de cor
D III	35	5SB4 11	Preto
	50	5SB4 21	Branco
	63	5SB4 31	Cobre

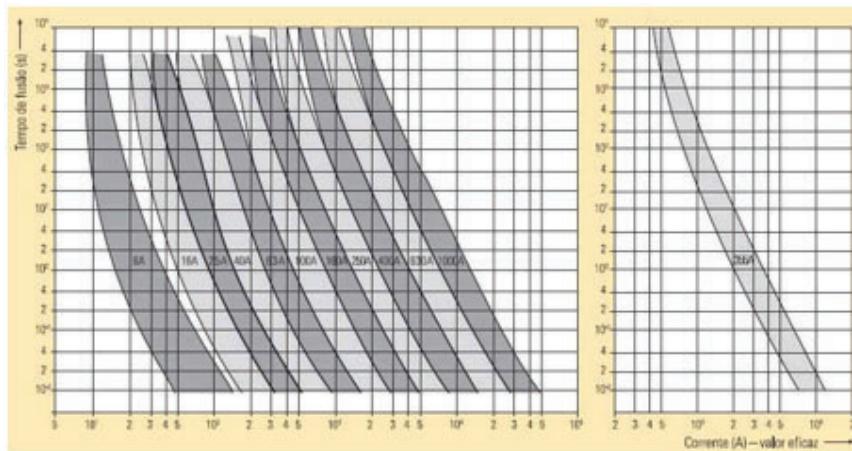
Fusível NH

Tamanho	Corrente nominal (A)	Tipo		Tamanho	Corrente nominal (A)	Tipo	
		Indicador de atuação no topo	Indicador de atuação frontal ¹⁾			Indicador de atuação no topo	Indicador de atuação frontal ¹⁾
000	6	3NA3 801	-	1	40	3NA3 117	3NA7 117
	10	3NA3 803	3NA7 803		50	3NA3 120	3NA7 120
	16	3NA3 805	3NA7 805		63	3NA3 122	3NA7 122
	20	3NA3 807	3NA7 807		80	3NA3 124	3NA7 124
	25	3NA3 810	3NA7 810		100	3NA3 130	3NA7 130
	32	3NA3 812	3NA7 812		125	3NA3 132	3NA7 132
	40	3NA3 817	3NA7 817		160	3NA3 136	3NA7 136
	50	3NA3 820	3NA7 820		200	3NA3 140	3NA7 140
	63	3NA3 822	3NA7 822		224	3NA3 142	3NA7 142
	80	3NA3 824	3NA7 824		250	3NA3 144	3NA7 144
00	100	3NA3 830	3NA7 830				
	125	3NA3 832	3NA7 832				
	160	3NA3 836	3NA7 836				

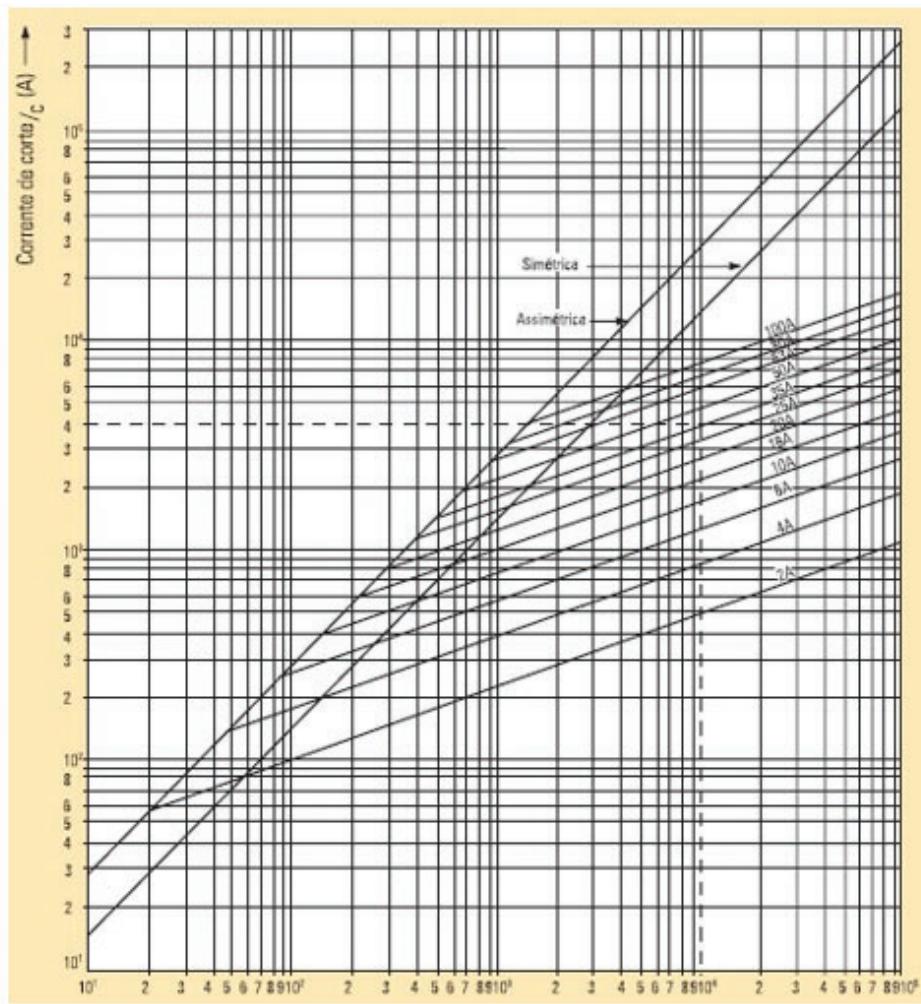
Os fusíveis atuam dentro de determinadas características de tempo de fusão x corrente fornecidas em curvas específicas de tempo inverso de acordo com o projeto de cada fabricante. As figuras a seguir mostram as zonas de atuação dos fusíveis diazed.

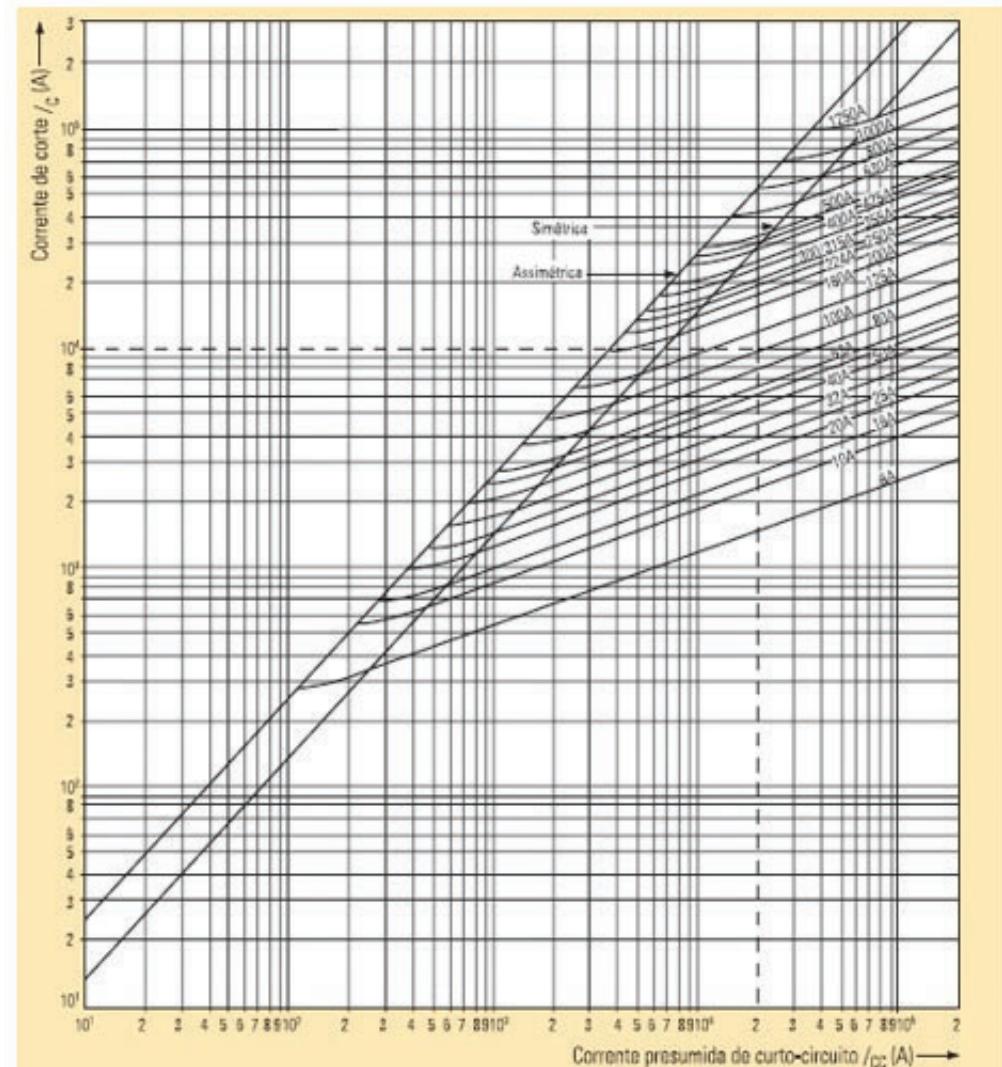


A figura a seguir mostra as zonas de atuação dos fusíveis NH.



As figuras a seguir mostram, respectivamente, as curvas de corte dos fusíveis diazed e NH.





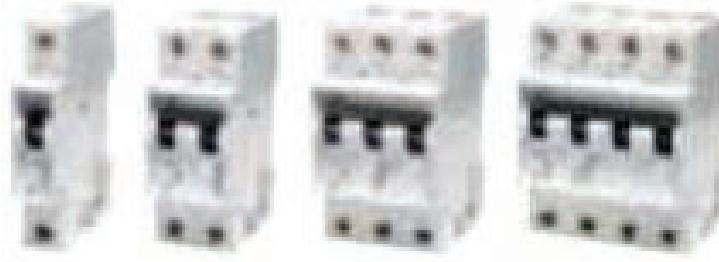
DISJUNTORES

Chamamos de disjuntor o dispositivo eletromecânico que satisfaça simultaneamente às seguintes condições:

- Possua baixa resistência entre seus bornes de ligação;
- Abra automaticamente no caso de curto-círcito;
- Abra automaticamente no caso de sobrecarga no circuito;
- Possua dispositivo para extinção do arco;
- Seja religável após a remoção do defeito no circuito.

O disjuntor deve abrir, automaticamente, interrompendo o circuito, nos casos de sobrecarga ou de curto-círcito. A figurar a seguir mostra um exemplo de disjuntores

monopolares, bipolares, tripolares e tetra polares, respectivamente.

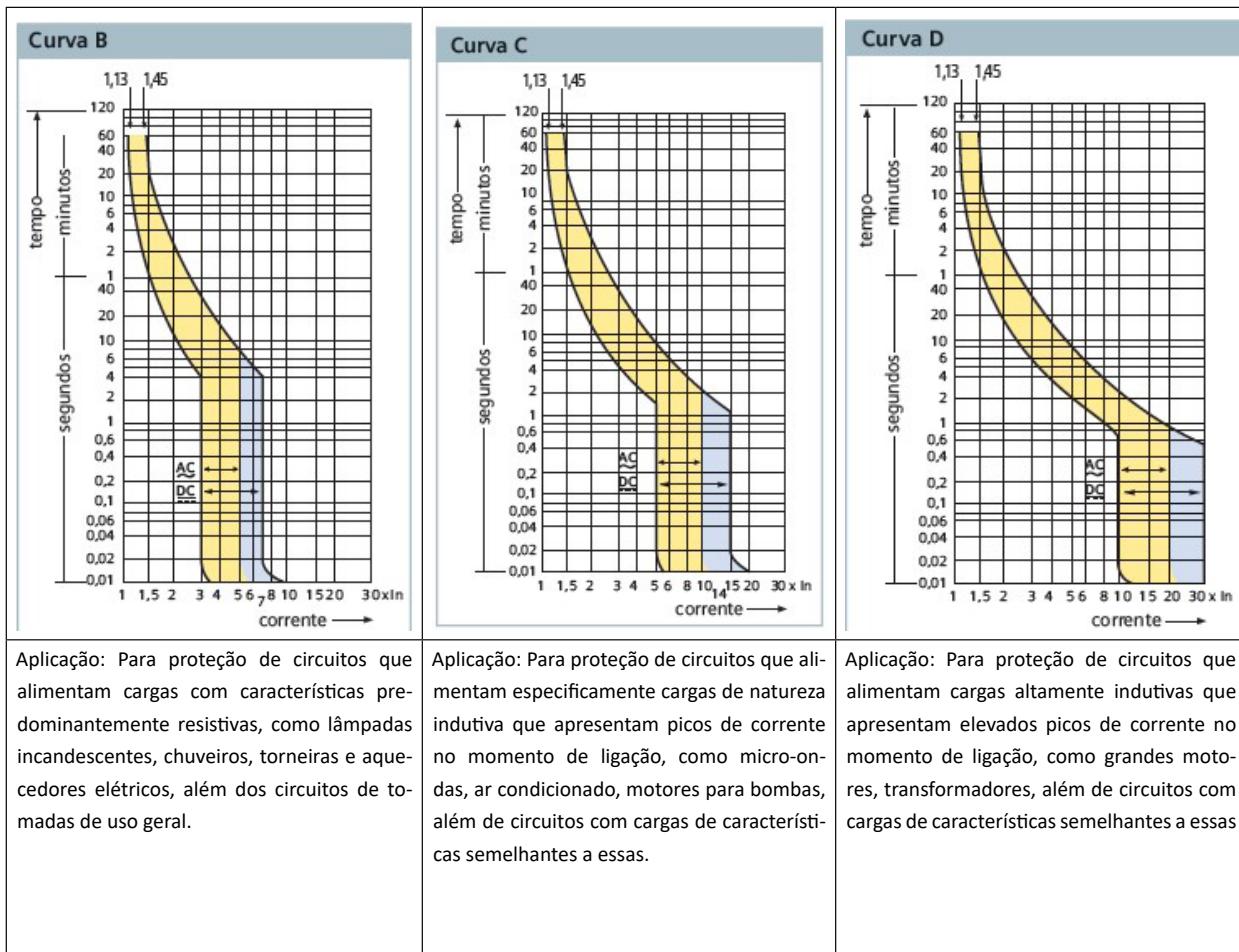


Os disjuntores se diferenciam pela quantidade de polos, pela corrente nominal e pelo tipo de curva de atuação.

Corrente nominal	Tipo		Curva B (disparo em curto circuito 3 a 5 x In)
	monopolar	bipolar	
6 A	5SX2 106-6	5SX2 206-6	
10 A	5SX2 110-6	5SX2 210-6	
13 A	5SX2 113-6	5SX2 213-6	
16 A	5SX2 116-6	5SX2 216-6	
20 A	5SX2 120-6	5SX2 220-6	
25 A	5SX2 125-6	5SX2 225-6	
32 A	5SX2 132-6	5SX2 232-6	

Corrente nominal	Tipo				Curva C (disparo em curto circuito 5 a 10 x In)
	monopolar	bipolar	tripolar	tetrapolar (3P + N)	
0,5 A	5SX2 105-7	5SX2 205-7	5SX2 305-7	-	
1 A	5SX2 101-7	5SX2 201-7	5SX2 301-7	-	
2 A	5SX2 102-7	5SX2 202-7	5SX2 302-7	-	
4 A	5SX2 104-7	5SX2 204-7	5SX2 304-7	-	
6 A	5SX2 106-7	5SX2 206-7	5SX2 306-7	5SX2 606-7	
10 A	5SX2 110-7	5SX2 210-7	5SX2 310-7	5SX2 610-7	
13 A	5SX2 113-7	5SX2 213-7	5SX2 313-7	5SX2 613-7	
16 A	5SX2 116-7	5SX2 216-7	5SX2 316-7	5SX2 616-7	
20 A	5SX2 120-7	5SX2 220-7	5SX2 320-7	5SX2 620-7	
25 A	5SX2 125-7	5SX2 225-7	5SX2 325-7	5SX2 625-7	
32 A	5SX2 132-7	5SX2 232-7	5SX2 332-7	5SX2 632-7	
40 A	5SX2 140-7	5SX2 240-7	5SX2 340-7	5SX2 640-7	
50 A	5SX2 150-7	5SX2 250-7	5SX2 350-7	5SX2 650-7	

Corrente nominal	Tipo		
	monopolar	bipolar	tripolar
0,5 A	5SX2 105-8	5SX2 205-8	5SX2 305-8
1 A	5SX2 101-8	5SX2 201-8	5SX2 301-8
2 A	5SX2 102-8	5SX2 202-8	5SX2 302-8
4 A	5SX2 104-8	5SX2 204-8	5SX2 304-8
6 A	5SX2 106-8	5SX2 206-8	5SX2 306-8
10 A	5SX2 110-8	5SX2 210-8	5SX2 310-8
13 A	5SX2 113-8	5SX2 213-8	5SX2 313-8
16 A	5SX2 116-8	5SX2 216-8	5SX2 316-8
20 A	5SX2 120-8	5SX2 220-8	5SX2 320-8
25 A	5SX2 125-8	5SX2 225-8	5SX2 325-8
32 A	5SX2 132-8	5SX2 232-8	5SX2 332-8
40 A	5SX2 140-8	5SX2 240-8	5SX2 340-8
50 A	5SX2 150-8	5SX2 250-8	5SX2 350-8



Em alguns circuitos, o disjuntor é utilizado na mesma caixa da tomada de uso geral, esse conjunto também é conhecido como conjunto arstop e é mostrado na figura a seguir.



Dispositivo Residual (DR)

Trata-se de um dispositivo de proteção contracorrentes de fuga à terra. A NBR-5410 define algumas situações em que a utilização desses dispositivos é obrigatória:

Os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro;

Os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;

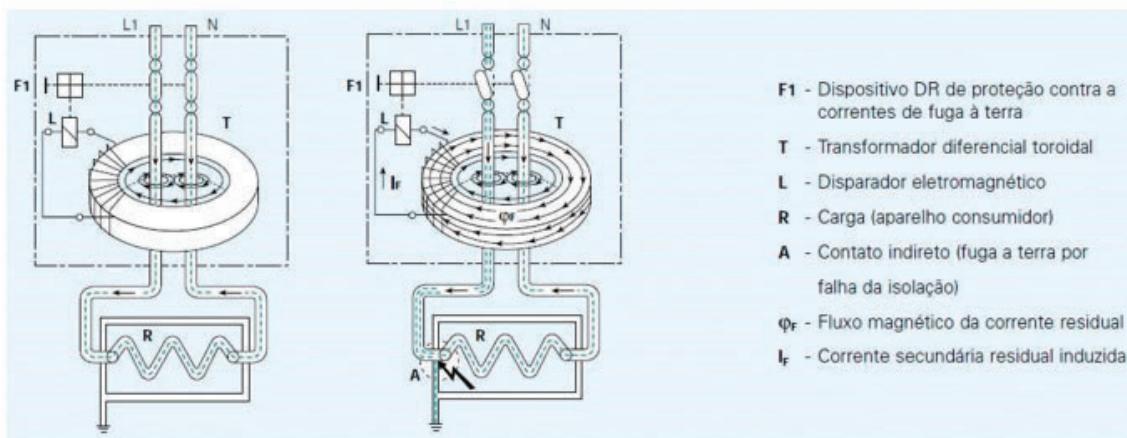
Os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;

Os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas, cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;

Os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas, cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

O DR em si só não constitui proteção contra curto-circuito e sobrecorrentes, de modo que o seu uso deve ser em série com disjuntores termomagnéticos.

O DR é instalado seccionando a fase e o neutro do circuito. Em condições normais, toda a corrente que segue pela fase volta pelo neutro, porém, quando houver uma fuga à terra, o dispositivo reconhece a diferença entre as correntes de fase e neutro e, caso a mesma seja superior a 30mA (ou 300mA, dependendo do nível de ajuste do equipamento), entra em operação, desenergizando o circuito. A figura a seguir demonstra esquematicamente esse princípio de funcionamento.

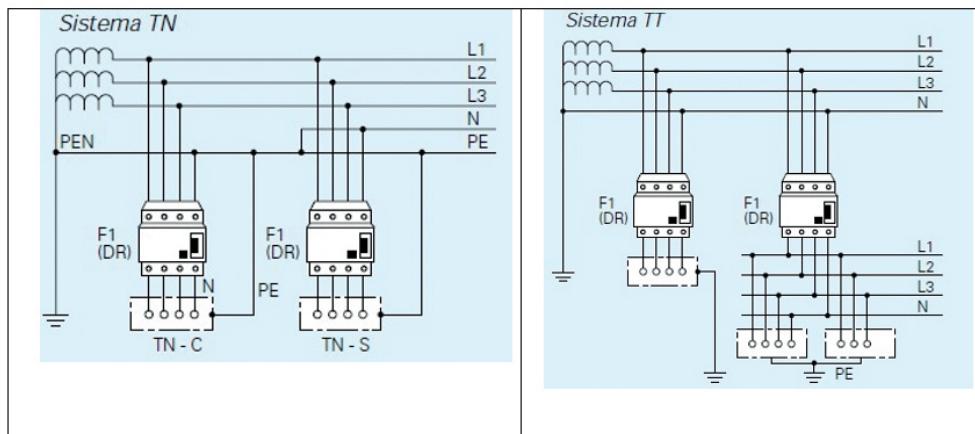


Visualmente, o DR se assemelha a um disjuntor, como pode ser verificado na figura abaixo.



As figuras a seguir apresentam o esquema de ligação de disjuntor DR quando utilizado no sistema de aterramento TN e TT, respectivamente.

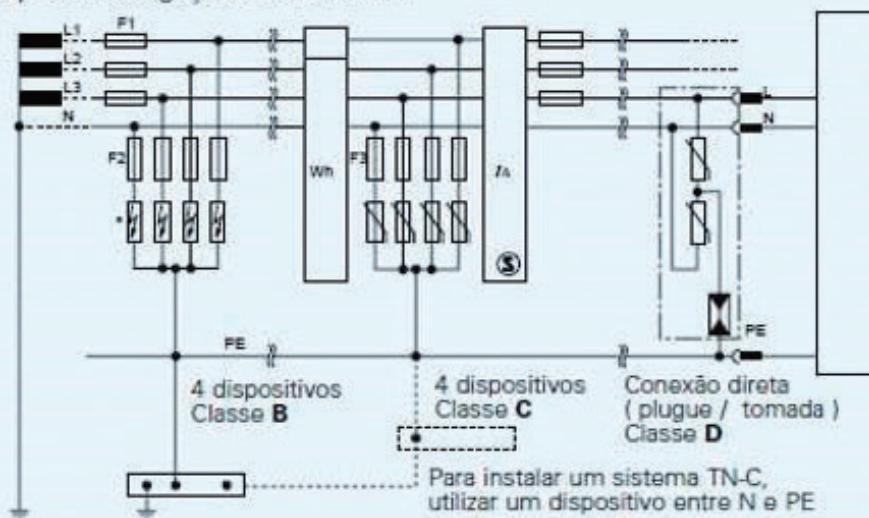
OBS: Os esquemas de aterramento serão vistos posteriormente, em sistemas de aterramento prediais.



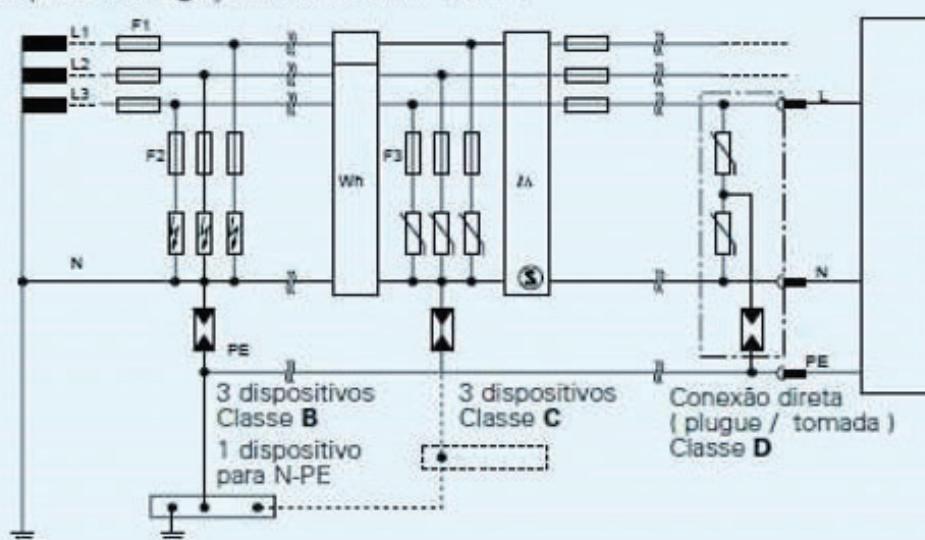
DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTO (DPS)

Equipamentos eletrônicos de custo elevado são utilizados com uma frequência cada vez maior nas áreas do comércio, da indústria, bem como em residências. Surtos de tensão causados por descargas atmosféricas e por manobra de circuitos, são a causa mais frequente de defeitos nestes equipamentos eletrônicos. No caso específico de descargas atmosféricas, equipamentos eletrônicos em um raio de quilômetros do local da descarga estão sujeitos a sérios riscos pela formação de campos eletromagnéticos e consequentes sobretensões induzidas e conduzidas pelos cabos. As figuras a seguir mostram como o DPS é interligado nos sistemas de aterramento TN e TT, respectivamente.

Esquema de ligações sistema TN



Esquema de ligações sistema TT (3+1)



QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO

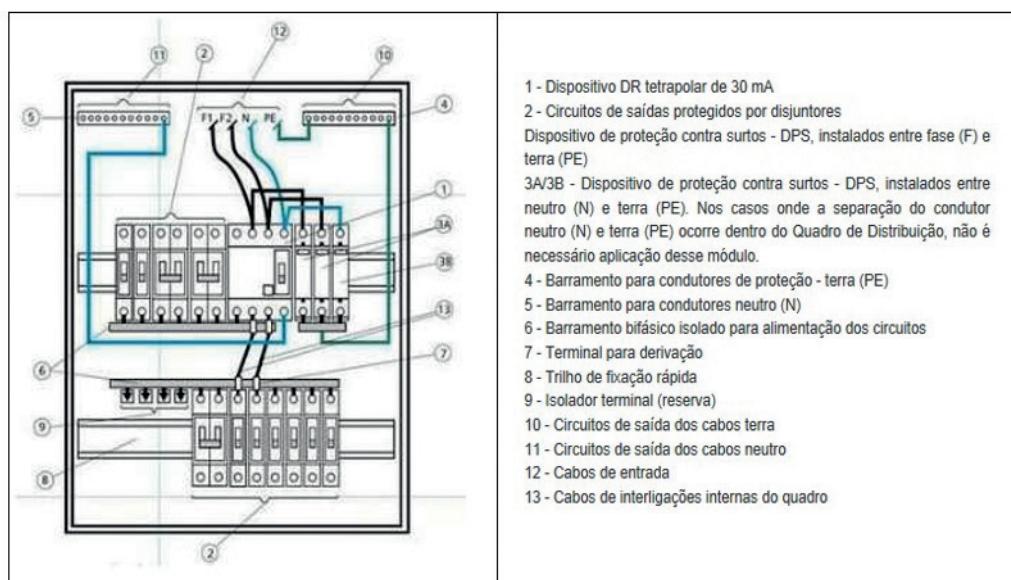
De acordo com a NBR IEC 60050 (826), quadro de distribuição é o equipamento elétrico destinado a receber energia elétrica através de uma ou mais alimentações, e distribuí-la a um ou mais circuitos, podendo também desempenhar funções de proteção, seccionamento, controle e/ou medição.

Os quadros de distribuição de uma instalação podem ser em PVC ou de chapa metálica, devendo ser este último aterrado.

A figura a seguir mostra um quadro de distribuição em PVC e outro em chapa metálica.

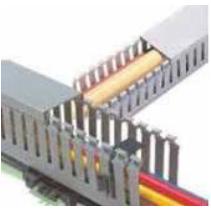


A figura a seguir apresenta um quadro de distribuição montado com seus respectivos componentes.



ACESSÓRIOS GERAIS

Para executar a montagem de uma instalação elétrica, além dos equipamentos já verificados, outros materiais são necessários

	Fita isolante
	Anilhas identificadoras de cabos
	Bornes de conexão
	Trilho TS-32
	Trilho TS-35
	Terminal tipo forquilha para cabos
	Terminal tipo pino para cabos
	Terminal tipo olhal
	Canaleta em PVC para cabos elétricos

Projeto Predial - Elétrica

É a previsão escrita da instalação, com todos os seus detalhes, localização dos pontos de utilização da energia elétrica, comandos, trajeto dos condutores, divisão em circuitos, seção dos condutores, dispositivos de manobra, carga de cada circuito, carga total etc.

CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Para iniciar um projeto elétrico predial, o conhecimento de alguns conceitos e definições preliminares se fazem necessários, quais sejam:

Carga instalada: soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW).

Concessionária ou permissionária: agente titular de concessão ou permissão federal para prestar o serviço público de energia elétrica.

Consumidor: pessoa física ou jurídica, ou comunhão de fato ou de direito, legalmente representada, que solicitar à concessionária o fornecimento de energia elétrica e assumir a responsabilidade pelo pagamento das faturas e pelas demais obrigações fixadas em normas e regulamentos da ANEEL (Agência nacional de energia elétrica), assim vinculando-se aos contratos de fornecimento, de uso e de conexão ou de adesão, conforme cada caso.

Contrato de adesão: instrumento contratual com cláusulas vinculadas às normas e regulamentos aprovados pela ANEEL, não podendo o conteúdo das mesmas ser modificado pela concessionária ou consumidor, a ser aceito ou rejeitado de forma integral.

Contrato de fornecimento: instrumento contratual em que a concessionária e o consumidor responsável por unidade consumidora do grupo "A" ajustam as características técnicas e as condições comerciais do fornecimento de energia elétrica.

Demandas: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico, parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.

Fator de carga: razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora, ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado.

Fator de demanda: razão entre a demanda máxima num intervalo de tempo especificado e a carga instalada na unidade consumidora.

Fator de potência: razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado.

Pedido de fornecimento: ato voluntário do interessado que solicita ser atendido pela concessionária no que tange à prestação de serviço público de fornecimento de energia elétrica, vinculando-se às condições regulamentares dos contratos respectivos.

Ponto de entrega: Ponto de conexão do sistema elétrico da concessionária com as instalações elétricas da unidade consumidora, caracterizando-se como o limite de responsabilidade do fornecimento. Deverá situar-se no limite da via pública com o imóvel em que se localizar a unidade consumidora, ressalvados os seguintes casos:

Em área servida por rede aérea, havendo interesse do consumidor em ser atendido por ramal subterrâneo, o ponto de entrega situar-se-á na conexão deste ramal com a rede aérea;

Tratando-se de condomínio horizontal, o ponto de entrega deverá situar-se no limite da via interna do condomínio com cada fração integrante do parcelamento;

Até o ponto de entrega, a concessionária deverá adotar todas as providências para viabilizar o fornecimento, observadas as condições estabelecidas na legislação e nos regulamentos aplicáveis.

Ramal de ligação: conjunto de condutores e acessórios instalados entre o ponto de derivação da rede da concessionária e o ponto de entrega. É constituído de duas partes:

- **Ramal externo:** é o trecho compreendido entre a rede de distribuição e o limite da propriedade particular com a via pública.
- **Ramal interno:** é o trecho situado na propriedade particular, desde o limite da via pública até o equipamento de medição.

Tensão secundária de distribuição: tensão disponibilizada no sistema elétrico da concessionária com valores padronizados inferiores a 2,3kV.

Tensão primária de distribuição: tensão disponibilizada no sistema elétrico da concessionária com valores padronizados iguais ou superiores a 2,3kV.

Unidade consumidora: conjunto de instalações e equipamentos elétricos caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor.

Tensão de fornecimento: a concessionária deve informar ao interessado a tensão de fornecimento para a unidade consumidora, observando os seguintes limites:

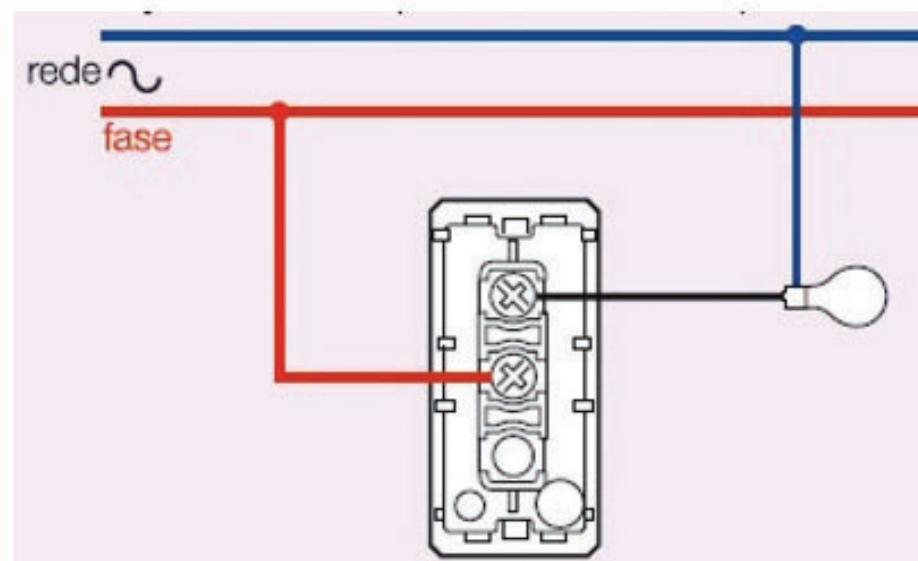
Tensão secundária de distribuição: quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75kW;

Tensão primária de distribuição inferior a 69kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75kW e a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for igual ou inferior a 2.500kW;

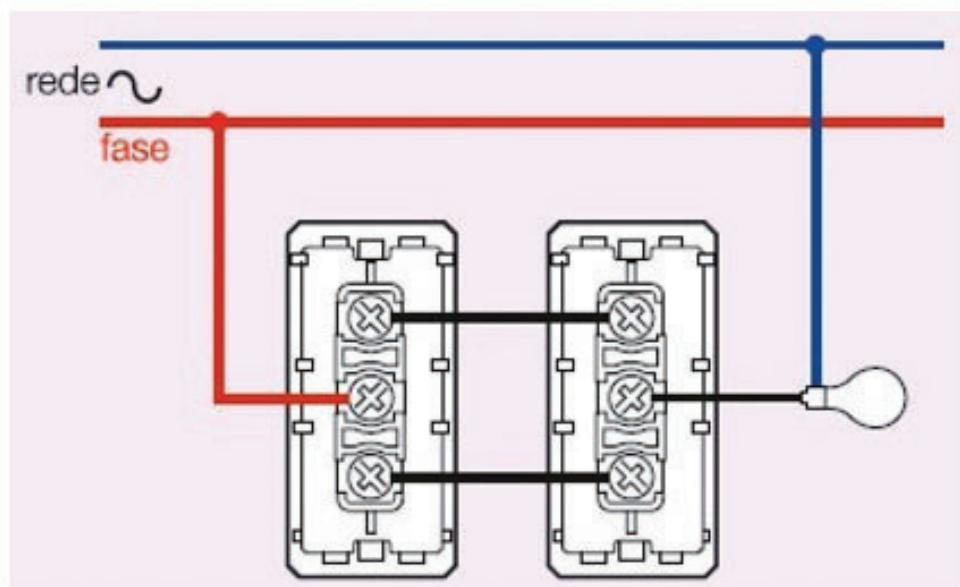
Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69kV: quando a deanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for superior a 2.500kW.

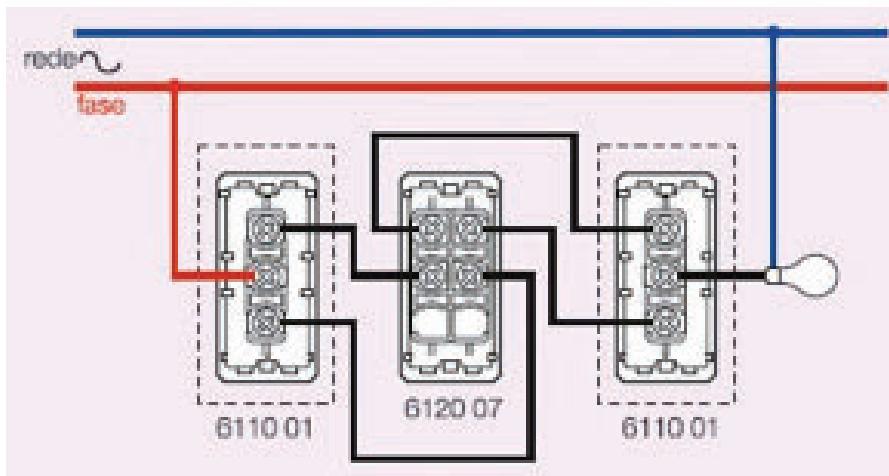
ESQUEMAS FUNDAMENTAIS DE LIGAÇÃO

Alguns esquemas de ligação são mais utilizados em projetos elétricos residenciais.

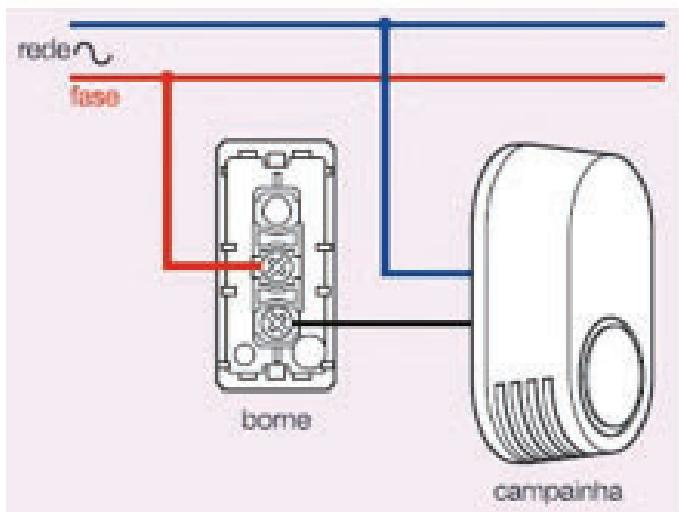


Interruptor paralelo (Three-way)

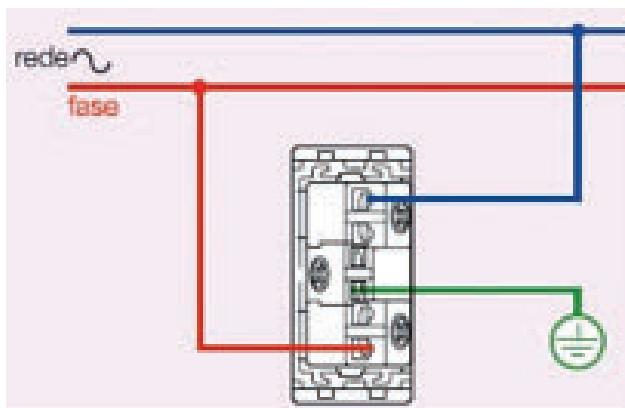


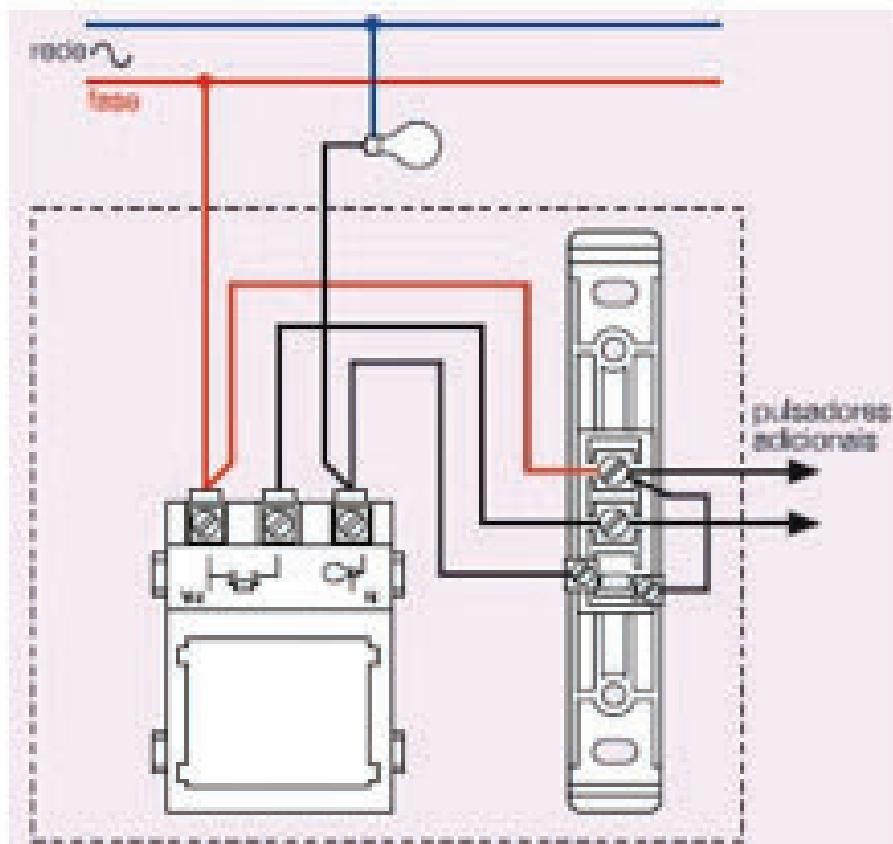


Campainha



Tomada 2P+T





CÁLCULO DA QUANTIDADE MÍNIMA DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS

A norma NBR-5410 determina cargas mínimas de iluminação e tomadas nas residências. As regras para o cálculo dessas quantidades são listadas a seguir.

A- Carga de iluminação

Para determinação das cargas de iluminação, são adotados os seguintes critérios:

Em cada cômodo ou dependência de unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, deverá ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, com potência mínima de 100VA.

Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6m² deverá ser prevista uma carga de pelo menos 100VA, e com área superior a 6m² deverá ser prevista uma carga mínima de 100VA para os primeiros 6m², adicionando 60VA para cada acréscimo de 4m² inteiros.

OBS: Os valores verificados correspondem à potência destinada à iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominais das lâmpadas.

QUADRO RESUMO

QUADRO RESUMO

ÁREAS	CÁLCULO
Áreas < 6m ²	Pelo menos 1 ponto de luz com carga igual a 100VA
Áreas > 6m ²	1 ponto de luz para os primeiros 6m ² , adicionando 1 ponto de 60VA para cada 4m ² inteiros.

B -Pontos de tomada de uso geral (TUG)

Nas unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, o número de pontos de tomada de uso geral (TUG) deve ser fixado de acordo com os seguintes critérios:

Em banheiros, pelo menos 1 ponto de tomada 600VA junto ao lavatório;

Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5m, ou fração de perímetro, sendo que, acima de cada bancada com largura igual ou superior a 0,30m, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;

Em subsolos, garagens, sótão, halls de escadarias e em varandas, salas de manutenção ou localização de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada;

Nos demais cômodos ou dependências, se a área for inferior a 6m², pelo menos um ponto de tomada; se a área for maior que 6m², pelo menos um ponto de tomada para cada 5m, ou fração de perímetro, espaçados tão uniformemente quanto possível.

Em banheiros, cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo de 600VA para os primeiros três pontos de tomada, e 100VA por ponto de tomada, para os excedentes, considerando cada um desses ambientes separadamente;

Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100VA por ponto de tomada.

Em halls de escadaria, salas de manutenção e sala de localização de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deverá ser previsto no mínimo um ponto de tomada de 1000VA.

QUADRO RESUMO

CÔMODOS	CÁLCULO	OBSERVAÇÃO
Banheiros	Pelo menos 1 tomada média de 600VA próximo à pia.	
Cozinhas, copas, lavanderias e áreas de serviço	1 tomada a cada 3,5 metros de perímetro ou fração.	As 3 primeiras terão potência de 600VA e as demais de 100VA
Demais cômodos (salas, quartos etc)	1 tomada a cada 5,0 metros de perímetro ou fração.	As tomadas terão potência de no mínimo 100VA.
Halls, escadarias, salas de manutenção e salas de equipamentos	Pelo menos uma tomada de 1000VA	

C - Pontos de tomada de uso específico (TUE)

São cargas alimentadas por circuitos exclusivos, como por exemplo chuveiros elétricos, condicionadores de ar, etc. Qualquer equipamento com potência superior a 1500VA deve possuir um circuito independente.

Deve-se adotar no projeto a potência nominal do aparelho a ser instalado, caso essa não seja conhecida, adotar a maior potência nominal possível para o tipo de equipamento a ser instalado.

As tomadas de uso específico devem ser instaladas no máximo a 1,5 metros de distância do local previsto para o equipamento a ser instalado.

DIVISÃO DAS CARGAS EM CIRCUITOS

Toda instalação deve ser dividida em vários circuitos, de modo a:

Limitar as consequências de uma falta, a qual provocará apenas seccionamento do circuito defeituoso;

Facilitar as verificações, os ensaios e a manutenção;

Evitar os perigos que possam resultar da falha de um único circuito.

Denominamos circuito o conjunto de pontos de consumo, alimentados pelos mesmos condutores e conectados ao mesmo dispositivo de proteção.

Na separação dos circuitos, alguns pontos devem ser observados:

Os circuitos de iluminação devem ser independentes dos circuitos de tomadas;

Circuitos exclusivos devem ser previstos para os aparelhos de potência igual ou

superior a 1500VA;

As proteções dos circuitos de aparelho de ar condicionado podem ser realizadas a partir de um único disjuntor, desde que existem outras proteções localizadas próximo aos aparelhos.

QUADRO DE PREVISÃO DE CARGAS

Com o intuito de facilitar a visualização das cargas elétricas existentes, o projetista pode optar pelo preenchimento de um quadro de previsão de cargas, conforme mostra a figura a seguir.

FATOR DE DEMANDA

Nas instalações elétricas raramente se utilizam todos pontos de luz ou tomadas de corrente ao mesmo tempo. Em pequenas residências, é mais provável que isso aconteça do que em grandes moradias.

O fator de demanda representa a grandeza pela qual a potência instalada deve ser multiplicada para se obter a potência que realmente será utilizada.

$$F_d = \frac{D_{máx}}{P_{inst}}$$

A tabela a seguir mostra os fatores de demanda para cargas de iluminação e pequenos aparelhos.

Pot. Instalada KW	Fator de Demanda %
até 1	88
1 a 2	75
2 a 3	66
3 a 4	59
4 a 5	52
5 a 6	45
6 a 7	40
7 a 8	35
8 a 9	31
9 a 10	27
acima de 10	24

A figura a seguir mostra o fator de demanda para aparelhos de aquecimento.

Quantidade de Aparelhos.	Fator de Demanda	Quantidade de Aparelhos.	Fator de Demanda
1	100	10	49
2	75	11	47
3	70	12	45
4	66	13	43
5	62	14	41
6	59	15	40
7	56	16	39
8	53	17	38
9	51	18	37

PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA PREDIAL

A figura a seguir mostra o fator de demanda para aparelhos de ar condicionado tipo janela em residências.

Potência em CV	F. Demanda %
os primeiros 10	100
de 11 a 20	85
de 21 a 30	80
de 31 a 40	75

A figura a seguir mostra a carga que deve ser considerada para as diferentes potências de motores

Potência CV	1/6	1/4	1/3	1/2
Carga KVA	0,45	0,63	0,76	1,01
Potência CV	3/4	1	1 1/2	2
Carga KVA	1,24	1,43	2,00	2,60

A figura a seguir mostra os fatores de demanda dos motores

Nº total de motores	1	2	3 a 5	mais de 5
F. demanda %	100	90	80	70

Para o cálculo da demanda de um edifício, devemos usar a seguinte expressão:

$$D(KVA) = d_1 + d_2 + 1,5 d_3 + d_4 + d_5$$

Onde:

d1 (KW) – demanda de iluminação e tomadas

d2 (KW) – demanda de aparelhos de aquecimento d'água

d3 (CV) – demanda dos aparelhos de ar condicionado

d4 (KVA) – demanda das unidades centrais de ar condicionado, calculada a partir das correntes máximas totais, fornecidas pelos fabricantes e com fatores de demanda de 100%

d5 (KVA) – demanda dos motores elétricos

A demanda total do edifício é calculada com base nas demandas de cada apartamento e do condomínio, considerando um fator de segurança de 20%.

$$\text{Demanda da edif.} = 1,2 \times (\text{demanda dos aptos} + \text{demanda do cond.})$$

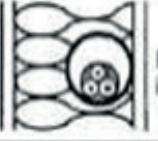
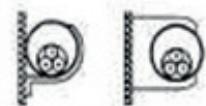
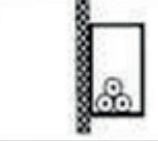
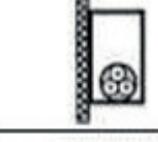
FATOR DE DIVERSIDADE

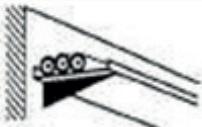
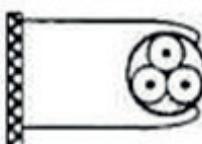
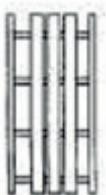
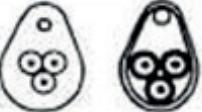
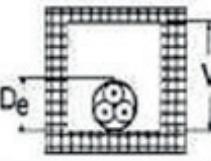
Entre várias unidades de um mesmo conjunto com energia vinda da mesma fonte (transformador, subestação etc), há uma diversificação que representa economia.

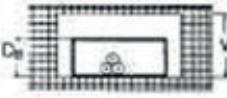
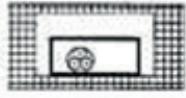
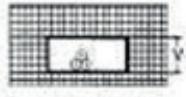
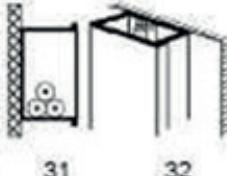
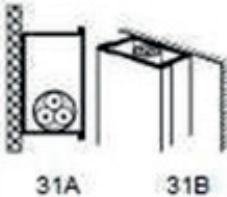
Elementos dos sistemas entre os quais os fatores de diversidade são considerados	Fatores de diversidade para:			
	Iluminação residencial	Iluminação comercial	Consumidores generalizados	Grandes consumidores
1) Entre os consumidores individuais	2,00	1,46	1,45	-
2) Entre transformadores	1,30	1,30	1,35	1,05
3) Entre alimentadores públicos	1,15	1,15	1,15	1,05
4) Entre subestações	1,10	1,10	1,10	1,10
5) Dos consumidores para o transformador	2,00	1,46	1,44	-
6) Dos consumidores para o alimentador público	2,60	1,90	1,95	1,15
7) Dos consumidores para a subestação	3,00	2,18	2,24	1,32
8) Dos consumidores para a estação geradora	3,29	2,40	2,46	1,45

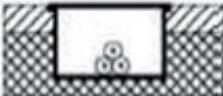
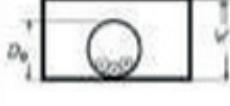
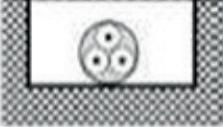
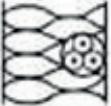
TIPOS DE LINHAS ELÉTRICAS

A NBR-5410 estabelece alguns tipos de linhas elétricas, a tabelas a seguir mostram todos os tipos previstos pela norma.

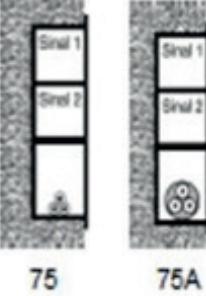
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	E (multipolar) F (unipolares)
16		Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito	E (multipolar) F (unipolares)
17		Cabos unipolares ou cabo multipolar suspenso(s) por cabo de suporte, incorporado ou não	E (multipolar) F (unipolares)
18		Condutores nus ou isolados sobre isoladores	G
21		Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção ⁵⁾ , sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes ou condutos abertos (bandeja, prateleira, tela ou leito) dispostos no espaço de construção ⁵⁾⁽⁶⁾	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
22		Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{6) 7)}	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
23		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{6) 7)}	B2
24		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁵⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
25		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ⁵⁾	B2
26		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria ⁶⁾	$1,5 \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
27		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria	B2
31 32		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B1
31 ^a 32 ^a		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B2

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso	B2
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B2
41		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical ⁷⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
42		Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada embutida no piso	B1
43		Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso	B1
51		Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante ²⁾	A1

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
53		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional	C
61		Cabo multipolar em eletroduto(de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D
61A		Cabos unipolares em eletroduto(de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a) ⁶⁾	D
63		Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional ⁹⁾	D
71		Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura	A1
72 72A		72 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede 72A - Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede	B1 B2
73		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta	A1

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
74		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela	A1
75 75A		75 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede 75A - Cabo multipolar em canaleta embutida em parede	B1 B2

DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES

Para dimensionamento dos condutores, alguns conceitos devem ser levados em consideração.

Corrente nominal: É a corrente consumida pelo aparelho ou equipamento de utilização, de modo a operar segundo as condições prescritas em seu projeto de fabricação. Esse cálculo pode ser realizado conforme a equação a seguir.

Corrente monofásica:

$$In = \frac{P(W)}{VL \cdot \cos\varphi \cdot \eta}$$

Corrente trifásica:

$$I_n = \frac{P_{(w)}}{V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

Onde: I_n é a corrente nominal em ampères

$P_{(w)}$ é a potência em Watt

$\cos \varphi$ é o fator de potência

η é o rendimento do motor

Corrente de projeto: É a corrente que um circuito de distribuição ou terminal deve transportar, operando em condições normais, quando não se espera que todos os equipamentos a ele ligados estejam sendo utilizados, isto é, que funcionem simultaneamente.

$$Ip = \frac{D}{\sqrt{3} V}$$

Onde,

D → Potência de acordo com a demanda calculada.

V → Tensão nominal

Existem dois critérios para o dimensionamento dos cabos elétricos de uma instalação: o critério da capacidade de condução de corrente elétrica e o critério do limite de queda de tensão.

Critério da capacidade de condução de corrente elétrica: esse critério é baseado no tipo de isolação do cabo (PVC, EPR ou XLPE), na escolha do método de instalação da linha elétrica (1 a 75A) e na corrente elétrica do projeto.

Escolher o tipo de isolação do cabo elétrico com base na temperatura e no nível de agressividade do meio em que o mesmo será instalado, bem como nas premissas financeiras do projeto.

Escolher o método de instalação da linha elétrica (se será instalado em eletroduto embutido na parede, enterrado no solo, aparente etc)

Calcular a corrente elétrica do projeto.

Procurar na tabela qual cabo é capaz de conduzir a corrente elétrica projetada.

A figura a seguir mostra a tabela de capacidade de condução de corrente para cabos elétricos, conforme a NBR-5410.

seções nominais (mm²)	métodos de instalação definidos na tabela 1											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	[1]	[2] condutores carregados	[3] condutores carregados	[4]	[5] condutores carregados	[6] condutores carregados	[7]	[8]	[9] condutores carregados	[10]	[11]	[12]
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	90	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	98	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464

- Critério do limite de queda de tensão: existem duas formas para calcular por esse critério. Na primeira, levamos em consideração a potência do circuito (já considerada a demanda) e a distância que a carga do circuito se encontra em relação ao seu alimentador, multiplicamos um valor pelo outro e verificamos na tabela o cabo a ser utilizado, levando em consideração a queda de tensão máxima admissível para o circuito.

A norma considera os valores máximos de queda tensão admissível, conforme tabela a seguir:

	DESCRÍÇÃO	MÁXIMA QUEDA DE TENSÃO ADMISSÍVEL
Instalações alimentadas a partir da rede de AT	Illuminação e tomadas	7%
	Outros usos	7%
Instalações alimentadas diretamente em rede de BT	Na saída do trafo	7%
	Nos pontos de entrega	5%
	Circuitos terminais	4%

O resultado encontrado deverá ser visto nas tabelas a seguir, de acordo com a tensão nominal do circuito e a máxima queda de tensão admissível.

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: as tabelas a seguir são referência para circuitos a dois condutores, no caso dos circuitos trifásicos, o resultado deverá ser multiplicado por 0,866 antes de ser verificado na respectiva tabela.

V = 127V para dois condutores

Condutor (mm ²)	Queda de tensão				
	1%	2%	3%	4%	5%
1,5	7.016	14.032	21.048	28.064	35.081
2,5	11.694	23.387	35.081	46.774	58.468
4	18.710	37.419	56.129	74.839	93.548
6	28.064	56.129	84.193	112.258	140.322
10	46.774	93.548	140.322	187.096	233.871
16	74.839	149.677	224.516	299.354	374.193
25	116.935	233.871	350.806	467.741	584.676
35	163.709	327.419	491.128	654.837	818.547
50	233.871	467.741	701.612	935.482	1.169.353
70	327.419	654.837	982.256	1.309.675	1.637.094
95	444.354	888.708	1.333.062	1.777.416	2.221.770
120	561.289	1.122.578	1.683.686	2.245.157	2.806.446
150	701.612	1.403.223	2.104.835	2.806.446	3.508.058
185	865.321	1.730.642	2.595.963	3.461.283	4.326.604
240	1.122.578	2.245.157	3.367.735	4.490.314	5.612.892

V = 220V para dois condutores

Condutor (mm ²)	Queda de tensão				
	1%	2%	3%	4%	5%
1,5	21.054	42.108	63.162	84.216	105.270
2,5	35.090	70.180	105.270	140.360	175.450
4	56.144	112.288	168.432	224.576	280.720
6	84.216	168.432	252.648	336.864	421.080
10	140.360	280.720	421.080	561.440	701.800
16	224.576	449.152	673.728	898.304	1.122.880
25	350.900	701.800	1.052.700	1.403.600	1.754.500
35	491.260	982.520	1.473.780	1.965.040	2.456.300
50	701.800	1.403.600	2.105.400	2.807.200	3.509.000
70	982.520	1.965.040	2.947.560	3.930.080	4.912.600
95	1.333.420	2.666.840	4.000.260	5.333.680	6.667.100
120	1.684.320	3.368.640	5.052.960	6.737.280	8.421.600
150	2.105.400	4.210.800	6.316.200	8.421.600	10.527.000
185	2.596.660	5.193.320	7.789.980	10.360.640	12.983.300
240	3.368.640	6.737.280	10.105.920	13.474.560	16.843.200

Existe ainda outra forma de calcular o cabo pelo critério da queda de tensão. Alguns fabricantes fornecem a resistência por quilômetro do cabo elétrico, esses valores podem ser utilizados para verificação da queda de tensão.

Para circuitos monofásicos, a equação fica:

$$\Delta V = 2 \times |I| \times (R \times \cos \phi + X \times \sin \phi)$$

Onde:

|I| → Comprimento do circuito em metros

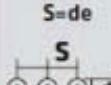
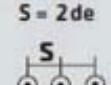
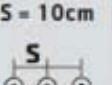
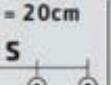
Para circuitos trifásicos, a equação fica:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times |I| \times (R \times \cos \phi + X \times \sin \phi)$$

Para encontrar a queda de tensão em percentual basta dividir pela tensão nominal e multiplicar por 100.

$$Ip = \frac{D}{\sqrt{3} x!}$$

A figura a seguir mostra uma tabela em que é fornecida a resistência por quilômetro para cada seção nominal para um determinado modelo de cabo elétrico.

seção (mm ²)	R _{cc} (A) [1]	condutores isolados cabos unipolares ao ar livre (B) circuitos 3F										cabos bi e tripolares (B)		cabô tetrapolar (B)	
		S=de 		S = 2de 		S = 10cm 		S = 20cm 		trifólio 		FN/FF/3F 		3F+N/3F+PE 	
		R _{ca} [13]	X _L [14]	R _{ca} [15]	X _L [16]	R _{ca} [17]	X _L [18]	R _{ca} [19]	X _L [20]	R _{ca} [21]	X _L [22]	R _{ca} [23]	X _L [24]	R _{ca} [25]	X _L [26]
1,5	12,1	14,48	0,17	14,48	0,23	14,48	0,40	14,48	0,46	14,48	0,16	14,48	0,12	14,48	0,14
2,5	7,41	8,87	0,16	8,87	0,22	8,87	0,38	8,87	0,44	8,87	0,15	8,87	0,12	8,87	0,13
4	4,61	5,52	0,16	5,52	0,22	5,52	0,37	5,52	0,42	5,52	0,14	5,52	0,12	5,52	0,13
6	3,08	3,69	0,15	3,69	0,20	3,69	0,35	3,69	0,40	3,69	0,14	3,69	0,11	3,69	0,12
10	1,83	2,19	0,14	2,19	0,20	2,19	0,34	2,19	0,39	2,19	0,13	2,19	0,10	2,19	0,12
16	1,15	1,38	0,14	1,38	0,19	1,38	0,32	1,38	0,37	1,38	0,12	1,38	0,10	1,38	0,11
25	0,73	0,87	0,13	0,87	0,18	0,87	0,30	0,87	0,35	0,87	0,11	0,87	0,10	0,87	0,11
35	0,52	0,63	0,13	0,63	0,18	0,63	0,29	0,63	0,34	0,63	0,11	0,63	0,09	0,63	0,11
50	0,39	0,46	0,13	0,46	0,18	0,46	0,28	0,46	0,33	0,46	0,11	0,46	0,09	0,46	0,11
70	0,27	0,32	0,12	0,32	0,17	0,32	0,27	0,32	0,32	0,32	0,10	0,32	0,09	0,32	0,10
95	0,19	0,23	0,12	0,23	0,17	0,23	0,25	0,23	0,30	0,23	0,10	0,23	0,09	0,23	0,10
120	0,15	0,19	0,12	0,18	0,17	0,18	0,24	0,18	0,29	0,19	0,10	0,19	0,09	0,19	0,10
150	0,12	0,15	0,12	0,15	0,17	0,15	0,23	0,15	0,29	0,15	0,10	0,15	0,09	0,15	0,10
185	0,099	0,12	0,12	0,12	0,17	0,12	0,23	0,12	0,28	0,12	0,10	0,12	0,09	0,12	0,10
240	0,075	0,09	0,12	0,09	0,17	0,09	0,22	0,09	0,27	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: para o cálculo do cabo elétrico deverão ser considerados os dois critérios e o eletrotécnico deverá optar pelo maior cabo encontrado, respeitando os valores mínimos conforme a tabela a seguir:

TIPO DA INSTALAÇÃO	UTILIZAÇÃO DO CIRCUITO	SEÇÃO MÍNIMA DO CONDUTOR (mm ²)	
		COBRE	ALUMÍNIO
Cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5	16
	Circuitos de força	2,5	16
	Circuitos de sinalização e controle	0,5	-
Condutores nus	Circuitos de força	10	16
	Circuitos de sinalização e controle	4	-

A seção do condutor neutro, em circuitos trifásicos, deverá ser calculada em função da bitola do condutor fase, conforme tabela a seguir. Desde que atendidas as três premissas, simultaneamente:

- O circuito for presumivelmente equilibrado;
- A corrente das fases não contiver uma taxa de terceira harmônica e múltiplos superior a 15%;
- O condutor neutro for protegido contra sobrecorrentes.

SEÇÃO DO CONDUTOR FASE (mm ²)	SEÇÃO MÍNIMA DO CONDUTOR NEUTRO (mm ²)
Até 25	Igual à fase
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120

A seção do condutor de proteção deverá ser calculada em função da bitola do condutor fase, conforme tabela a seguir.

SEÇÃO DO CONDUTOR FASE (mm ²)	SEÇÃO MÍNIMA DO CONDUTOR NEUTRO (mm ²)
Até 16	Igual à fase
Entre 16 e 35	16
Maior que 35	Igual à metade fase

As cores dos encapamentos isolantes dos condutores elétricos são normatizadas através da NBR-5410, de acordo com a função do condutor elétrico no circuito. As recomendações são:

- Condutores fase: qualquer cor;
- Condutor neutro: azul claro;
- Condutor terra: verde ou verde-amarelo;
- Condutor PE: verde ou verde-amarelo;
- Condutor PEN: azul claro

DIMENSIONAMENTO DE BARRAMENTO DE COBRE

Dentro dos painéis elétricos muitas vezes utilizamos barramentos de cobre em detrimento dos cabos elétricos, por ocuparem menos espaço e serem de mais fácil instalação para esses casos.

Os barramentos elétricos às vezes são pintados com uma tinta isolante, e a exemplo dos cabos elétricos, também as cores da pintura dos barramentos são padronizadas. A saber:

- Fase R: azul escuro;
- Fase S: branco;
- Fase T: violeta;
- Neutro: azul claro;
- Terra: verde

O dimensionamento dos barramentos é realizado pela capacidade de condução de corrente elétrica, conforme tabelas a seguir.

Em milímetros:

BITOLA	ÁREA (mm ²)	PESO (kg/m)	INSTALAÇÕES BLINDADAS - CAPACIDADE DADA EM AMPÉRE					
			BARRAMENTO COM PINTURA			BARRAMENTO SEM PINTURA		
			1	2	3	1	2	3
20x3mm	60	0,529	245	425	*	200	380	*
25x3mm	75	0,663	300	510	*	270	460	*
25x5mm	125	1,11	385	670	*	350	600	*
30x5mm	150	1,33	459	790	*	400	700	*
40x5mm	200	1,77	600	1000	*	520	900	*
40x10mm	400	3,55	835	1500	2060	750	1350	1850
50x10mm	500	4,44	1025	1800	2450	920	1520	2200
60x5mm	300	2,66	826	1400	1980	750	1300	1800
60x10mm	600	6,32	1200	2160	2800	1100	1860	2500
80x10mm	800	7,11	1540	2800	3459	1400	2300	3100
100x10mm	1000	8,89	1880	3100	4560	1700	2700	3600
120x10mm	1200	10,7	2200	3500	4600	2060	3200	4200
160x10mm	1600	14,2	2880	4400	5500	2600	3900	5200
200x10mm	2000	17,89	3300	5090	6500	2700	4400	5700

Em polegadas:

BITOLA	ÁREA (mm ²)	PESO (kg/m)	INSTALAÇÕES BLINDADAS - CAPACIDADE DADA EM AMPERE					
			BARRAMENTO COM PINTURA			BARRAMENTO SEM PINTURA		
	1	2	3	1	2	3		
1/2"x1/16"	20	0,18	105	190	*	90	180	*
3/4"x1/8"	60	0,63	240	425	*	200	380	*
1"x1/8"	80	0,71	320	545	*	280	450	*
1"x3/16"	120	1,07	370	640	*	330	576	*
1"x1/4"	160	1,42	450	780	*	400	780	*
1.1/2"x3/16"	180	1,6	640	900	*	470	810	*
1.1/2"x1/4"	240	2,13	720	1200	*	625	1080	*
1.1/2"x3/8"	362	3,22	755	1360	1865	680	1220	1675
2"x1/4"	322	2,84	885	1600	2125	805	1396	1930
2"x3/8"	483	4,3	990	1740	2365	890	1470	2125
2"x1/2"	645	6,74	1290	2260	3010	1180	2000	2690
3"x1/4"	483	4,3	1230	2175	2960	1150	1990	2650
3"x3/8"	725	6,45	1396	2360	3125	1270	2085	2810
3"x1/2"	967	8,6	1750	2370	3750	1510	2500	3280
4"x3/8"	967	8,6	1816	3000	3885	1640	2610	3480
4"x1/2"	1290	11,48	2385	3762	4945	2150	3440	4515
5"x3/8"	1208	10,8	2215	3525	4635	2015	3225	4230
5"x1/2"	1613	14,4	2900	4435	5845	2620	3930	5240
6"x3/8"	1451	12,8	2610	3885	5250	2360	3530	4700
6"x1/2"	1935	17,22	3183	4808	5221	2602	4170	5428
6"x5/8"	2419	21,52	3980	6000	7770	3260	5210	6785
8"x3/8"	1935	17,22	3290	4970	6430	2690	4310	5610

DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

O dimensionamento dos eletrodutos deve garantir que, após a sua montagem, os condutores possam ser instalados e retirados com facilidade. A área máxima a ser utilizada pelos condutores deve ser:

- 53% → Para um condutor passando
- 31% → Para dois condutores passando
- 40% → Para três ou mais condutores passando

O diâmetro interno do eletroduto será dado pela fórmula:

$$Di = \sqrt{4 \times \sum A_{cond}}$$

Onde:

- Σ = Soma das áreas externas dos condutores a serem instalados.
- = 0,53 no caso de um condutor
- = 0,31 no caso de dois condutores
- = 0,40 no caso de três ou mais condutores

O resultado encontrado na equação acima é dado em milímetros. Com base nele, o eletroduto adequado deverá ser encontrado na tabela a seguir.

REFERÊNCIA DA ROSCA	DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO INTERNO (Di)	DIAMETRO DA SERRA COPO
3/8"	16mm	12,8mm	
1/2"	20mm	16,4mm	21mm
3/4"	25mm	21,3mm	27mm
1"	32mm	27,5mm	33mm
1.1/4"	40mm	36,1mm	42mm
1.1/2"	50mm	41,4mm	48mm
2"	60mm	52,8mm	59mm
2.1/2"	75mm	67,1mm	75mm
3"	85mm	79,6mm	88mm
4"	110mm	103,mm	113mm
4.1/2"			

QUADRO GERAL DE BAIXA TENSÃO E DE DISTRIBUIÇÃO

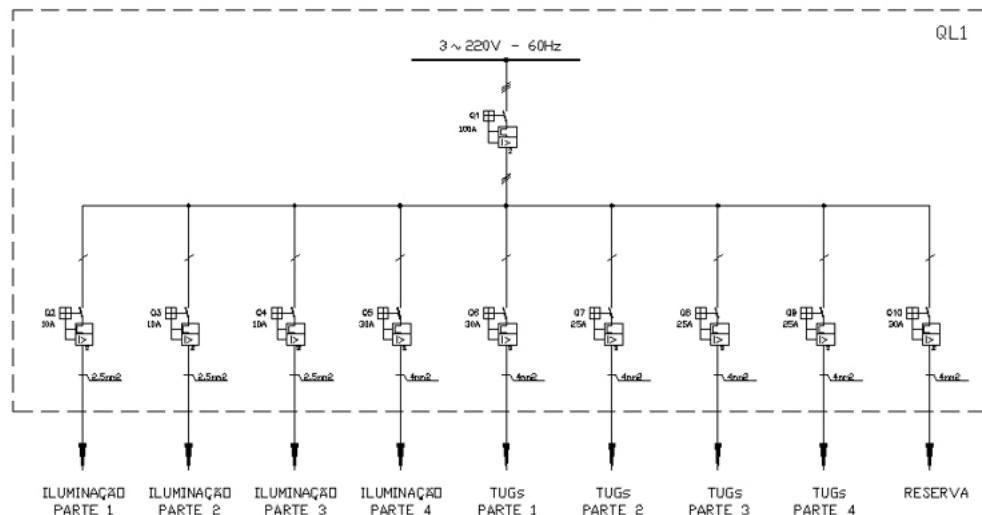
Após calculados os componentes elétricos, devemos escolher os quadros de distribuição para acondicioná-los.

Escolher o quadro elétrico consiste em verificar a quantidade de componentes e suas dimensões (físicas e de segurança, conforme recomendação de cada fabricante) e encontrar o modelo de mercado que melhor se adeque em termos de dimensões e nível de proteção desejado.

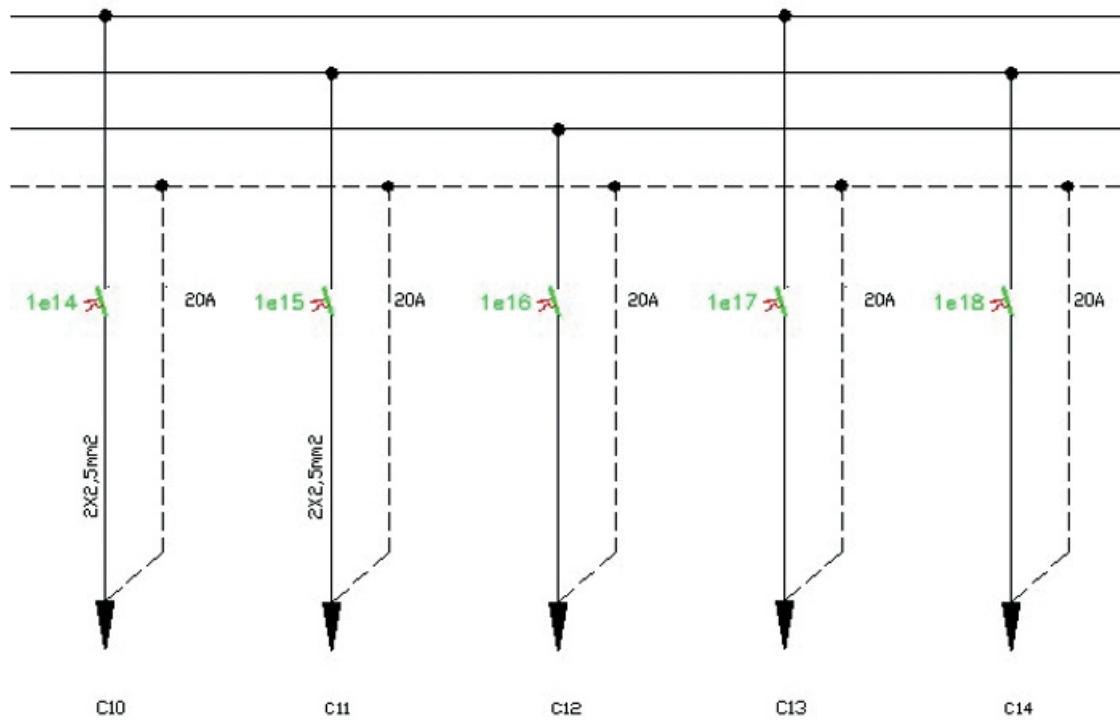
Alguns fabricantes já possuem modelos próprios para quadros de distribuição residenciais, com cortes exatos para cada módulo de mini disjuntor.

Para fabricação tanto dos quadros de distribuição quanto do quadro geral de baixa tensão, o projetista deverá fornecer o diagrama unifilar ou multifilar e o lay-out.

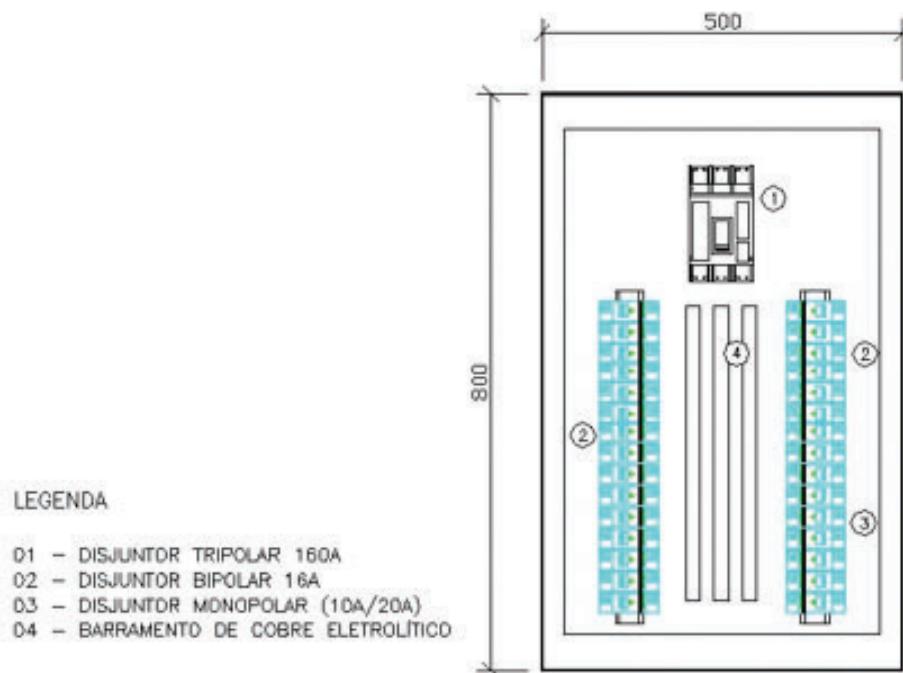
- Exemplo de diagrama unifilar



- Exemplo de diagrama multifilar



- Exemplo de desenho de lay-out



QUADRO DE MEDIDORES

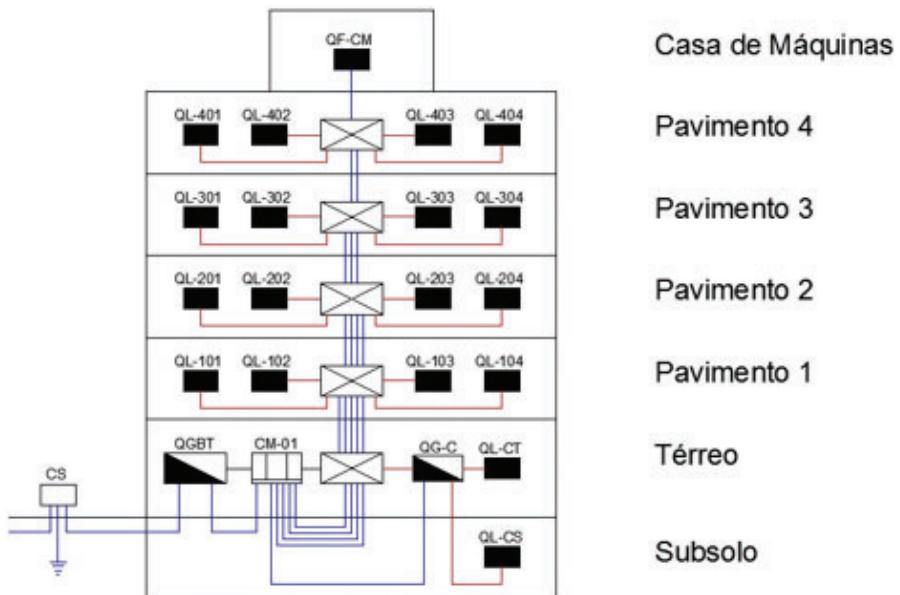
Os equipamentos de medição devem ser alocados em caixas próprias para essa função. As caixas para medidor devem ser fabricadas em Noryl na cor preta (corpo) e policarbonato transparente (tampa), ambos com espessura mínima de 3mm. Os equipamentos de medição são selados pela concessionária.

ESQUEMA VERTICAL OU PRUMADA ELÉTRICA

Trata-se de um desenho esquemático e sem escala representativa da instalação elétrica no plano vertical, mostrando a interligação de toca a instalação, com suas tubulações, quadros elétricos e caixas de passagem.

As edificações poderão ter seu sistema de distribuição por caixas de passagem ou por outros métodos, como a utilização de vãos para subidas de eletrocalhas, também chamados de "shafts".

A figura a seguir mostra um exemplo de prumada elétrica utilizando caixas de passagem para a distribuição.



CS – Caixa seccionadora de embutir no padrão da concessionária;

QGBT – Quadro geral de baixa tensão;

CM-01 – Centro de medidores no padrão da concessionária;

QG-C – Quadro de distribuição geral do condomínio;

QL-101 a QL-404 – Quadros terminais dos apartamentos;

QL-CS – Quadro terminal do subsolo (condomínio);

QL-CT – Quadro terminal do térreo (condomínio);

QF-CM – Quadro terminal de força da casa de máquinas (condomínio).

Projeto Predial - Telefonia

Projetos de telefonia normalmente são executados por engenheiros ou técnicos de telecomunicações, porém, o eletrotécnico pode vir a ser encarregado de projetar a infraestrutura e a quantidade de pontos de uma instalação. Desta forma, inclui-se aqui uma breve passagem sobre projetos de telefonia.

Critérios para previsão de pontos telefônicos e caixas de saída.

Para iniciar o assunto, dois conceitos iniciais:

Ponto telefônico: equivale ao número de linhas externas disponíveis no apartamento ou residência.

Caixa de saída: equivale ao número de tomadas telefônicas existentes em uma residência.

A previsão do número de pontos telefônicos é dada conforme a tabela a seguir.

Tipo	Base de Cálculo	Pontos
Residências ou Apartamentos	Até 2 quartos	1
	3 quartos	1,5
	Mais de 3 quartos	2
Lojas	Até 50m ²	3
	50 a 500m ²	3 a 12*
	Acima de 500m ²	Mais de 12**
Escritórios	Cada 10m ²	1

*Começar em 3 e adicionar 1 ponto a cada 50m²

** Começar em 12 e adicionar 1 ponto a cada 100m²

Devem ser previstas caixas de saída nos seguintes locais:

- Quartos, h=0,30m, na provável cabeceira da cama;
- Salas, h=0,30m, recomendável a instalação de mais de uma;
- Copas, h=1,30m ou h=0,30m;
- Cozinhas, h=1,30m

As caixas devem ser interligadas dentro do apartamento, de forma sequencial, pela tubulação secundária até a caixa de distribuição.

Caixas de distribuição geral, de distribuição e de passagem.

As caixas utilizadas nos projetos de instalações telefônicas possuem finalidades bem

definidas, quais sejam:

- Caixa de distribuição geral: liga a rede interna à rede externa da edificação;
- Caixa de distribuição: nelas são instalados blocos terminais, fios e cabos telefônicos da rede interna;
- Caixa de passagem: utilizadas somente quando tivermos grandes lances de tubulação ou excedermos o número de curvas recomendadas por trecho de tubulação.

As caixas devem ser localizadas em áreas comuns, preferencialmente internas e cobertas e/ou em halls de serviço, quando houver e devem ficar a uma altura de 1,30m do seu centro ao piso acabado. A figura a seguir mostra a localização das caixas de acordo com a quantidade de andares da edificação.

Número de andares	Localização das caixas										
	TR	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
1 a 2	X										
3 a 4	X	X									
5 a 7	X	X	X								
8 a 10	X	X	X	X							
11 a 13	X	X	X	X	X						
14 a 16	X	X	X	X	X	X					
17 a 19	X	X	X	X	X	X	X				
20 a 22	X	X	X	X	X	X	X	X			
23 a 25	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
26 a 28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
29 a 31	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

A dimensão das caixas telefônicas é estabelecida a partir da quantidade de pontos telefônicos, conforme tabela a seguir.

Número de pontos telefônicos	Caixa de distribuição geral	Caixa de distribuição	Caixa de passagem
1 e 2	-	-	1
3 a 15	3	3	2
16 a 45	4	3	2
46 a 95	5	4	3
96 a 190	6	5	3
191 a 390	7	6	4
391 a 600	8	6	5

As caixas telefônicas possuem as seguintes dimensões:

Caixa	Dimensões (cm)		
	Altura	Largura	Profundidade
1	10	10	5
2	20	20	12
3	40	40	12
4	60	60	12
5	80	80	12
6	120	120	12
7	150	150	15
8	200	200	20

CAIXA DE ENTRADA SUBTERRÂNEA.

A caixa de entrada subterrânea tem a finalidade de permitir a entrada e facilitar a passagem do cabo telefônica oriundo da rede externa da concessionária. Deve ficar paralela ao alinhamento predial, devendo ser de aproximadamente 2,5 metros a distância do alinhamento predial ao centro da caixa e ficar afastada no mínimo em um metro de outras caixas subterrâneas e postes, a mesma também não deve ser instalada em local de acesso de veículos.

Tubulações de telefonia

A tubulação de entrada da telefonia pode ser aérea ou subterrânea, porém a entrada subterrânea é recomendada para as seguintes situações:

- Quando o edifício possuir mais de 4 pavimentos;
- Quando o número de pontos telefônicos for superior a 20;
- Por opção do projetista.

A tubulação de entrada destina-se a interligar a caixa de distribuição geral da edificação ao ponto de distribuição da concessionária. O diâmetro do eletroduto é calculado de acordo com a quantidade de pontos telefônicos da edificação, conforme tabela a seguir.

Número de pontos do edifício	Diâmetro interno mínimo (mm)	Quantidade mínima de dutos
1 a 50	50	1
51 a 200	75	1
201 a 600	75	2
601 a 1800	100	3

Os eletrodutos subterrâneos devem ser em PVC, podendo ser rígidos ou flexíveis e só podem ser no máximo duas curvas de 90 graus. A tabela a seguir mostra os lances máximos da tubulação de entrada.

Lances	Comprimento máximo
Retilíneos	60m
Com 1 curva	50m
Com 2 curvas	40m

Nos casos em que forem necessárias mais de duas curvas ou lances maiores do que os listados na tabela anterior devem ser utilizadas caixas de passagem.

Além da tubulação de entrada existem ainda as tubulações primárias e secundárias.

Tubulação primária: interliga as caixas de distribuição com a caixa de distribuição geral

Tubulação secundária: interliga as caixas de saída entre si e estas com as caixas de distribuição.

O diâmetro interno mínimo deve ser determinado em função do número de pontos telefônicos, conforme mostra a figura a seguir.

Número de pontos do edifício	Diâmetro interno mínimo (mm)	Quantidade mínima de dutos
1 a 4	19	1
5 a 10	25	1
11 a 20	32	1
21 a 50	38	1
51 a 100	50	1
101 a 200	50	2
201 a 300	50	3

As mesmas recomendações para a instalação da tubulação de entrada também são válidas para as tubulações primárias e secundárias, porém os limites de comprimento das tubulações são de acordo com a tabela a seguir.

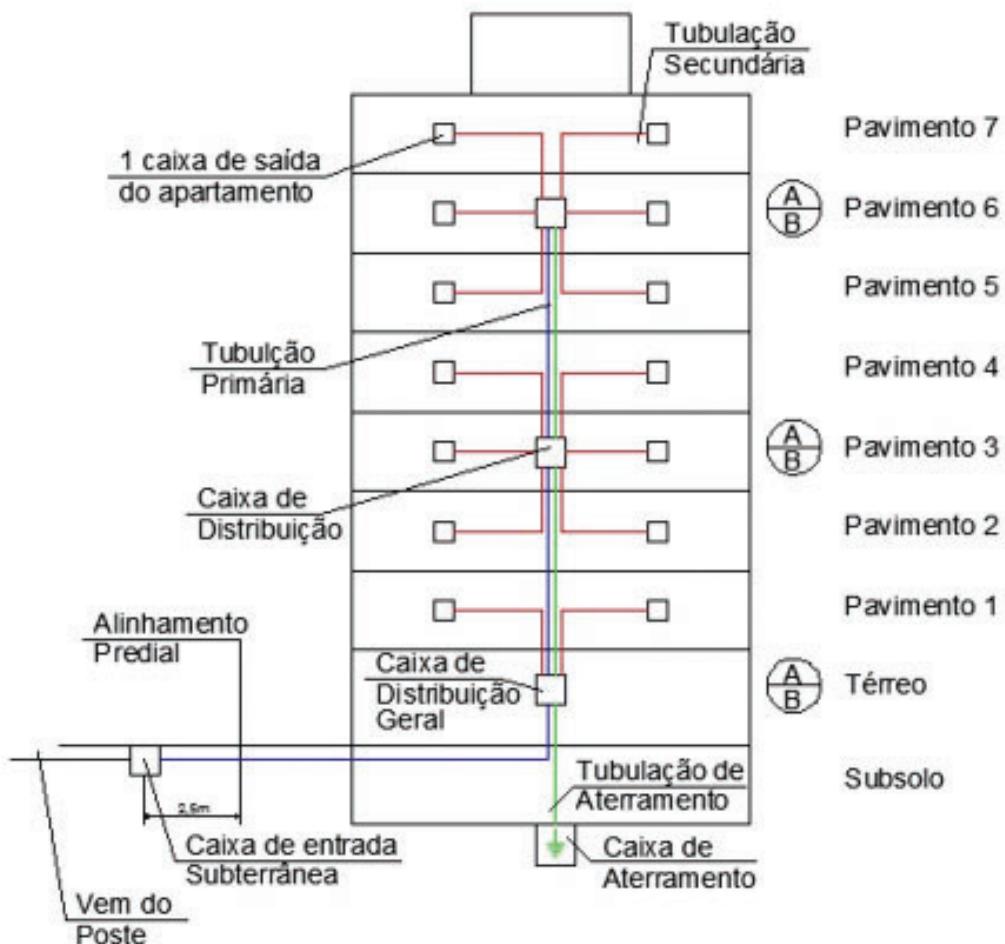
Tubulação entre caixas	Vertical(m)	Horizontal(m)
Trechos retilíneos sem curvas	15	30
Trechos com 1 curva	12	24
Trechos com 2 curvas	9	18

ATERRAMENTO

Consiste na interligação de todas as caixas de distribuição do prédio à haste de aterramento, através de um condutor devidamente tubulado. O aterramento para o sistema telefônico deve ser específico e estar distante pelo menos 5 metros dos demais sistemas de aterramento da edificação. A tubulação deve ter diâmetro interno mínimo de 13mm. O sistema deverá contar ainda com uma caixa para haste de aterramento em alvenaria (30x30x30cm) com tampa removível de concreto. O condutor deverá ter bitola mínima de 6mm² e a haste de aterramento diâmetro de 16mm e comprimento de 3m, em aço cobreado.

PRUMADA TELEFÔNICA

A prumada telefônica de um edifício corresponde ao conjunto de meios físicos, dispostos verticalmente e destinados à instalação de blocos e cabo telefônicos, como mostra a figura a seguir.



A – Pontos atendidos pela caixa

B – Pontos acumulados na caixa

Projeto Predial - Aterramento

Aterramento é a ligação elétrica intencional com a terra e tem como objetivo fornecer um meio seguro para que correntes elétricas indesejáveis ao sistema sejam drenadas para a terra.

O aterramento é essencial pois os sistemas elétricos estão sujeitos a problemas como falhas na isolação dos equipamentos ou energização acidental de partes metálicas.

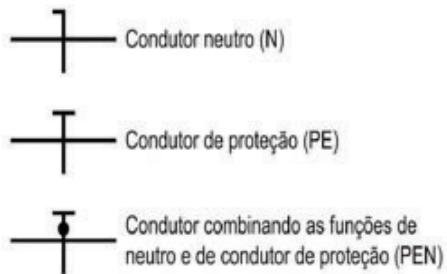
Em uma instalação elétrica existem dois tipos de aterramento, o funcional e o de proteção.

O aterramento funcional existe para garantir o funcionamento correto dos equipamentos ou para permitir o funcionamento adequado da instalação.

Consiste na instalação à terra do condutor neutro.

O aterramento de proteção refere-se ao ato de ligar todas as massas (carcaças metálicas e equipamentos metálicos em geral que em condições normais não deverão estar energizados) existentes no sistema à terra, com o objetivo de garantir a proteção contra contatos indiretos.

Pode acontecer de um único condutor acumular as funções de neutro e terra, neste caso, passa a existir o chamado PEN. A figura a seguir traz a representação dos condutores de aterramento.



ESQUEMAS DE LIGAÇÃO

A NBR 5410 define alguns esquemas de ligação do aterramento. Estes esquemas definem a forma como a alimentação e as massas dos sistemas estão aterradas. Para classificar os esquemas de aterramento, é utilizada a seguinte simbologia:

1. Primeira letra: define a situação da alimentação em relação à terra.
 - T – um ponto diretamente aterrado
 - I – Isolação de todas as partes vivas em relação à terra ou aterramento de um ponto através de impedância.

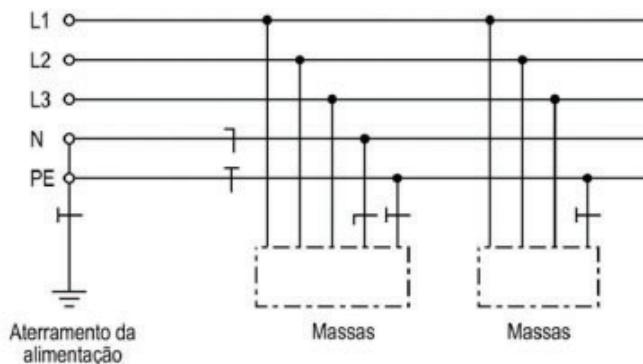
2. Segunda letra: define a situação das massas da instalação elétrica em relação à terra.

- T – Massas diretamente aterradas, independentemente do aterramento eventual de um ponto da alimentação
- N – Massas ligadas ao ponto da alimentação aterrado.

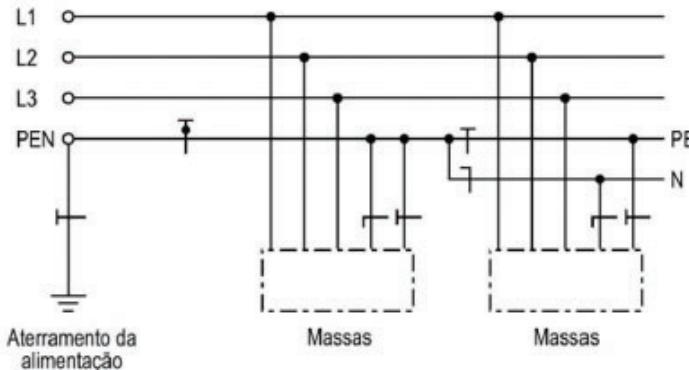
3. Outras letras eventuais: definem a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção.

- S – Funções asseguradas por condutores distintos
- C – Funções de neutro e proteção compartilhadas por um único condutor.
- Esquema TN: possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção. São consideradas três variantes de esquema TN, de acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, a saber:

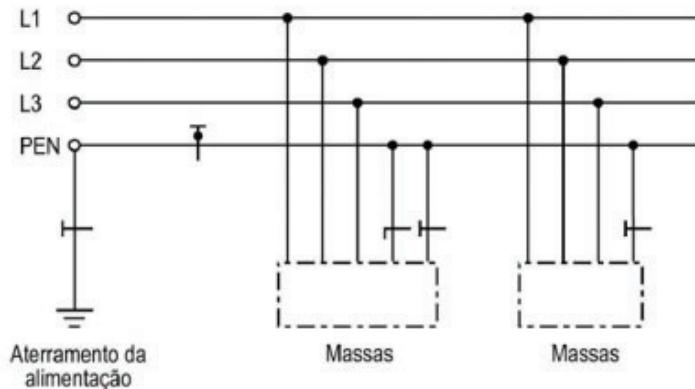
a) Esquema TN-S, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos



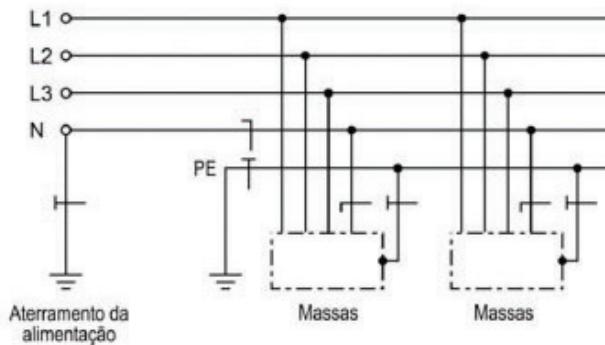
b) Esquema TN-C-S, em parte do qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor



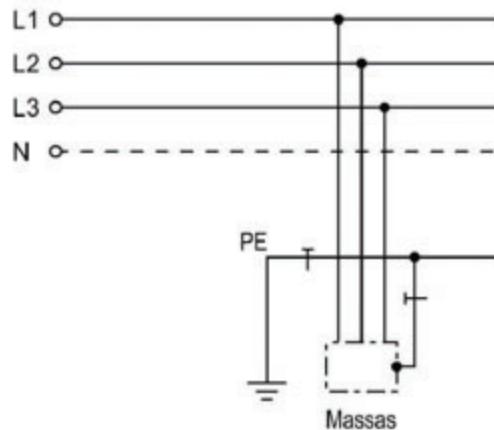
- c) Esquema TN-C, no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor, na totalidade do esquema

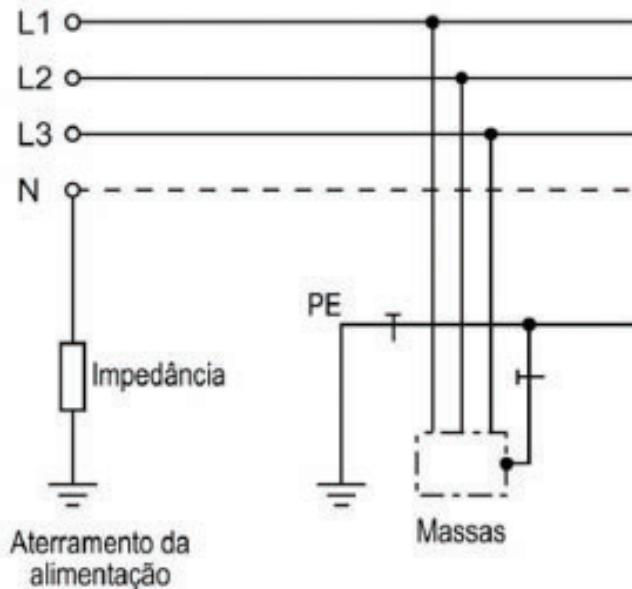


- Esquema TT: possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodos de aterramento eletricamente distintos do eletrodo de aterramento da alimentação, conforme figuras a seguir.



Esquema IT: possui a alimentação isolada da terra ou aterrada a partir de alta impedância e as massas aterradas, conforme figuras a seguir.





Projeto Predial - SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)

Segundo a NBR 5410, as pessoas, os animais domésticos e os bens devem ser protegidos contra as consequências prejudiciais devidas a uma falta elétrica entre partes vivas de circuitos com tensões nominais diferentes e a outras causas que possam resultar em sobretensões.

Uma das principais fontes de sobretensão são os fenômenos atmosféricos.

Para proteção contra as descargas atmosféricas, são utilizados os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, ou simplesmente SPDA, que consiste em um sistema completo destinado a proteger uma construção ou estrutura contra os efeitos das descargas atmosféricas.

O SPDA é composto por captores, condutores de descida e aterrramento.

- **Captor ou ponta:** tem a função de atrair as descargas atmosféricas. É constituído por uma, três ou mais pontas, em geral de aço inoxidável e é fixado a uma haste ou mastro, o qual é preso a uma base composta de um isolador de porcelana vitrificada para um nível de tensão de 10kV.

- **Condutor de descida:** consiste em uma cordoalha liga ao captor que conduz a corrente elétrica ao sistema de aterrramento. Os condutores de descida devem ser dispostos de maneira a constituir, tanto quanto possível, o prolongamento direto dos captores, devendo o comprimento de cada trajeto ser o menor e o mais retilíneo possível. A bitola e a quantidade de cabos de descida podem ser obtidas conforme tabela e equações a seguir, respectivamente.

Material do condutor	Altura da construção	
	$\leq 20m$	$> 20m$
Cabo de cobre	16mm ²	35mm ²
Cabo de alumínio	25mm ²	70mm ²
Cabo de aço galvanizado	50mm ²	50mm ²

Para definição da quantidade de descidas, deve-se utilizar o valor mais alto dentre as três equações a seguir.

$$N = \frac{A + 100}{300}$$

N – Número de descidas

A – Área coberta da edificação (m²)

$$N = \frac{h}{20}$$

N – Número de descidas h – Altura da edificação

$$N = \frac{P+10}{60}$$

N – Número de descidas

P – Perímetro da edificação (m)

Caso o número de descidas seja menor que dois, deverão ser instalados dois condutores de descida.

Condutores de descida naturais – São os elementos pertencentes à edificação que podem ser utilizados como condutores de descida. Exemplo: pilares metálicos, tubulações metálicas (exceto gás), perfis e suportes metálicos (desde que suas seções mínimas sejam coerentes com as especificações do projeto).

Condutores de descida não naturais – São os condutores alheios à edificação instalados especificamente para esta finalidade.

- Sistema de aterramento: tem a função de conduzir e dispersar a corrente de descarga atmosférica na terra.

A NBR-5419 estabelece que o valor máximo da resistência de aterramento a qualquer época do ano não deve ser maior que 10Ω, sendo que, em áreas de atmosfera explosiva, essa resistência não deve ser maior que 1Ω.

O aparelho utilizado para medir a resistência de terra é denominado megger ou megômetro.

A distância mínima entre os eletrodos deve ser de 3 metros, já a distância mínima entre os eletrodos e a edificação deve ser de 1 metro.

Se a condutibilidade do solo for suficiente, bastará a colocação de apenas um eletrodo de terra. Em geral, colocam-se três eletrodos. Caso não seja encontrada a resistência ôhmica prevista pela norma, aumenta-se o número de eletrodos até que o valor seja atingido.

Referências

- ABNT. NBR-5410: instalações elétricas de baixa tensão. 2005.
- ABNT. NBR-5419: proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. 2001.
- ABNT. NBR-5444: símbolos gráficos para instalações elétricas prediais. 1989.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução 456. 2000
- COTRIM, Ademaro A. M. B. Instalações elétricas. Editora Pearson: 2003. 4 edições.
- CREDER, Hélio. Instalações elétricas. Editora LTC: 2012. 15 edição
- ELEKTRO e PIRELLI. Instalações elétricas residenciais. 2003
- ELETROTELE Noroeste Ltda. www.eletrotele.com.br
- GUERRINI, Délia P. Instalações elétricas prediais. Editora Érica: 1990.
- LEGRAND. Catálogo de produtos e sistemas.
- LIMA Filho, Domingos Leite. Projetos de instalações elétricas prediais. Editora Érica: 2007. 11 edição.
- MAMEDE Filho, João. Instalações elétricas industriais. Editora LTC: 2007. 7 edições.
- MAMEDE Filho, João. Manual de equipamentos elétricos. Editora LTC: 2005. 3 edições.
- MOPA. Catálogo de canais para fios e cabos.
- NISKIER, Julio. Manual de instalações elétricas. Editora LTC: 2010.
- ONS – Operador Nacional do Sistema. www.ons.org.br
- PRYSMIAN. Catálogo de cabos de baixa tensão.
- REZENDE, Alexandre S. Folhas para desenhos técnicos. UFRGS – Faculdade de arquitetura.
- SIEMENS. Catálogo: proteção de instalações elétricas em baixa tensão - fusíveis.
- SIEMENS. Catálogo: proteção de instalações elétricas em baixa tensão - disjuntores 5SX, 5SP e 5SY.



OBRIGADO
CONTINUE ESTUDANDO



INEPROTEC