

CÁLCULO DE CONDUTORES DE ENERGIA ELÉTRICA

Para calcular a secção transversal de condutores de energia elétrica de um circuito terminal utilizaremos como exemplo os seguintes dados a seguir:

- a. *Potência instalada $P = 1.320 \text{ VA}$*
- b. *Condutores instalados em eletroduto embutido em alvenaria com dois outros circuitos terminais.*
- c. *Temperatura ambiente $T = 35^\circ \text{ C}$*
- d. *Condutores de cobre isolados, Pirastic Super Antiflan 450/750V*
- e. *Distância ao quadro terminal de luz $L = 25 \text{ metros}$*
- f. *Tensão de alimentação $V = 110 \text{ volts}$*
- g. *Queda de tensão máxima permissível segundo a NBR-5410/2004 da ABNT*

RESOLUÇÃO: Para o cálculo de qualquer secção de condutor de energia elétrica o projetista deve sempre fazê-lo por **três critérios**:

1º CRITÉRIO: - MÁXIMA CORRENTE PERMISSÍVEL

- a. **CÁLCULO DA CORRENTE DE PROJETO I_B .**

É acorrente que os condutores de um **circuito**, seja terminal ou de distribuição, deve suportar, levando em conta apenas as suas características nominais.

$$P = V \times I_B \quad I_B = 1.320 \text{ VA} / 110 \text{ V}$$

$I_B = 12 \text{ A}$
--

- b. **CÁLCULO DA CORRENTE FICTÍCIA DE PROJETO I'_B**

Todos os fabricantes de cabos elétricos elaboram suas tabelas de capacidades de corrente elétrica a uma temperatura ambiente de referência (30° C para linhas não subterrâneas e 20° C para linhas subterrâneas, conforme as tabelas 36, 37, 38 e 39, pg. 101 a 105, NBR 5410/2004). Se os condutores forem instalados em ambiente cuja temperatura difira dos valores indicados nessas tabelas (30° C para condutores não enterrados e de 20° C para condutores enterrados), a NBR 5410/2004 define um fator de correção de temperatura (**FCT**) que divide o valor da **corrente nominal**, para a obtenção da **corrente corrigida**. Para tanto, aplica-se os fatores de correção dados na **tabela 40, pg. 106, NBR 5410/2004. Anexo 2.**

Alguns fabricantes trabalham com temperaturas de referências diferentes do padronizado pela ABNT, nesses casos devem fornecer suas próprias tabelas de correções.

Outro fator a ser levado em consideração para determinação da corrente fictícia é quanto ao *número de circuitos diferentes em um mesmo eletroduto*, a NBR 5410/2004 define um fator de correção de agrupamento (**FCA**) que divide o valor da **corrente nominal** pelo fator de agrupamento, para a obtenção da **corrente corrigida**.

A **Tabela 42 da NBR 5410/2004, pg. 117**, apresenta os fatores de agrupamento para Diversas Maneiras de Instalar os Condutores. Para o nosso exercício em questão utilizaremos a "Referencia 1" da "Forma de agrupamento de condutores" exibidos na tabela 42: **"Feixe de cabos ao ar livre ou sobre superfície; cabos em condutos fechados"**. **Anexo 3.**

Continuando o exercício, temos:

$$I'_B = I_B / (F_{ct} \times F_{ca}) \quad \text{onde,}$$

F_{ct} = Fator de correção de temperatura, Norma NBR-5410/2004 (tab. 40)

F_{ca} = Fator de correção de agrupamento para condutores agrupados em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado

De acordo com os dados do item c, para $T=35^\circ\text{C}$

$F_{ct} = 0,94$ (Tabela 40, NBR 5410/2004 ou anexo 2)

De acordo com os dados do item b, para 3 circuitos (ele e mais dois)

$F_{ca} = 0,7$ (tab.42, NBR 5410/2004 ou anexo 3)

$$\text{Portanto, } I'_B = 12\text{A} / (0,94 \times 0,7) \quad \therefore$$

$$I'_B = 18,24\text{ A}$$

Em posse desse valor de corrente e consultando a **tabela 36** (capacidade de corrente elétrica de condutores) da **NBR 5410/2004**, página 101, para dois condutores carregados encontramos a bitola do condutor e a capacidade de condução do condutor para o **primeiro critério**:

$$S_1 = 2,5\text{ mm}^2, \text{ bitola do condutor (Área do cobre em mm}^2\text{)}$$

$I_z = 24\text{ A}$, capacidade de condução do condutor

Podemos também utilizar as tabelas atualizadas de capacidade de condução de corrente elétrica dos fabricantes.

Informações Importantes sobre Tabelas da NBR/2004:

Toda vez ao examinarmos uma **tabela de bitola de condutores** sempre vamos nos deparar com algumas observações mais comuns como, por exemplo: *maneira de instalar, número de condutores carregados, tipo de Isolação, temperatura ambiente etc.*, portanto vamos comentar um pouco mais a respeito.

✚ **Maneira de Instalar** refere-se à forma de instalar o condutor elétrico. A **tabela 33 da NBR 5410/2004**, página 90 a 95, "Tipos de Linhas Elétricas" descreve a cada tipo de instalação em baixa tensão: Se é uma instalação aérea, ou se é uma instalação onde o condutor se encontra dentro de um eletroduto e se este eletroduto está ou não embutido etc. e referencia por uma letra (A1, B1, C1, etc.)

Para o exercício em questão podemos utilizar o **Anexo1 ou tabela 33 página 90 da NBR 5410/2004**, portanto temos:

- **Método de Instalação:** Número 7
- **Descrição:** Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria

- **Método de Referência:** *B1* (utilizado na determinação da capacidade de condução de corrente na tabela 33 da NBR 5410/2004) ou *Anexo 1*.
- ✚ **Números de Condutores Carregados** refere-se ao número de condutores que efetivamente estão conduzindo corrente elétrica, **tabelas de números 36 a 39, páginas de 101 a 105 da NBR 5410/2004, Anexo 04 ou Anexo 05**. Para o nosso caso em questão estamos trabalhando com *127 V- circuito monofásico (fase e neutro)*, portanto são **dois condutores carregados** que conduzem corrente elétrica. O condutor de proteção (terra) não entra na contagem do número de condutores carregados.
- ✚ **Tipo de Isolação** refere-se de como é constituída a sua isolamento, se é de PVC (mais comum), XLPE, EPR etc.
- ✚ **Temperatura Ambiente**, já mencionado no *item b (cálculo da corrente fictícia de projeto)* em que os valores das capacidades de correntes com suas respectivas bitolas são valores referenciados à uma temperatura de ensaio, que geralmente é de 30 °C (NBR 5410/2004).

Conclusão do 1º critério:

O valor de corrente real que é absorvido pela carga é **$I_B = 12 \text{ A}$** . Portanto o condutor dimensionado deve ter a capacidade de conduzir o valor da corrente **I_B** , porém, de acordo com as condições propostas pelo exercício que são **temperatura ambiente e o número de condutores em um mesmo eletroduto**, produz uma redução real na **capacidade** de condução desse condutor. Para contornar tal situação foi calculada a corrente fictícia (**$I'_B = 18,24 \text{ A}$**) que é função da **temperatura ambiente** e do **fator de agrupamento**. O valor de **I'_B** foi determinado **somente** para que pudesse ser dimensionada a correta bitola do condutor elétrico que tivesse a capacidade de conduzir a corrente de projeto **I_B** **mediante as condições propostas pelo exercício**.

2º CRITÉRIO: MÁXIMA QUEDA DE TENSÃO ΔV PERMISSÍVEL

Introdução Teórica

Um dos parâmetros mais importantes para o correto dimensionamento dos condutores é o cálculo da seção, pelo método da Máxima Queda de Tensão.

Para que a instalação elétrica, tais como: motores, aparelhos e equipamentos, funcionem de forma satisfatória, é necessário que a tensão a que os equipamentos estão submetidos estejam dentro de limites pré-definidos.

Durante o percurso entre o quadro geral ou a subestação até o ponto de utilização de um circuito terminal, ocorre uma queda de tensão devido às resistências dos condutores e equipamentos.

Em virtude dessa queda de tensão, é necessário que os condutores sejam dimensionados de tal maneira que limitem a queda aos valores estabelecidos pela norma **NBR 5410/2004**, em relação ao valor da tensão nominal da instalação:

- a) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);

- b) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- d) 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

Nota:

Estes limites de queda de tensão são válidos quando a tensão nominal dos equipamentos de utilização previstos for coincidente com a tensão nominal da instalação.

Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%.

Na tabela 1 estão listados os valores máximos de queda de tensão para os diversos tipos de entrada.

Tipo da instalação	Iluminação e tomadas	Outros usos
Instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir de uma rede de distribuição pública de baixa tensão.	5%	5%
Instalações alimentadas diretamente por subestação transformadora, a partir de uma instalação de alta tensão.	7%	7%
Instalações que possuam fonte própria.	7%	7%

Tabela 1 – Limites de queda de Tensão

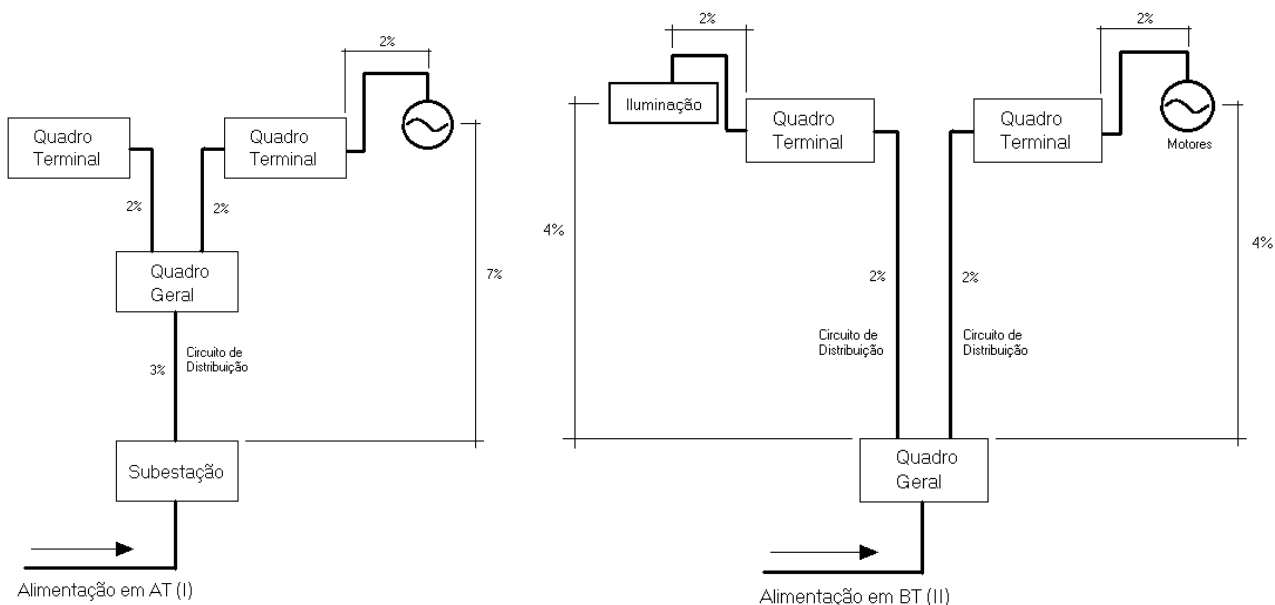


Figura 1 - Queda de Tensão a considerar (Alta Tensão)

Figura 2 - Queda de Tensão a considerar (Baixa Tensão)

Para dimensionar os condutores é necessário conhecer anteriormente:

- ✚ Corrente de projeto, I_B (A)
- ✚ O fator de potência, $\cos \theta$
- ✚ A queda de tensão admissível para o caso, em porcentagem (%)
- ✚ O comprimento do circuito L (m)
- ✚ A tensão entre fases U (V)

Com esses parâmetros pode-se calcular o valor da seção do condutor necessária à limitação da queda de tensão através da equação dada:

$$S = \frac{2 \times L \times I_B \times \cos \theta \times \rho}{\% \Delta V \times V}$$

Sendo que,

S = Área do condutor em $[\text{mm}^2]$

L = Distância em metros $[\text{m}]$ do quadro terminal à carga considerada

I_B = Corrente de projeto $[\text{A}]$

$\cos \theta$ = Fator de Potencia

ρ = Resistividade do cobre $\left[\frac{1}{57} \Omega \times \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right]$

O **número 2** presente nesta equação é referente a tensão de alimentação quando esta for 110V (**monofásica**) ou 220V (**bifásica**). Para circuitos **trifásicos** substituiremos por $\sqrt{3}$.

Com esses parâmetros, pode-se deduzir que o fator crucial para o dimensionamento é a **distância** do ponto de utilização ao Quadro Geral, terminal e subestação.

Quanto maior a distância, maior será a seção necessária do condutor para transmitir a mesma quantidade de energia. Portanto, é de interesse prático e econômico que se procure alternativas no projeto para limitar as distâncias entre os pontos de utilização, com o objetivo de que não sejam dimensionadas seções elevadas.

Por isso, ao verificar em seu projeto que a seção calculada foi elevada em razão da Queda de Tensão, analise o trabalho procurando caminhos alternativos, que diminuam a distância entre os diversos pontos dos circuitos.

Através deste critério, voltemos a analisar o nosso exercício.

L = distância em metros da carga considerada ($L=25 \text{ m}$)

I_B = Corrente de projeto (12 A)

V = Tensão da alimentação da carga (dado $V=110 \text{ volts}$)

ρ = Resistividade do cobre $\frac{1}{57} \times \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$

ΔV = Para circuitos terminais 2% (NBR 5410/2004)

$\cos \theta = 1$ (quando não for dado adota-se igual a 1 resistivo)

$$S_2 = \frac{2 \times 25(\text{m}) \times 12(\text{A}) \times 1 \left(\frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}} \right)}{0,02 \times 110(\text{V}) \times 57} = 4,78 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = 4,78 \text{ mm}^2$$

Voltemos novamente à análise da **tabela 36, pg. 101 da NBR-5410/2004** ou Anexo 04:

i. Método de referência

Para que o método de referência seja identificado primeiramente recorre-se à **tabela 33 NBR-5410/2004 – Tipos de Linhas** ou Anexo 1:

B1 - *Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria* – em acordo com os dados do exercício

ii. Número de condutores carregados:

2 condutores (1 fase + 1 Neutro)

iii. Seções nominais (mm²):

A seção calculada foi de 4,78 mm², o mais próximo (sempre para mais) na tabela é **6 mm²** que corresponde pela tabela a uma capacidade de corrente de **I_z = 41A**

Conclusão entre os dois Critérios Utilizados

Comparando as duas seções calculadas o projetista **SEMPRE** deve adotar aquela que apresentou a **MAIOR** seção, portanto **S₂ > S₁**.

3º CRITÉRIO:

COORDENAÇÃO DA PROTEÇÃO COM A SEÇÃO TRANSVERSAL DO CONDUTOR DE ENERGIA ELÉTRICA PARA SOBRECARGAS

Devemos sempre satisfazer as duas seguintes condições:

a. $I_B \leq I_N \leq I_Z$

b. $I_2 \leq 1,45 \times I_Z$

(ver proteções elétricas)

I. PROTEÇÕES ELÉTRICAS

Antes de darmos sequência ao nosso exercício vamos estudar algumas condições anormais que podem ocorrer em um circuito.

Sobrecarga: É a parcela da potência absorvida de um circuito que **excede** a potência nominal do sistema.

Sobrecorrente: É quando a corrente de um circuito ultrapassa a máxima permitida para um sistema ou um equipamento, podendo ocorrer um grande aquecimento nos condutores.

Corrente de Curto-Circuito: É quando ocorre uma ligação acidental entre dois condutores de potenciais diferentes, ocorrendo uma corrente de grande intensidade.

i. Fusíveis de Baixa Tensão

Consideramos como elemento de proteção em baixa tensão os fusíveis que podem ser utilizados até uma tensão de 1kV em CA e 1,5 kV em CC.

São dispositivos usados com o objetivo de limitar o efeito de uma perturbação, proporcionando a sua interrupção. Os fusíveis (figura 3) são os elementos mais frágeis que são propositadamente intercalados num determinado ponto do circuito elétrico para interromper corrente de sobrecargas violentas.

Os fusíveis são indicados para proteção contra curtos-circuitos, cuja capacidade de interrupção varia com a tensão de trabalho chegando a 100 kA em 440V , sendo que sua proteção contra sobrecarga é pouco precisa.



Figura 3. Fusíveis tipos NH e Diazed em portas fusíveis e em diversos tamanhos.

a. Principais Elementos que Constituem os Fusíveis de BT

Elo fusível ou elemento fusível: É feito basicamente de cobre recoberto com zinco, que com a passagem de corrente com valor acima do valor nominal do fusível, provoca um aquecimento e este elo se funde em um meio extintor, interrompendo esta corrente.

Meio extintor: Esse material pode ser de *areia de quartzo* que tem como finalidade de retirar a energia calorífica do arco provocada pela fusão do elo fusível.

Corpo: São feitos de material isolante (porcelana no caso dos industriais, mas existem também de papelão de vidro e de plástico) Serve para sustentar o elemento fusível , o meio extintor e os terminais.

Terminais: São feitos de metal com robustez bastante para que não sofrer com a corrente que flui pelo fusível Fazem o contato do elemento fusível com o porta fusível.

Porta fusível: é um compartimento que fica fixo no circuito e serve de encaixe para o fusível.

b. Característica de Desligamento

Fusível de efeito **rápido**: destina-se a circuitos em que a variação da corrente entre a partida e o regime normal de funcionamento é pequena (ex.: cargas resistivas, cargas que funcionam com semicondutores);

Fusível de efeito **retardado**: destina-se a circuitos em que a corrente de partida é várias vezes superior à corrente nominal (ex.: motores).

c. Faixa de interrupção

Os dispositivos fusíveis podem ser do tipo **gG, gM, aM**.

A **primeira letra** indica a **faixa de interrupção**:

Fusíveis tipo **g** - fusíveis de capacidade de interrupção em toda faixa;

Fusíveis tipo **a** - fusíveis de capacidade de interrupção em faixa parcial.

A **segunda letra** indica a **categoria de utilização** e define com precisão a característica tempo-corrente, tempos e correntes convencionais, e regiões de atuação.

gG indica fusíveis, com **capacidade de interrupção em toda a faixa**, para **aplicação geral**;

gM indica fusíveis, com **capacidade de interrupção em toda a faixa**, para proteção de **circuitos de motores**;

aM indica fusíveis, com **capacidade de interrupção em faixa parcial** para proteção de **circuitos de motores**.

a) Tipos de Fusíveis

a. Fusível Rolha

Fusível de baixa tensão em que um dos contatos é uma peça rosçada, que se fixa no contato roscado da base correspondente, ainda facilmente encontrados no mercado, porém não são admitidos pelas normas **NBR** devido a pouca ou nenhuma segurança, não faremos referências ao seu estudo.



Figura 04 - Fusível Cartucho tipo Virola e Fusível tipo Rolha

b. Fusível Cartucho

Fusível de baixa tensão cujo elemento fusível é encerrado em um tubo protetor de material Isolante e pode conter cristais de sílica como elemento extintor, com contatos nas extremidades fechando o tubo. Os fusíveis cartuchos cujos invólucros são somente de papelão impregnado de verniz sem o meio extintor não são admitidos pela **NBR**

Nota: De acordo com a forma dos contatos, este fusível é designado:

a) fusível (cartucho) tipo **virola**;

b) fusível (cartucho) tipo **faca**.



Fusível Tipo Virola					Fusível Tipo Faca	
Corrente Nominal (A)					Corrente Nominal (A)	
6	12	25	40	100	60	400
8	16	30	50		100	600
1	20	32	60		200	
0						

Tabela 1 – Correntes Nominais dos Fusíveis Cartucho

c. Fusível Diazed

Os fusíveis Diazed são de alta confiabilidade e utilizadas em bases calibradas, isto é, em uma substituição somente poderá ser trocado por outro de mesmo valor nominal e podem ser encontrados em duas versões, **rápido e retardado** sendo que o último é de uso exclusivo à proteção de motores.

Quando instalado fica em um invólucro completamente fechado não expondo partes vivas. Possui também um dispositivo indicador de fusão que se solta quando o elo se funde.

Tem uma elevada capacidade de interrupção em curto circuito de até 70 kA, e pode ser utilizados em circuitos cuja tensão nominal não ultrapasse 600 V.



FUSÍVEL DIAZED			
Corrente Nominal do Fusível (A)	Corrente Nominal da Base (A)	Corrente Nominal do Fusível (A)	Corrente Nominal da Base (A)
2	25	35	63
4		50	
6		63	
10		80	
16		100	100
20		125	200
25		160	
		200	

Tabela 2

d.Fusível NH

São fusíveis de **alta confiabilidade**, porém mais caros, predomina em utilizações industriais onde suporta elevadas correntes de partida de motores elétricos. Possui elevada corrente de ruptura de curto circuito, chegando até **100kA**.

Uma das vantagens que possui em relação aos demais além de sua grande eficácia, é que os elos fusíveis podem ser renovados quando se fundem dando um sinal através de um pino indicador de fusão.

FUSÍVEIS TIPO NH			
Corrente Nominal do Fusível (A)	Corrente Nominal da Base (A)	Corrente Nominal do Fusível (A)	Corrente Nominal da Base (A)
6	125	36	250
10		50	
16		63	
20		80	
25		100	
36		125	
50		160	
63		200	
80		224	400
100		250	
125		300	
		355	
		400	630
		425	
		500	
		630	
		800	1000
		1000	

Tabela 3

Conclusão:

seu valor de especificação de corrente deverá ser sempre maior que o do dispositivo fusível e sua tensão deverá ser sempre maior que a tensão da rede elétrica.

Recomenda-se que as facas se abram quando puxadas para baixo.

(continuação do exercício – Utilizando o Fusível como Elemento de Proteção)

a.

Como $I_B = 12\text{ A}$ (calculado)
 $I_Z = 41\text{ A}$ (Anexo 4)

Substituindo os valores de I_B e I_Z na expressão $I_B \leq I_N \leq I_Z$,

$$12\text{ A} \leq I_N \leq 41\text{ A}$$

O projetista deve escolher I_N , corrente nominal do fusível, (tab. 1 ou 2 dos Fusíveis) um valor que deve ser igual ou imediatamente superior a **12 A**. Na tabela o valor encontrado é de **16 A**, portanto:

$$12\text{ A} \leq 16\text{ A} \leq 41\text{ A}, \text{ (satisfeito o item a).}$$

b. Uma nova condição também deverá ser satisfeita

$I_2 \leq 1,45 \times I_Z$, substituindo $I_Z = 41\text{ A}$ na expressão dada, temos:

$$I_2 \leq 1,45 \times 41\text{ A}, \text{ portanto}$$

$$I_2 \leq 59,45\text{ A}$$

O passo seguinte do projeto é calcular o valor da corrente I_2 , para tanto é necessário consultar a **Tabela Fatores de Multiplicação de Corrente (K)** que relaciona aos tempos de atuação de um determinado dispositivo de proteção (fusíveis e disjuntores). **TABELA 4.**

Tipo	Corrente nominal I_N (A)	Corrente convencional de não atuação I_{NA} (A)	Corrente convencional de atuação I_A (A) = I_2
Fusível gl	$I_2 \leq 4$ $4 < I_2 \leq 10$ $10 < I_2 \leq 25$ $25 < I_2 \leq 100$ $100 < I_2 \leq 1000$	$1,5 \times I_N$ $1,5 \times I_N$ $1,4 \times I_N$ $1,3 \times I_N$ $1,2 \times I_N$	$2,1 \times I_N$ $1,9 \times I_N$ $1,75 \times I_N$ $1,6 \times I_N$ $1,6 \times I_N$
Fusíveis gll	Todas	$1,2 \times I_N$	$1,6 \times I_N$
Fusíveis gG	Todas	$1,25 \times I_N$	$1,6 \times I_N$
Disjuntores em caixa moldada tipo L	$I_N \leq 10$ $10 < I_N \leq 25$ $I_N > 25$	$1,5 \times I_N$ $1,4 \times I_N$ $1,3 \times I_N$	$1,9 \times I_N$ $1,75 \times I_N$ $1,6 \times I_N$
Disjuntores em caixa moldada tipo G	Todas	$1,05 \times I_N$	$1,35 \times I_N$
Disjuntores em geral	$I_N \leq 63$ $I_N > 63$	$1,05 \times I_N$ $1,05 \times I_N$	$1,35 \times I_N$ $1,25 \times I_N$

Corrente Convencional de Não Atuação: Valor especificado pela corrente de um disjuntor ou fusível que pode ser suportado durante um tempo especificado (tempo convencional)

Corrente Convencional de Atuação (I_2): Valor especificado pela corrente de um disjuntor ou fusível que atua dentro de um tempo especificado (tempo convencional)

$$I_2 = I_f = k \times I_N$$

A **Tabela 5** mostra os tempos convencionais para os principais dispositivos de proteção contra sobrecorrentes de baixa tensão.

TIPO	CORRENTE CONVENCIONAL $I_N(A)$	TEMPO CONVENCIONAL (h)
Fusíveis gI, gII e gG	$I_N \leq 63$	1
	$63 < I_N \leq 160$	2
	$160 < I_N \leq 400$	3
	$400 < I_N \leq 1000$	4
Disjuntores	$I_N \leq 63$	1
	$I_N > 63$	2

TABELA 5

Na **TABELA 4** para fusíveis **gI** e $I_N = 16A$ (valor encontrado no item **a**), encontramos na coluna **corrente Atuação $I_2 = 1,75 \times I_N$** .

Portanto $I_2 = 1,75 \times 16A$

$$I_2 = 28A$$

Como no item anterior encontramos que $I_2 \leq 59,45A \therefore$ substituindo o valor de **I_2** encontrado temos que:

$$(I_2 = 28A) < 59,45A \text{ (Satisfeito o item b)}$$

CONCLUSÃO FINAL: - A secção transversal dos condutores de energia elétrica do circuito terminal do problema será:

$$2 \times \# 6 \text{ mm}^2, I_2 = 41 A, \text{ fusível} = 1 \times 16 A$$

Como se trata de um circuito monofásico 110 V, utilizamos fusível somente para proteção da fase.

(continuação do exercício - Utilizando o Disjuntor como Elemento de Proteção)

I. DISJUNTORES



DISJUNTOR TIPO AMERICANO



DISJUNTOR TIPO EUROPEU



DISJUNTOR DE CAIXA MOLDADA



DISJUNTOR DE ALTA TENSÃO

Os disjuntores podem ser encontrados como **monopolar, bipolar e tripolar**, normalmente possuem dois sistemas de proteção:

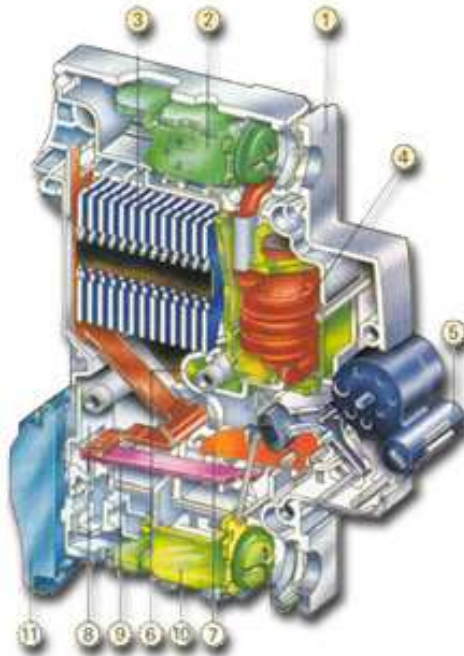
Proteção contra Sobrecorrente - trata-se de um dispositivo térmico (*lâmina bimetálica*) sensível às condições de sobrecarga. Quando por este dispositivo circular uma corrente superior à nominal, este se aquece curvando a lâmina e desarmando o disjuntor.

Proteção contra curto-circuito - trata-se de um dispositivo eletromagnético cuja armadura encontra-se presa a uma mola, quando pelos fios da bobina circular uma corrente alta suficiente, acima da **corrente de operação (I)**, capaz de vencer ação da mola a armadura então será tracionada pelo núcleo promovendo então abertura dos contatos desarmando o disjuntor.

Esta **corrente de operação (I)** pode ser *fixa* ou *ajustável* (dentro de uma faixa), mas para isto é necessário que o disjuntor já venha com tal dispositivo de ajuste.

Temos dispositivos eletromagnéticos de disparo são classificados em três grupos: **instantâneo**, **extra rápido** e de **retardo**, sendo que este último ao passar uma corrente superior a sua corrente de operação o seu *disparo* ocorrerá após um **tempo de retardo** ocasionado por um *circuito temporizador*.

Os disjuntores que operam em *baixa tensão* e geralmente trabalham com proteção térmica e eletromagnética são chamados de **disjuntores termomagnéticos**.



- 1 - Parte Externa, termoplástica
- 2 - Terminal superior
- 3 - Câmara de extinção de arco
- 4 - Bobina responsável pelo disparo instantâneo (magnético)
- 5 - Alavanca:
 - 0 - Desligado: verde visível
 - 1 - Ligado: vermelho visível
- 6 - Contato fixo
- 7 - Contato móvel
- 8 - Guia para o arco - sob condições de falta, o contato móvel se afasta do contato fixo e o arco resultante é guiado para a câmara de extinção, evitando danos no bimetálico, em caso de altas correntes (curto-circuito)
- 9 - Bimetálico - responsável pelo disparo por sobrecarga (térmico)
- 10 - Terminal inferior
- 11 - Clip para fixação no trilho DIN

A combinação da bobina magnética, arco guia e a câmara de extinção de arco garantem rapidez no desarme, alta capacidade de ruptura, alta seletividade e durabilidade do disjuntor

Foto Ilustrativa

Tais disjuntores possuem **boa confiabilidade** na proteção contra **sobrecargas** devido o seu **dispositivo térmico** trabalhar próximo ao seu valor nominal de corrente. Enquanto que o seu dispositivo eletromagnético opera dentro de uma faixa, cujo valor inicial é superior ao valor de sobrecorrente e o seu valor final é o valor da capacidade de interrupção do disjuntor.

Os **minidisjuntores** termomagnéticos de caixa moldada (caixa plástica hermeticamente fechada) com *correntes nominais de 5 a 100A* são para nós os mais empregados, portanto a estes vamos dedicar os nossos estudos.

Os **minidisjuntores** são divididos em duas classes: **tipo europeu** e **tipo americano**.

a. Minidisjuntor tipo Americano (NEMA)

É geralmente mais robusto, sua caixa é de baquelite preta, seu dispositivo eletromagnético não é bobinado o que o torna sensível apenas a altas *correntes de operação (I)* de **10 a 30I_N**, isto é, para um disjuntor cuja corrente nominal ($I_N = 15A$) a faixa de atuação de seu dispositivo eletromagnético é de 150 a 450A.

b. Minidisjuntores tipo Europeu (DIN)

Possuem mecanismos de alta precisão, sua caixa não é de baquelite e geralmente possui cor clara. O seu dispositivo eletromagnético é bobinado, o que o torna mais sensível a pequenos valores acima da *corrente de operação (I)*.

Tais disjuntores são classificados em dois tipos: **L** e **G**

1. Tipo L: possuem os disparadores eletromagnéticos ajustados para atuar entre **3,5 e 5 vezes a corrente nominal**, sendo **indicados para proteção de instalações residenciais , circuitos de iluminação e comando, etc.**

2. Tipo G: Possuem os disparadores eletromagnéticos ajustados para atuar entre **7 e 10 vezes a corrente nominal**, sendo **indicados para proteção de circuitos nos quais existem cargas motrizes**, já que suportam a corrente de partida de motores que é da ordem de **6 I_N** .

Portanto para um disjuntor cuja corrente nominal seja 15A a faixa de atuação para **tipo L** varia de **52,5 A a 75 A**, enquanto que para o **tipo G** a faixa de atuação varia de **105 A a 150 A**.

CAPACIDADE DE RUPTURA: A capacidade de interrupção de um disjuntor representa o **valor máximo** da **corrente de curto circuito (Icc)** que o fabricante do disjuntor assegura que o mesmo pode suportar sem sofrer avarias. Se tais valores forem superados na ocorrência de um curto circuito, o respectivo disjuntor de proteção, ao invés de manter a integridade da instalação poderá colar seus terminais mantendo a destruidora corrente de curto circuito ou, até mesmo, "explodir".

O projetista encontrará vários disjuntores com a mesma **corrente nominal** e do mesmo fabricante, porém com preços diferentes, pois saibam que quanto maior a **capacidade de ruptura**, que pode variar de 5KA até 65KA, maior será o preço cobrado, pois o disjuntor tem que ser mais robusto.

A **corrente de curto circuito** depende do transformador que alimenta a instalação (*ou o transformador da sua cabine primária, ou o que está no poste da Concessionária de energia elétrica*) e do comprimento dos cabos desde o seu quadro elétrico até este transformador. Quanto mais longe estiver o quadro elétrico do transformador da instalação, menor será o valor da **Icc** neste quadro. Desta forma, **o cálculo de Icc para cada quadro da sua instalação pode representar uma economia**, pois o seu quadro geral pode exigir, por exemplo, 25KA/220VCA, mas os demais podem exigir apenas 5KA/220VCA.

A **tabela 7** nos dá os valores das correntes convencionais dos principais dispositivos de proteção contra sobrecorrentes em acordo com as normas NBR, portanto não se trata de valores obtidos de tabelas de fabricante.

Nota:

Quando se trata de **instalações comerciais e industriais** onde circuitos terminais de iluminação ficam ligados por mais de três horas, isto faz com que a temperatura do quadro terminal suba por muitas vezes a valores superiores a 40 °C. Uma vez que os disjuntores são calibrados a uma temperatura que **não** ultrapassa 40 °C é de se esperar então que passe a responder a valores de correntes inferior a sua capacidade nominal. Por exemplo, um disjuntor monopolar da **EATON** de 16 A calibrado a uma temperatura ambiente de 40 °C ,de acordo com sua tabela de corrente nominal em função da temperatura, temos que à 50 °C o seu valor nominal cai para 14,9 A. Por normas , os disjuntores não

devem trabalhar a mais de 80% de sua capacidade nominal, portanto muitos fabricantes já fornecem uma tabela para escolha apropriado do disjuntor mediante a sua utilização em temperaturas diferentes das de calibração. TABELA 6

TABELA 6 - Tabela de Correção de Temperatura (Disjuntores Eaton)

TEMPERATURA	CORRENTE NOMINAL (A)							
a 40°C	16	20	32	40	50	63	80	100
a 50°C	14,9	18,6	29,8	37,2	46,5	58,6	74,4	93,0
a 50°C	13,6	17,0	27,2	34,0	42,5	53,6	68,0	85,0

Continuação do Exercício

As condições anteriormente descritas para os fusíveis são também válidas para os disjuntores:

1ª condição: $I_B \leq I_N \leq I_Z$

2ª condição: $I_2 \leq 1,45 \times I_Z$

Análise para a primeira condição:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Sendo:

$I_B = 12 \text{ A}$ (calculado)

$I_Z = 41 \text{ A}$ (Anexo 4)

$$12A \leq I_N \leq 41A$$

Analisando a [tabela 7](#) encontramos um disjuntor de **$I_N = 16A$** (imediatamente superior ao valor calculado **I_B**), portanto:

$$12A \leq \mathbf{16A} \leq 41A, \text{ primeira condição satisfeita}$$

I_N (A)	I_N (A)	I_N (A)
5	30	63
10	35	70
16	40	80
20	45	90
25	50	100

TABELA 7 - Esta é uma tabela geral de valores de disjuntores sem especificar o fabricante.

Análise para a segunda condição:

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

Sabendo que $I_2 \leq 1,45 \times 41A \therefore I_2 \leq 59,45A$

Agora em posse da [tabela 4](#) escolhemos que para os [disjuntores de uso geral](#), **$I_N = 16A$** (tipo americano (NEMA) e tipo europeu (DIN)), temos:

$$I_2 = I_A = 1,35 \times I_N$$

$I_2 = I_A =$ **corrente de atuação** do disjuntor dentro de um tempo convencional T_C .

Substituindo $I_N = 16A$, temos:

$$I_2 = 1,35 \times 16 \quad \therefore \quad I_2 = 21,60A$$

$$I_2 = 21,60A \leq 59,45A$$

*A 2ª condição também se verifica podemos então utilizar o disjuntor de **16A**.*