



Nome: _____ Turma: _____ Data: ____/____/2019

Dimensionamento da Instalação Elétrica

Dimensionamento de disjuntores

A ABNT NBR 5410:2004 impõe condições que devem ser cumpridas para que haja uma perfeita coordenação entre os condutores vivos de um circuito e o dispositivo que os protege contra correntes de sobrecarga e contra curtos-circuitos.

Os disjuntores devem ser dimensionados conforme os seguintes parâmetros: **sobrecarga e curto-circuito.**

Proteção contra correntes de sobrecarga

Para que a proteção dos condutores contra sobrecargas fique assegurada, as características de atuação do dispositivo destinado a provê-los devem ser tais que atendam as seguintes condições: (ABNT NBR 5410:2004, parágrafo 5.3.4.1).

$$\begin{matrix} \text{a) } I_p \leq I_n \leq I_z \\ \quad \quad \quad \uparrow \\ \quad \quad \quad I_c \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{b) } I_2 \leq 1,45 \times I_z \\ \quad \quad \quad \uparrow \\ \quad \quad \quad I_c \end{matrix}$$

Onde:

I_p = Corrente de projeto do circuito, em ampère (A). A norma trata como I_B .

I_n = Corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação, em ampère (A).

I_z = Capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para a sua instalação, submetidos aos fatores de correção eventuais das tabelas 7 e 9.....(e outras) páginas 07 e 08 (Dimens. de Condutores elétricos), em ampère (A)

$$I_z = I_c \times FCA \times FCT$$

Onde:

I_z = Corrente corrigida, em ampères (A)

I_c = Capacidade limite de condução de corrente do condutor, em ampères (A)

FCA = Fator de Correção de Agrupamento dos circuitos (Tabela 9).

FCT = Fator de Correção de Temperatura (Tabela 7).

I_c = Capacidade de condução de corrente dos condutores, conforme tabelas 4 e 5...(e outras) página 05 e 06 (Dimensionamento de Condutores elétricos), em ampère (A).

I_2 = Corrente que assegura efetivamente a atuação do dispositivo de proteção. Na prática é considerada a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis. (corrente de sensibilização do disjuntor sabendo-se que o disjuntor –ou fusível – vai atuar).

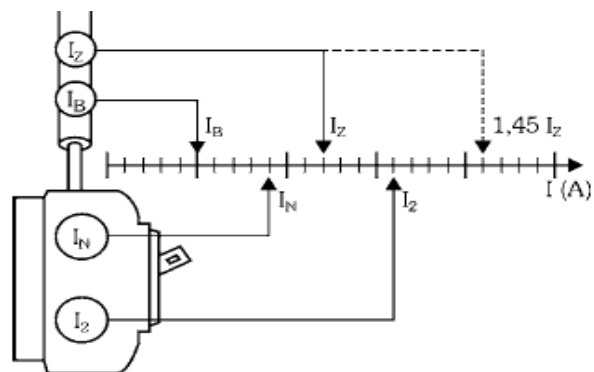
Atenção:

A condição b) é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não venha a ser mantida por um tempo superior a 100h durante 12 meses consecutivos, ou por 500h ao longo da vida útil do condutor. Quando isso não ocorrer, a condição da alínea b) deve ser substituída por: $I_2 \leq I_z$.

As correntes características do conjunto condutores-dispositivos de proteção devem atender às seguintes condições (conforme figura abaixo):

- A corrente nominal do dispositivo de proteção, I_n , não deve ser inferior à corrente de projeto do circuito, I_B ; assim evita-se a atuação do dispositivo quando o circuito funciona normalmente.
- A corrente nominal do dispositivo de proteção, I_n , não deve ser superior à capacidade de condução de corrente, I_z , dos condutores; assim o disjuntor deve ficar “sobrecarregado” quando ocorrer uma sobrecarga no circuito.
- A corrente de projeto do circuito, I_B , não deve se superior à capacidade de condução de corrente dos condutores, I_z .
- Quando o circuito é sobrecarregado de 45%, isto é, quando a corrente é igual a 1,45 vezes a capacidade de condução de corrente I_z , o dispositivo de proteção deve atuar em uma hora (ou em duas horas, para os dispositivos maiores). Essa condição é imposta pela norma para garantir a atuação do dispositivo e evitar o aquecimento prejudicial dos condutores. Observa-se que para sobrecorrentes inferiores à indicada, o disjuntor também deve atuar, porém num tempo mais longo (fora das características de atuação).

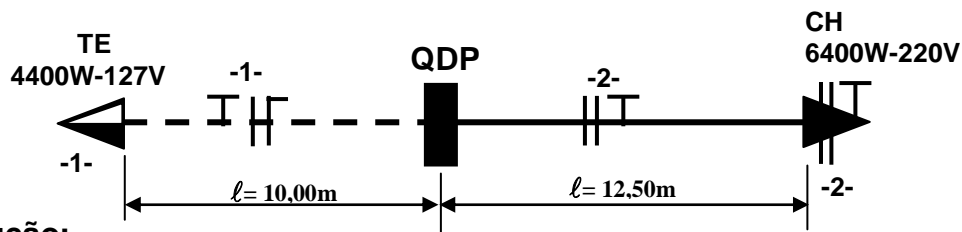
Figura: Condições de atuação contra sobrecarga (NBR 5410:2004). Cortesia: Bitcino



1.

Exemplo de dimensionamento

Dimensionar o condutor com as características abaixo, tendo como dados: FP= 1, isolamento de PVC, eletroduto de PVC embutido em alvenaria, temperatura ambiente= 30°C, comprimento do trecho do chuveiro é 12,50m e da torneira elétrica é de 10,00m.



Solução:

A - Critério da Seção Mínima	
Tabela 14 – Circuitos de pontos de tomadas – Condutor Seção mínima 2,5mm².	
B - Critério da Capacidade de condução de corrente	
Circuito 1	Circuito 2
$S = \frac{P}{FP} \Rightarrow S = \frac{4400}{1} \Rightarrow S = 4400VA$	$S = \frac{P}{FP} \Rightarrow S = \frac{6400}{1} \Rightarrow S = 6400VA$
$13 \frac{S_n}{v} \Rightarrow I_p = \frac{4400}{127} \Rightarrow I_p = 34,65A$	$I_p = \frac{S_n}{V} \Rightarrow I_p = \frac{6400}{220} \Rightarrow I_p = 29,1A$
Tabela 3 - (Ic) - Coluna 6 - Seção 6,0mm².	Tabela 3- (Ic) - Coluna 6 - Seção 4,0mm².
C - Critério da Queda de Tensão	
$\Delta V_{unit.} = V/A \times km =$ Tabela 17, Coluna 5 - $e(\%) =$ Figura 1 ($\leq 4\%$)	
$\Delta e(\%) = \frac{\Delta V_{unit.} \times I_p \times \ell \times 100}{V_n} (\leq 4\%)$	
$\Delta e(\%) = \frac{7,07 \times 34,65 \times 0,010 \times 100}{127} \Rightarrow \Delta e(\%) = 1,93\%$	$\Delta e(\%) = \frac{10,6 \times 29,1 \times 0,0125 \times 100}{220} \Rightarrow \Delta e(\%) = 1,75\%$
Escolha do condutor – Seção dos condutores adotados	
Para o circuito 1 e 2 a queda de tensão é inferior a 4%. Conforme critérios A e B, verificamos que as seções dos condutores calculados para os circuitos correspondentes, permanecem a mesma. Portanto, adota-se as bitolas calculadas.	

A seção para o Neutro, Fase e Proteção (PE) é 6,0mm ² .	A seção para as Fases e Proteção (PE) é 4,0mm ² .
D – Dimensionamento dos disjuntores FCA = 1,0 – Tabela 9 – 1 circuito no eletroduto. FCT= 1,0(30°C) Tabela 7. I _n = Tabela 12, 13 ou 14.	
Circuito 1	Circuito 2
A seção para o Neutro, Fase e Proteção (PE) é 6,0mm ² .	A seção para as Fases e Proteção (PE) é 4,0mm ² .
$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 41 \times 1,0 \times 1,0$ $I_z = 41A$	$I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 32 \times 1,0 \times 1,0$ $I_z = 32A$
Correção de temperatura para disjuntor em função de estar dentro do QDP (Sem ventilação) - 30°C + 10°C = 40°C – FCT = 0,87 (Tabela 7)	
$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{disjuntor} = \frac{20}{0,87} \Rightarrow I_d = 39,8A$	$I_{disjuntor} = \frac{I_p}{FCT} \Rightarrow I_{disjuntor} = \frac{29,1}{0,87} \Rightarrow I_d = 33,5A$
Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior. Disjuntor de 40A.	Valor do disjuntor comercial igual ou imediatamente superior. Disjuntor de 35A ou 32A.
$I_p \leq I_n \leq I_z$ $34,65A \leq 39,8A \leq 41A$ $34,65A \leq 40A \leq 41A$	$I_p \leq I_n \leq I_z$ $29,1A \leq 33,5A \geq 32A$ $29,1A \leq 35A \geq 32A$ $32A \leq$
Com esse disjuntor e seção dos condutores 6,0 mm ² a inequação é plenamente atendida. Para o Circuito 1 adota-se... Disjuntor termomagnético Unipolar de 40A. Seção dos Condutores Neutro, Fase e Proteção (PE) 6,0mm².	Com esse disjuntor (35A) e seção do condutor 4,0mm ² a inequação não é atendida. Portanto, deve-se proceder o recálculo do circuito para seção dos condutores imediatamente superior. ... 41 A... Seção dos condutores 6,0mm². $I_z = I_c \times FCA \times FCT \Rightarrow I_z = 41 \times 1,0 \times 1,0 \Rightarrow$ $I_z = 41A.$ $I_p \leq I_n \leq I_z$ $29,1A \leq 35A \text{ ou } 32A \leq 41A$ Para o Circuito 2 adota-se... Disjuntor termomagnético bipolar de 35A* ou 32A**. Seção dos Condutores Fases e Proteção (PE) 6,0mm².

*Norma ABNT NBR 5361:1998. **Norma ABNT NBR NM 60898:2004

Tabela de Capacidade, de atuação e não atuação dos Disjuntores Termomagnéticos

Tabela 12 – Características elétricas dos disjuntores UNIC – Bolt-on. Pial-Legrand.

Norma de referência		ABNT NBR 5361:1998		
Frequência		50/60 Hz		
Correntes nominais (A)	Unipolares	10	15	20 25 30 35 40 50 60 70 90 100
	Bipolares/Tripolares	10	15	20 25 30 35 40 50 60 70 90 100
Limiar de atuação magnética	10 a 70 A	5 a 10 I _n (Curva C)		
	90 a 100 A	10 a 20 I _n (Curva D)		
Número de pólos		1	2	3
Capacidade de interrupção (kA) e Tensão de funcionamento(V~)	127 V~	5,0	-	-
	220 V~	3,0	5,0	5,0
	380 V~	-	3,0	3,0

Tabela 13 – Características elétricas dos disjuntores UNIC - DIN. Pial-Legrand.

Norma de referência		ABNT NBR NM 60898:2004		
Frequência		50/60 Hz		
Correntes nominais (A)	Unipolares	10	16	20 25 32 40 50 63
	Bipolares/Tripolares	10	16	20 25 32 40 50 63
Limiar de atuação magnética	10 a 63 A	5 a 10 In (Curva C)		
Número de pólos		1	2	3
Capacidade de interrupção (kA) e Tensão de funcionamento(V~)	127 V~	5,0	-	-
	220 V~	3,0	5,0	5,0
	380 V~	-	3,0	3,0

Tabela 14 – Disjuntores termomagnéticos 5SX, 5SL, 5SY e 5SP – Siemens.

	Unipolar, bipolar, tripolar e tetrapolar	Norma de referência	ABNT NBR NM 60898-1
Corrente nominal (A)	5SX (Curva B e C) - 0,5 1 2 4 6 10 13 16 20 25 32 40 50 63 70 80 ¹⁾ 5SL (Curva B e C) - 0,3 0,5 1 2 3 4 6 10 13 16 20 25 32 40 50 63 5XY ²⁾ (Curva C e D) - 0,5 1 2 3 4 6 8 10 13 16 20 25 32 40 50 63 5SP ²⁾ (Curva C e D) - 80 100 125		
¹⁾ 80A – Somente com disparador de curto-circuito. Para proteção contra sobrecarga faz-se necessário a utilização de um outros dispositivo complementar. ²⁾ ABNT NBR NM 60898-1; IEC 60898-2; ABNT NBR IEC 60947-2			

Proteção contra correntes de curto-circuito

As correntes de curto-circuito presumidas devem ser determinadas em todos os pontos da instalação **judgados necessários**. Essa determinação pode ser efetuada por cálculo ou por medição (ABNT NBR 5410:2004, parágrafo 5.3.5)

Curto-circuito é uma ligação de baixa impedância entre dois pontos com potenciais diferentes.

Corrente de curto-circuito é a corrente que flui através do defeito enquanto este persiste.

As consequências do curto-circuito podem ser extremamente danosas ao sistema elétrico, se não forem eliminados rapidamente por dispositivos de proteção.

A integral de Joule que o dispositivo deixa passar deve ser inferior ou igual à integral de Joule necessária para aquecer o condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito, o que pode ser indicado pela seguinte expressão: (ABNT NBR 5410:2004, parágrafo 5.3.5.5.2).

$$c) \int_0^t i^2 dt \leq k^2 S^2$$

$$c') I_R \geq I_{cs} \quad d) \quad T_{dd} \leq t = \frac{k^2 x S^2}{I_{cs}^2}$$

Onde:

$\int_0^t i^2 dt$ = integral de Joule (energia) que o dispositivo de proteção deixa passar, em ampères quadrados-segundo.

I_R = Corrente de Ruptura do disjuntor, em ampère (A).

I_{cs} = Corrente de curto-circuito presumida simétrica, em ampère (A), valor eficaz.

T_{dd} = Tempo de disparo do disjuntor, em segundos (s).

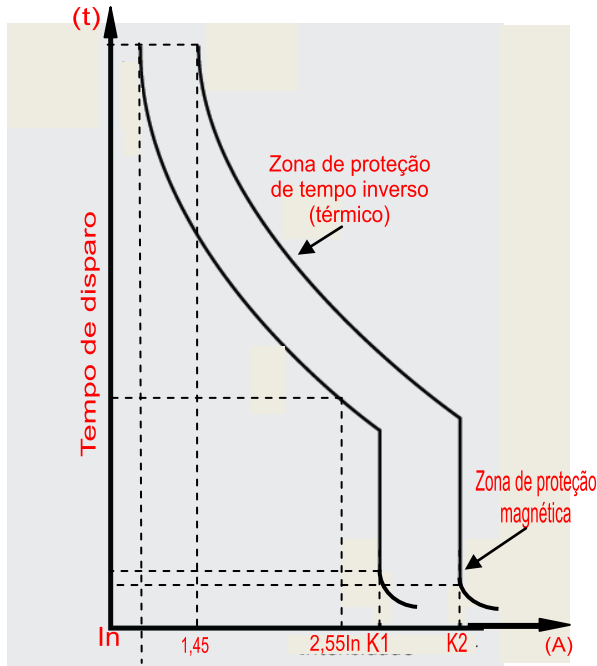
t = duração do curto-circuito, em segundos (s).

$k^2.S^2$ =Integral de Joule (energia) capaz de elevar a temperatura do condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura de curto-circuito, supondo-se aquecimento adiabático

k = indicado na tabela 15.

S = seção do condutor, em milímetros quadrados (mm²)

Detalhes importantes a respeito da Curva de disparo do disjuntor termomagnético.



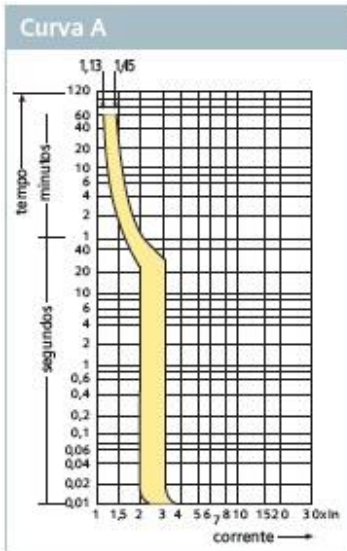
Para $I=1,13xI_n$ o tempo de abertura deve ser: maior a 1h (se $I_n \leq 63A$) e maior de 2h (se $I_n \geq 63A$). Corrente convencional de não atuação na sobrecarga.

Para $I=1,45xI_n$ o tempo de abertura deve ser: menor a 1h (se $I_n \leq 63A$) e menor de 2h (se $I_n \geq 63A$). Corrente convencional de atuação na sobrecarga.

Para $I=2,55xI_n$ o tempo de abertura deve estar entre: 1 a 60s (se $I_n \leq 32A$) e 1 a 120s (se $I_n \geq 32A$).

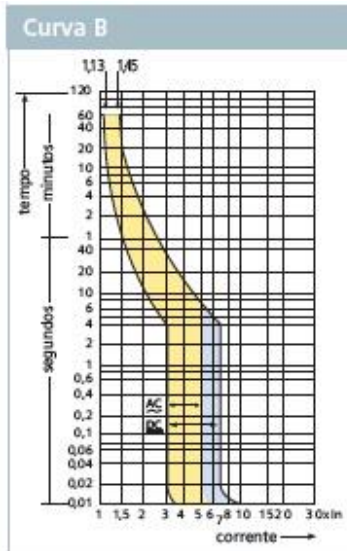
Para $I=K_1$ o tempo de abertura deve ser maior ou igual a 0,1s (K_1 vale $3xI_n$ para a Curva B; $5xI_n$ para a Curva C e $10xI_n$ para a Curva D). Corrente convencional de não atuação no curto-circuito.

Para $I=K_2$ o tempo de abertura deve ser menor a 0,1s (K_2 vale $5xI_n$ para a Curva B; $10xI_n$ para a Curva C e $20xI_n$ para a Curva D). Corrente convencional de atuação no curto circuito.

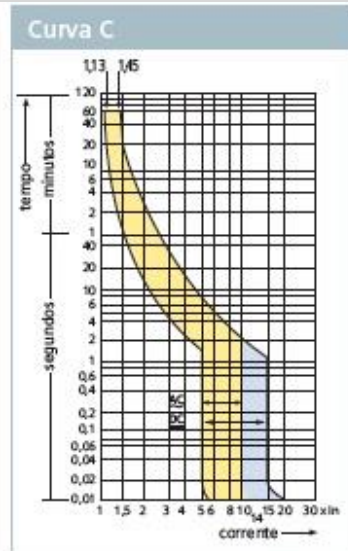


Curva A: Para proteção de circuitos com semicondutores e circuitos de medição.

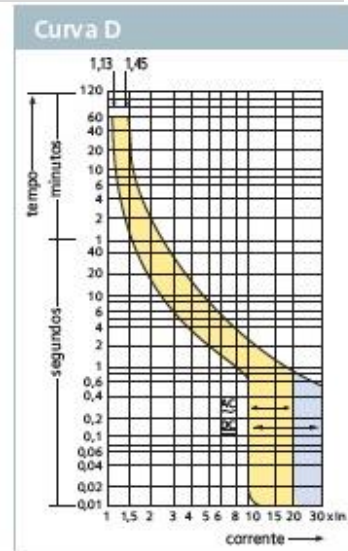
* Não designada na NBR NM 60898



Curva B: Para proteção de circuitos que alimentam cargas com características predominantemente resistivas, como lâmpadas incandescentes, chuveiros, torneiras e aquecedores elétricos, além dos circuitos de tomadas de uso geral.



Curva C: Para proteção de circuitos que alimentam especificamente cargas de natureza indutiva que apresentam picos de corrente no momento de ligação, como microondas, ar condicionado, motores para bombas, além de circuitos com cargas de características semelhantes a essas.



Curva D: Para proteção de circuitos que alimentam cargas altamente indutivas que apresentam elevados picos de corrente no momento de ligação, como grandes motores, transformadores, além de circuitos com cargas de características semelhantes a essas.

Características (tempo/corrente) de atuação dos disjuntores IEC 60898.

Mensagem

**Você quer mudar a sua vida e ser mais feliz?
Reze (ore), Trabalhe e leia (ESTUDE)!
E seja honesto, apesar de tudo!**

Tabela 15 - Valores de k para condutores com isolamento de PVC, EPR ou XLPE (Tabela 30 da ABNT NBR 5410:2004)

Material do condutor	Isolação do condutor					
	PVC				EPR/XLPE	
	≤ 30mm ²		≥ 300mm ²			
	Temperatura					
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
70°C	160°C	70°	140°C	90°C	250°C	
Cobre	115		103		143	
Alumínio	76		68		94	
Emendas soldadas em condutores de cobre	115		-		-	

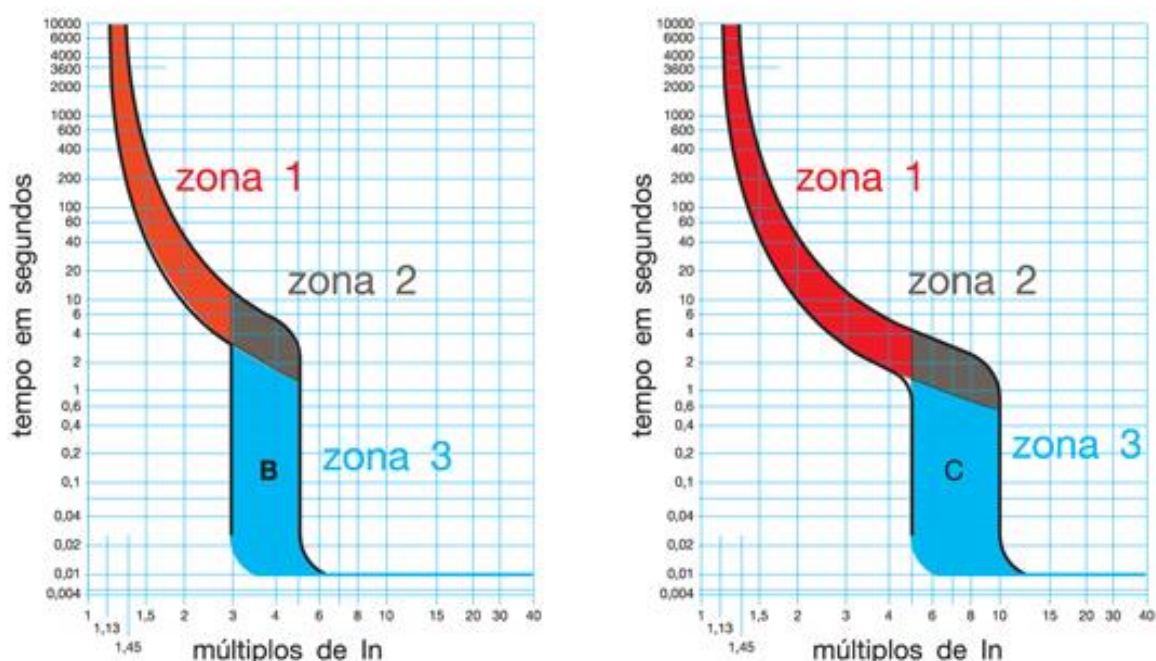
NOTAS:

- Outros valores de k, para os casos mencionados abaixo, ainda não estão normalizados:
 - condutores de pequena seção (principalmente para seções inferiores a 10mm²);
 - curtos-circuitos de duração superior a 5s;
 - outros tipos de emendas nos condutores;
 - condutores nus.
- O valores de k indicados na tabela são baseados na IEC 60724.

<http://www.voltimum.pt/artigos/noticias-do-sector/proteccao-das-instalacoes-electricas-contra-sobreintensidades>

<http://docplayer.com.br/7811201-Proteccao-distribuicao-de-energia.html>

http://www.professorpetry.com.br/Ensino/Repositorio/Docencia_UFSC/Materiais_EEL_7051/Experiencia01.pdf



A atuação do disjuntor depende da temperatura a que se encontra. A parte inferior das curvas são as curvas a quente e a superior são as curvas a frio. O disjuntor tem tempos de abertura diferentes com o tempo de utilização em carga, pois todos os metais percorridos por correntes a uma temperatura normal de utilização sofrem perdas por calor, denominadas de Perdas por efeito de Joule, logo, quanto maior for o tempo de utilização do produto, maior será essa temperatura interna dos materiais. Nestes gráficos existem 3 tipos de zonas:

Zona 1

Curva lenta, zona de atuação do relé térmico. Nesta zona do disjuntor existe um bimetálico, que em caso de uma sobrecarga a corrente força esses dois metais diferentes a dilatarem também a velocidades diferentes, e ao atingir um valor total de energia associada a essa sobrecarga, esta placa de metal ativa a abertura do mesmo.

Zona 2

Nesta zona não é garantida qual a parte do produto, o relé térmico ou o relé magnético, responsável pela atuação do disjuntor, pois depende de vários fatores internos e externos.

Zona 3

Curva rápida, zona de atuação do relé magnético. Na presença de correntes múltiplas de I_n , esta é a parte do disjuntor que está na origem da sua atuação instantânea, a corrente de curto-circuito ao percorrer o eletroímã, produz a energia necessária à abertura rápida do disjuntor.

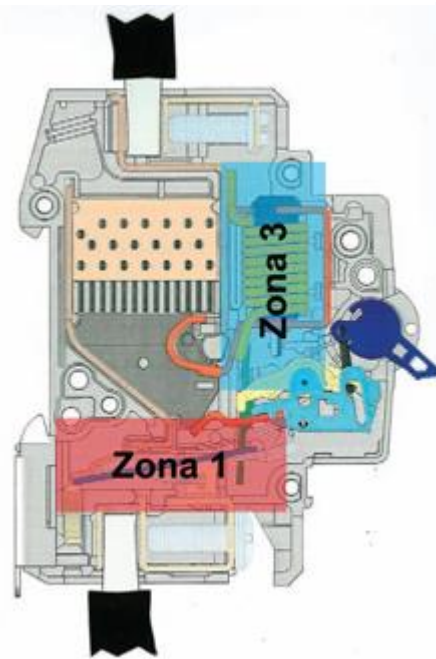
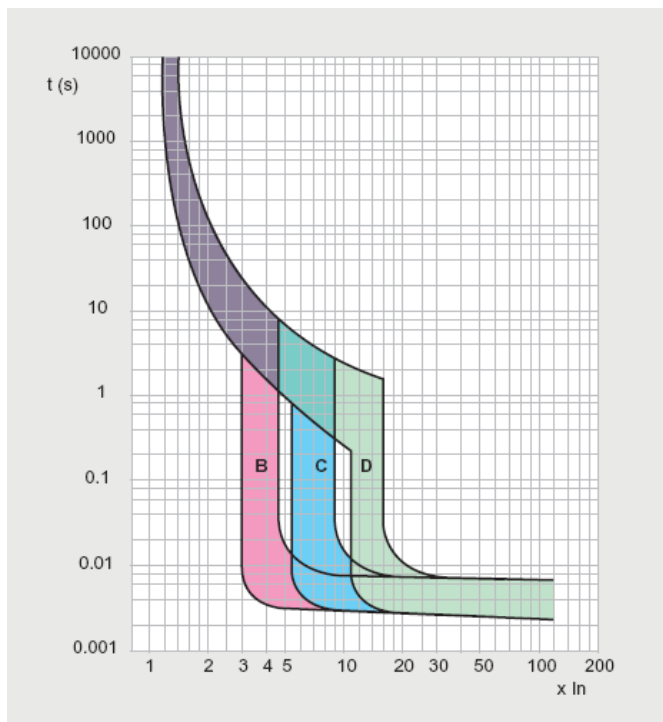


Tabela 16 – Correntes convencionais de atuação, de não atuação e tempos convencionais para disjuntores termomagnéticos.

Tipo de disparador térmico	Corrente nominal ou de ajuste I_n (A)	Corrente Convencional de não atuação	Corrente convencional de atuação	Tempo convencional (h)	Temperatura ambiente de referência
De acordo com a IEC 60947-2					
Não compensado	$I_n \leq 63$	1,05	1,35	1	20°C ou 40°C salvo indicação em contrário
	$I_n > 63$	1,05	1,25	2	
Compensado	$I_n \leq 63$	1,05	1,30	1	+ 20°C
		1,05	1,40	1	- 5°C
		1,00	1,30	1	+ 40°C
	$I_n > 63$	1,05	1,25	2	+ 20°C
		1,05	1,35	2	- 5°C
		1,00	1,25	2	+ 40°C
De acordo com a ABNT NBR 5361:1998					
	$I_n \leq 50$	1,05	1,35	1	+ 25°C
	$I_n > 50$	1,05	1,35	2	

Atenção

A temperatura de referência para disjuntores termomagnéticos padrão norte-americano é geralmente de 25°C ou 40°C, e para o padrão europeu é de 20°C ou 40°C.

Exemplo:

Dados:

PVC

B1

$$I_{cs} = 2,5kA$$

$$S = 6mm^2$$

$$I_2 = 1,35I_n$$

$$k = 115$$

Solução:

$$b) I_2 \leq 1,45I_z$$

$$1,35 \times 40 \leq 1,45 \times 41$$

$$54A \leq 59,45A$$

$$c) I_R \geq I_{cs}$$

$$5kA \geq 2,5kA$$

Corrente máxima que o disjuntor vai suportar sem que o condutor se deteriore, e sem que os contatos do disjuntor acabem se soldando.

$$d) T_{dd} \leq t = \frac{k^2 \times S^2}{I_{cs}^2}$$

$$T_{dd} \leq \frac{115^2 \times 6,0^2}{2.500^2} \therefore T_{dd} \leq \frac{13.225 \times 36}{6.225.000} \therefore T_{dd} \leq 0,076$$

$$I_{cs} = \frac{2.500}{40} \therefore I_{cs} = 62,5A$$

$$t = 0,003s$$

$$T_{dd} \leq 0,076s$$

$$0,003s \leq 0,076s \dots \text{OK!}$$

AFDD - <https://www.youtube.com/watch?v=E4aqXOJwQtc>
<https://www.youtube.com/watch?v=ihforRdL-TU>
<https://www.youtube.com/watch?v=1Z5-U-A4frU>
<https://www.youtube.com/watch?v=dENKTpgZtEk>