

# **ESTUDO DE CURTO-CIRCUITO E SELETIVIDADE EM UMA PLANTA INDUSTRIAL**

**SÉRGIO RITHELI ROCHA**

**Monografia submetida à Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Engenharia de Sistemas Elétricos de Potência – CESEP, Ênfase: Supervisão, Controle e Proteção de SEP, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do certificado da Especialização.**

**Aprovada em 22 de dezembro de 2015**

---

**José Luiz Silvino - Dr.**

**Supervisor**

---

**Silvério Visacro Filho - Dr.**

**Coordenador do CESEP**

# **ESTUDO DE CURTO-CIRCUITO E SELETIVIDADE EM UMA PLANTA INDUSTRIAL**

**SÉRGIO RITHELI ROCHA**

**Monografia submetida à Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Engenharia de Sistemas Elétricos de Potência – CESEP, Ênfase: Supervisão, Controle e Proteção de SEP, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do certificado da Especialização.**

**Aprovada em 22 de dezembro de 2015**

**José Luiz Silvino - Dr.  
Supervisor**

R672e

Rocha, Sérgio Ritheli.

Estudo de curto-circuito e seletividade em uma planta industrial  
[manuscrito] / Sérgio Ritheli Rocha. - 2015.  
[140] f., enc.: il.

Orientador: José Luiz Silvino.

"Monografia submetida à Comissão Coordenadora do Curso de  
Especialização em Engenharia de Sistemas Elétricos de Potência –  
CESEP, como parte dos requisitos necessários à obtenção do certificado  
da Especialização"

Anexos: f.47-140.

Bibliografia: f. 46.

1. Engenharia elétrica. 2. Curtos-circuitos. 3. Sistemas de energia  
elétrica - Proteção. I. Silvino, José Luiz. II. Universidade Federal de Minas  
Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 621.3

---

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 RELEVÂNCIA E CONTEXTO DA INVESTIGAÇÃO .....	1
1.2 OBJETIVO E METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO .....	2
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO .....	2
<b>2. PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO DE UM SISTEMA ELÉTRICO INDUSTRIAL E SUAS FUNÇÕES</b>	<b>4</b>
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	4
2.2 FUSÍVEIS.....	5
2.3 DISJUNTORES .....	6
2.4 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS.....	8
2.4.1 Transformadores de Corrente .....	8
2.4.2 Transformadores de Potencial .....	10
2.5 RELÉ DE PROTEÇÃO .....	14
<b>3. COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE DA PROTEÇÃO ELÉTRICA E EQUIPAMENTOS PROTEGIDOS</b>	<b>19</b>
3.1 EQUIPAMENTOS PROTEGIDOS .....	19
3.1.1 Cabos.....	19
3.1.2 Motores.....	22
3.1.3 Transformadores .....	24
3.2 COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE DA PROTEÇÃO.....	27
<b>4. APRESENTAÇÃO DO SISTEMA ANALISADO E REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS</b>	<b>29</b>
4.1 SISTEMA EXEMPLO .....	29
4.1.1 Estudo de Curto-Circuito .....	33
4.1.2 Estudo de Seletividade e Coordenação .....	36
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>46</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>47</b>

---



---

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação da proteção de equipamentos utilizados em sistemas elétricos industriais, demonstrando como é feita a coordenação dos dispositivos de proteção, além de trazer um estudo das correntes de curto-circuito para este sistema. No contexto da engenharia de projetos em Belo Horizonte, é importante que se façam estes estudos para melhor dimensionamento e especificação dos dispositivos, tanto os protegidos quanto de proteção. Para tal, o texto aborda os conceitos relacionados aos equipamentos de proteção mais usuais nas plantas industriais de mineração, apresentando suas principais características e diferenças, de forma a auxiliar o engenheiro de proteção no trabalho de selecioná-los. Da mesma forma, são tratados os dispositivos protegidos, avaliando suas principais características elétricas, práticas a serem adotadas para sua proteção e aspectos a serem observados durante a coordenação. Para exemplificar a análise, foi feito um estudo de caso de um sistema genérico, utilizando da ferramenta computacional SKM PowerTools, demonstrando como pode ser feito o estudo dos coordenogramas gerados pelo referido software.

---

## **ABSTRACT**

This paper presents an evaluation of protective equipment used in industrial electrical systems, demonstrating how the coordination of protective devices is made, besides bringing a study of short-circuit currents for this system. In the context of project engineering in Belo Horizonte, it is important to do these studies to better design and specification of the devices, both protected as protection. To do this, the text covers concepts related to the most common protective equipment in industrial mining plants, with their main characteristics and differences in order to assist the protection engineer at work selecting them. Similarly, the protected devices are treated by assessing its main electrical characteristics, practices to be adopted for their protection and aspects to be observed during the coordination. To exemplify the analysis, a case study was made of a generic system using the SKM PowerTools computational tool, showing how the analysis can be made by the coordination sheets, generated by such software.

---

# 1 Introdução

## *1.1 Relevância e Contexto da Investigação*

Todo empreendimento industrial que é projetado trás para os engenheiros eletricitas a necessidade de dimensionar o sistema elétrico de forma a suprir as cargas do mesmo, respeitando suas características.

Para garantir o bom funcionamento do sistema, este deve estar bem dimensionado no que concerne ao equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de energia, bem como a capacidade dos equipamentos de suportar o fluxo de potência que flui através deles.

Mesmo os sistemas mais bem dimensionados estão sujeitos à surtos de diferentes naturezas, bem como defeitos, que podem ser ocasionadas por fadiga dos equipamentos do sistema, falhas diversas na operação, manutenção inexistente ou inadequada, dentre outras. Para mitigar os efeitos destas, a proteção elétrica deve estar preparada para detectar a falha e eliminar o trecho do sistema que está comprometido. Mas este isolamento deve ocorrer de maneira controlada, em tempo hábil e comprometendo o mínimo possível o funcionamento do restante da rede.

Esta preocupação com a proteção deve vir desde a fase de projeto, para que se conheça os níveis de curto-circuito nos equipamentos e estes sejam bem dimensionados, bem como para garantir que a proteção estará coordenada e seletiva. A definição de proteção coordenada e seletiva será abordada mais adiante, em momento oportuno.

Apesar da necessidade, muitas empresas de engenharia não dispõem de profissionais aptos a realizarem tais estudos com critério e embasamento teórico e acabam por subcontratar o serviço especializado, o que muitas vezes acarreta atrasos na execução do projeto e gera custos mais elevados. E quando os cálculos não são feitos com o devido rigor o dimensionamento do sistema elétrico fica prejudicado, sendo subdimensionados ou superdimensionados devido à

inconsistências nos estudos de curto-circuito e a proteção muitas vezes não fica seletiva e/ou coordenada, trazendo diversos transtornos de ordem operacional e financeira, em caso mais extremos pode trazer riscos às vidas humanas que lidam diretamente com os equipamentos elétricos ou com o processo.

## ***1.2 Objetivo e Metodologia de Desenvolvimento***

Este trabalho tem por objetivo apresentar um estudo de caso de um sistema elétrico industrial genérico, realizando o estudo de correntes de curto-circuito e de coordenação e seletividade da proteção para ajuste de relés de proteção do referido sistema. Este será apresentado e descrito em momento oportuno.

Para realizar tais ensaios, primeiramente serão apresentados conceitos teóricos básicos que irão nortear a realização dos estudos e análise dos resultados. Será utilizado o módulo *Dapper* do *software PTW*<sup>1</sup> para realizar o estudo de curto-circuito e o módulo *Captor* do mesmo *software* para realizar o estudo de coordenação e seletividade. O *PTW* é um *software* da *SKM Systems Analysis*.

## ***1.3 Organização do Texto***

Neste trabalho buscou-se a apresentação de um texto sucinto, voltado objetivamente aos desenvolvimentos e resultados dos estudos propostos no item anterior, portanto as referências bibliográficas serão citadas quando estas se fizerem necessárias.

Com vista no exposto, esta monografia foi dividida em 5 capítulos e seus subitens, incluindo esta introdução.

O ***Capítulo 2*** apresentará os principais equipamentos de proteção de um sistema elétrico industrial, tais como transformadores de corrente, transformadores de tensão, relés digitais, disjuntores e fusíveis. Serão abordadas, de forma sucinta, as principais características destes dispositivos, deixando o leitor familiarizados com os mesmos nos capítulos subsequentes.

No ***Capítulo 3*** serão feitas conceituações acerca dos equipamentos do sistema elétrico industrial que são protegidos. Serão apresentadas características relacionadas ao tipo de proteção a ser adotada e parâmetros que devem ser observados para realizar a coordenação da proteção de forma correta.

---

<sup>1</sup> *Power Tools for Windows*

No *Capítulo 4* será feita uma explanação acerca do sistema a ser analisado, em seguida serão feitos os estudos de curto-circuito e seletividade, que são o objetivo principal do presente trabalho, expondo seus resultados.

O *Capítulo 5*, por fim, trará as conclusões finais a respeito dos resultados obtidos no capítulo 4, além de proposições para trabalhos futuros relacionados ao tema e aos resultados apresentados.

Ao final do presente trabalho serão apresentadas as *Referências Bibliográficas* utilizadas.

---

# 2 Principais Equipamentos de Proteção de Um Sistema Elétrico Industrial e Suas Funções

## 2.1 *Considerações Iniciais*

Segundo [Caminha, 1977], a proteção atua com dois grandes objetivos: evitar que falhas no sistema, como os curtos-circuitos, possam danificar equipamentos e materiais; promover o rápido restabelecimento do fornecimento da energia elétrica, evitando danos aos consumidores e garantir a qualidade do fornecimento de energia elétrica. Para atingir tais objetivos, o sistema deve ser equipado com dispositivos capazes detectar tais falhas e agir em tempo hábil.

De acordo com [Anderson, 1999], qualquer dispositivo de proteção de faltas deve ser selecionado com relação à três diferentes classificações: nível de tensão, nível de corrente contínua (carga) e a corrente de interrupção. O nível de tensão deve ser alto suficiente para suportar as tensões normalmente experimentadas pelo sistema em operação normal. O nível de corrente contínua deve ser adequado ao fluxo de corrente que flui pelo sistema em condições normais. Ainda segundo [Anderson, 1999], esta corrente é normalmente selecionada como sendo 30% superior à corrente nominal do sistema para absorver eventuais expansões futuras. A corrente de interrupção se refere à máxima corrente demandada pelo dispositivo protegido na tensão nominal, antes que o sistema seja interrompido.

Em um sistema elétrico industrial destacam-se os fusíveis, disjuntores, relés, transformadores de corrente e transformadores de potencial. A apresentação destes se faz

essencial para o entendimento dos estudos propostos, uma vez que se trata de seu dimensionamento e parametrização. A seleção destes dispositivos devem levar em consideração aspectos elétricos inerentes aos equipamentos protegidos, aspectos econômicos devido à importância funcional dos mesmos e físicos devido às facilidades de manutenção [Caminha, 1977].

Neste sentido, busca-se através de investimento relativamente baixo com equipamentos de proteção, minimizar a propagação dos defeitos, prejuízos causados pelas falhas e o tempo de parada causado por elas [Caminha, 1977].

## 2.2 Fusíveis

O fusível é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente, que é caracterizado por um filamento ou placa metálica com um ponto de fusão baixo, tornando-o sensível às elevações na corrente elétrica, uma vez que, por efeito Joule, o filamento se funde e interrompe a sua circulação [IEEE 100, 2000].

De acordo com [IEEE Std. 242, 2001], os fusíveis são divididos em dois grupos: fusíveis de baixa tensão, para aplicações até 1 kV e fusíveis de alta tensão, para aplicações acima de 1 kV. De maneira geral, a construção dos fusíveis apresenta características comuns a todos eles. Entre elas, destacam-se:

- a) Devido à sua forma construtiva, os fusíveis só podem ser utilizados uma vez, e após sua atuação devem ser substituídos;
- b) A função de detecção e interrupção do circuito protegido é feita por um único dispositivo;
- c) Fusíveis são equipamentos monofásicos.

Os fusíveis apresentam suas características em diagramas chamados de curvas de atuação, que trazem o tempo de atuação inversamente proporcional à corrente elétrica, contendo uma faixa de imprecisão. Esta faixa pode variar entre fabricantes, mas segundo [IEEE Std. 242, 2001] é de 15% para mais ou para menos. Isto é, o fusível tem uma corrente máxima e mínima de fusão para cada tempo de atuação. A curva de mínimo (-15% da corrente média) é utilizada para se obter a máxima proteção do equipamento. Já a curva de máximo (+15% da corrente média) é utilizada na coordenação da proteção dos dispositivos à montante do fusível. A figura 2.1 apresenta a curva de atuação de um fusível do fabricante WEG.

---

**Fusíveis FNH00 aR**

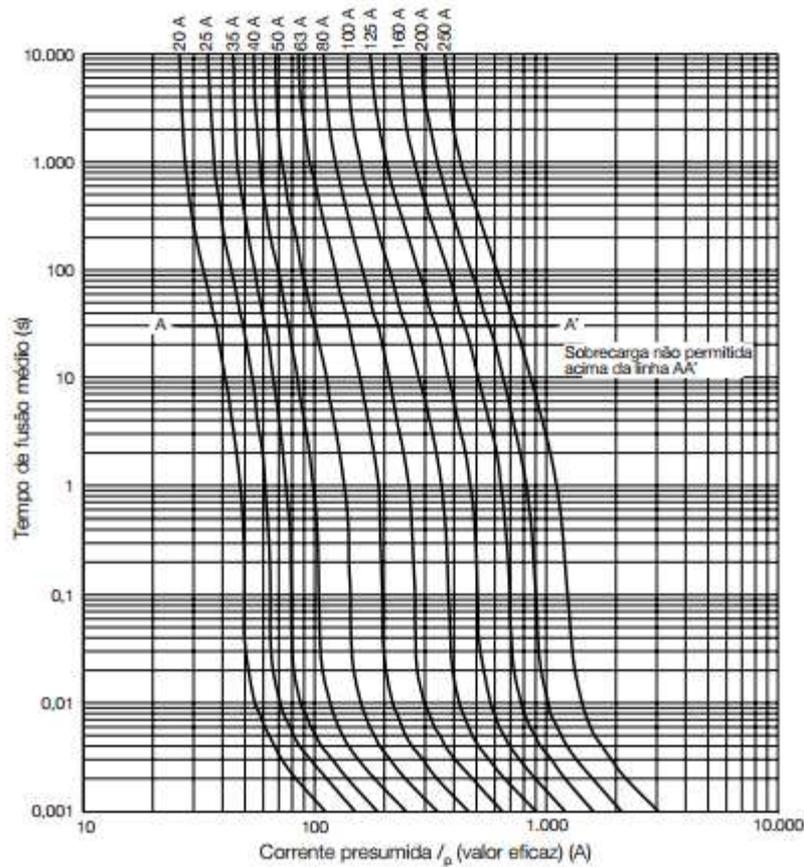


Figura 2.1- Curva tempo x corrente de um fusível.

### 2.3 Disjuntores

Da mesma forma que os fusíveis, os disjuntores são dispositivos destinados à interrupção do circuito, isolando o trecho com falha. No entanto, este último se mostra mais completo por não ser necessário sua substituição em caso de abertura, uma vez que pode ser rearmado.

A definição de disjuntor segundo [NFPA 70, 1999] é “um dispositivo projetado para abrir e fechar um circuito por meios não-automáticos e para abrir automaticamente o circuito em uma sobrecorrente predeterminada, sem danos a si mesmo quando devidamente aplicadas, na sua classificação.”

Os disjuntores de baixa tensão são classificados pela [IEEE Std. 242, 2001] em dois grupos:

- a) Disjuntores de caixa moldada (MCCB<sup>2</sup>);
- b) Disjuntores abertos (LVPCB<sup>3</sup>).

Os disjuntores de caixa moldada são construídos como sendo uma unidade integral, montado em um invólucro único de material isolante, estando todos os seus componentes internos. Estes equipamentos são de difícil manutenção devido às suas características construtivas, sendo que, normalmente, são substituídos quando apresentam defeitos. Em contrapartida, os disjuntores abertos apresentam manutenção mais simples, podendo ser reparados.

Os disjuntores de caixa moldada, normalmente, são aplicados em sistemas de tensão nominal mais elevada em relação aos de caixa aberta, pois possuem maior capacidade de dissipação de arcos elétricos, que podem surgir durante sua abertura. Esta extinção ocorre, na maioria das vezes, em câmaras à vácuo.

Em baixa tensão (definida até 600 V pela [IEEE Std. 242, 2001]) é comum a utilização de disjuntores termomagnéticos, os quais possuem um atuador magnético, que opera no sentido de abrir o circuito, quando ocorre um aumento instantâneo da corrente. Além deste, possui uma lâmina bimetálica sensível ao calor, que promove a abertura do circuito para uma proteção temporizada contra sobrecarga. Estes disjuntores apresentam curva de atuação dividida em duas etapas: disparo instantâneo e disparo temporizado.

Para esta mesma aplicação são utilizados disjuntores com atuação eletrônica, os quais são dotados de uma unidade eletrônica que dão o comando (ou trip) para abertura do disjuntor. Estes modelos podem ser programados com diversas curvas, que variam por fabricante. Para este trabalho será adotado como padrão curva de atuação dividida em três partes: atuação de tempo longo, atuação de tempo curto e atuação instantânea [IEEE Std. 242, 2001], a saber:

- a) Atuação de tempo longo: possui abertura cronometrada em minutos, até o máximo de 1 ou 2 horas, dependendo do tamanho do disjuntor e do nível de sobrecorrente. O retardo de tempo fornecido permite cargas intermitentes ou cíclicas acima da corrente de partida sem causar interrupção. Atua em sobrecorrente sustentada. É utilizado, normalmente, para proteger os condutores e outros equipamentos.

---

<sup>2</sup> *Molded-case circuit breakers*

<sup>3</sup> *Low-voltage power circuit breakers*

---

- b) Atuação de tempo curto: possui abertura cronometrada em segundos ou décimos de segundos. Trabalham com correntes maiores do que os de tempo longo, porém atuam em tempo menor. São comumente utilizados para proteger contra curtos-circuitos ou motores com rotor bloqueado.
- c) Atuação instantânea: atua em tempos da ordem de milissegundos. Normalmente, são utilizados para proteção contra curtos-circuitos, como os de tempo curto, porém atuam muito mais rapidamente para correntes mais altas.

## ***2.4 Transformadores de Instrumentos***

Os relés de proteção, que serão apresentados no item 2.5, operam com os valores de tensão e corrente de baixa magnitude, o que os torna mais compactos, de construção mais simples e mais seguros para operação e parametrização [Anderson, 1999]. Esta característica ainda torna os relés mais versáteis, uma vez que tendo suas entradas padronizadas em baixa tensão, podem ser utilizados em várias aplicações, sem depender da tensão e corrente nominal do sistema protegido.

Diante do exposto, surge a necessidade de condicionar a corrente e a tensão dos sistemas protegidos. Esta função é executada pelos transformadores de instrumentos, sendo o transformador de corrente (TC) responsável por abaixar a corrente e o transformador de potencial (TP) abaixar a tensão.

### ***2.4.1 Transformadores de Corrente***

Os TCs são divididos em dois grupos: TC de medição e TC de proteção, sendo que seus princípios de funcionamento são os mesmos. Apesar das semelhanças, destacam-se algumas diferenças:

Os TCs de medição têm classe de exatidão de 0,3% a 1,2%, enquanto os TCs de proteção tem classe de exatidão de 10%. Isto implica que, desde que o equipamento esteja operando com carga igual o menor que a nominal, seu erro se manterá em 10% com corrente 20 vezes maiores que a nominal. Esta diferença ocorre porque os TCs de medição têm seu núcleo construído com materiais de alta permeabilidade magnética, ocasionando poucas perdas e maior exatidão, porém o faz saturar mais rapidamente. Já os TCs de proteção não saturam tão facilmente, suportando correntes de até 20 vezes a nominal.

Não é objetivo deste trabalho apresentar todas os tipos construtivos dos TCs, estes podem ser vistos em [Mamede Filho, 2013]. De maneira geral, os TCs apresentam poucas espiras no

---

primário e várias no secundário. Abaixo são apresentadas as principais características elétricas de um TC [Mamede Filho, 2013]:

- a) Correntes nominais: as correntes nominais primárias de um TC devem ser escolhidas conforme a corrente de carga do circuito primário. A tabela 2.1 mostra as correntes nominais primárias e as relações de transformação nominais simples. As correntes nominais nos secundárias são geralmente 5A. em casos onde os relés de proteção estão muito longe dos TCs, utiliza-se 1A a fim de diminuir a queda de tensão nos cabos que fazem a interligação. De acordo com a [NBR 6856, 2015], é adotada a simbologia abaixo para definir as relações de corrente:
    - Sinal de dois pontos (:): é utilizado para expressar as relações de enrolamentos diferentes, como, por exemplo: 300:1;
    - Hífen (-): utilizado para separar correntes primárias nominais, ou relações nominais duplas, como, por exemplo: 300-5A, 300-300-5A (dois enrolamentos primários);
  - b) Cargas nominais: o TC deve ser especificado para operar conforme a carga que será conectada ao seu secundário, esta carga é padronizada pela [NBR 6856, 2015] conforme tabela 2.2. A carga nominal deve levar em consideração a impedância dos condutores. A impedância de carga é dada por:  $Z_s = \frac{P_{tc}}{I_s^2}$ , onde  $Z_s$  é a impedância de carga,  $P_{tc}$  a potência para garantir a exatidão e  $I_s$  a corrente secundárias nominal;
  - c) Fator de sobrecorrente: é um fator pelo qual se multiplica a corrente nominal primária do TC, a fim de se obter a máxima corrente no circuito primário no limite de sua classe de exatidão. A [NBR 6856, 2015] define este valor como sendo 20 vezes a corrente nominal;
  - d) Fator térmico: é um fator pelo qual se multiplica a corrente primária nominal do TC para ter a corrente que pode ser conduzida continuamente, em frequência nominal e com carga especificada, sem exceder os limites térmicos definidos por norma. A [NBR 6856, 2015] define os valores: 1,0 – 1,2 – 1,3 – 1,5 – 2,0.
-

Tabela 2.1 - Correntes primárias e relações nominais

Corrente nominal	Relação nominal						
5	1:1	60	12:1	400	80:1	2500	500:1
10	2:1	75	15:1	500	100:1	3000	600:1
15	3:1	100	20:1	600	120:1	4000	800:1
20	4:1	125	25:1	800	160:1	5000	1000:1
25	5:1	150	30:1	1000	200:1	6000	1200:1
30	6:1	200	40:1	1200	240:1	8000	1600:1
40	8:1	250	50:1	1500	300:1	-	-
50	10:1	300	60:1	2000	400:1	-	-

Tabela 2.2 - Cargas nominais para TCs a 60hz e 5A

Designação	Resistência	Indutância	Potência nominal	Fator de potência	Impedância
	$\Omega$	mH	VA	-	$\Omega$
C2,5	0,09	0,116	2,5	0,9	0,1
C5	0,18	0,232	5,0	0,9	0,2
C12,5	0,45	0,580	15,5	0,9	0,5
C25	0,50	2,300	25,0	0,5	1,0
C50	1,00	4,600	50,0	0,5	2,0
C100	2,00	9,200	100,0	0,5	4,0
C200	4,00	18,400	200,0	0,5	8,0

### 2.4.2 Transformadores de Potencial

Para isolar os equipamentos de proteção da rede protegida são utilizados, além dos TCs, os TPs. Eles têm a função de abaixar os níveis de tensão, diminuindo a necessidade de os equipamentos de proteção terem classes de isolamento elevada. Além disto, padronizam estas tensões conforme a norma [NBR 6855, 2009], facilitando a manutenção e reposição dos mesmos.

Não é objetivo deste trabalho apresentar todas os tipos construtivos dos TPs, estes podem ser vistos em [Mamede Filho, 2013]. Geralmente, os TPs são construídos com muitas espiras no primário e um secundário, através do qual se obtém a tensão desejada. A seguir são apresentadas as principais características elétricas de um TC [Mamede Filho, 2013]:

- a) Erro de relação de transformação: este erro é verificado quando, ao multiplicar a tensão primária pelo fator de transformação, não se obtém a tensão secundária. O fator de correção de relação (FCR) é responsável por corrigir o erro de relação de transformação. Quando se multiplica o FCR pela relação de transformação de

potencial nominal (RTP) se obtém o fator de potencial real (FTP<sub>r</sub>). A equação 2.1 expressa como se calcula o erro de relação de transformação percentual:

$$\varepsilon_p = \frac{RTP \times V_S - V_P}{V_P} \times 100\% \quad (2.1)$$

- b) Erro De ângulo de fase: é erro expressado pela letra  $\gamma$ . Representa o ângulo de defasagem entre a tensão vetorial primária e a tensão vetorial secundária. É dado pela seguinte expressão:

$$\gamma = 26 \times (FCT_p - FCR_p) \quad (2.2)$$

FCT<sub>p</sub> é o fator de correção de transformação que considera tanto o erro de relação de transformação (FCR<sub>p</sub>), como o erro do ângulo de fase, nos processos de medição de potência. A relação entre o ângulo de fase ( $\gamma$ ) e o fator de correção de relação é dado em gráficos, como o da figura 2.2, extraída da [NBR 6855, 2009].

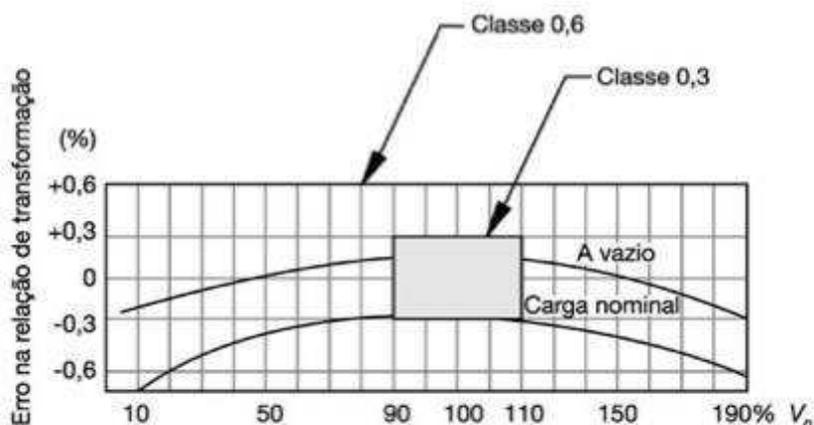


Figura 2.2- Curva de ensaio de exatidão: erro de relação de transformação<sup>4</sup>.

- c) Classe de exatidão: a classe de exatidão exprime nominalmente o erro esperado para o TP, considerando o erro de relação de transformação e o erro de defasagem

<sup>4</sup> Figura In: Mamede Filho, J. – Manual de Equipamentos Elétricos

angular entre as tensões primárias e secundárias. Este erro é expresso pelo fator de correção de transformação ( $FCT_P$ ).

d) Tensões nominais: segundo a [NBR 6855, 2009], os TPs devem suportar tensões de serviço 10% acima de seu valor nominal, em regime contínuo, sem prejuízos à sua integridade. As tensões nominais primárias devem ser compatíveis com a tensão de operação do sistema primário. A tensão secundária é padronizada em 115 V (ver tabela 2.3). De acordo com a [NBR 6855, 2009], é adotada a simbologia abaixo para definir as relações de tensão:

- Sinal de dois pontos (:): é utilizado para expressar as relações nominais, como, por exemplo: 120:1;
- Hífen (-): é utilizado para separar relações nominais e tensões primárias de enrolamentos diferentes, como, por exemplo: 69.000-115 V;

e) Cargas nominais: é a soma de todas as cargas interligadas ao secundário do TP. Estas cargas são padronizadas pela [NBR 6855, 2009] e apresentadas na tabela 2.4. Diferentemente dos TCS, a queda de tensão nos condutores não são tão significativas, uma vez que a corrente que circula por eles é muito pequena. Deve-se observar a reatância indutiva dos cabos quando forem feitos os cálculos do fator de correção de relação de carga total e do ângulo de defasagem.

---

Tabela 2.3 - Tensões primárias nominais e relações nominais

Grupo 1		Grupo 2		
Para ligação de fase para fase		Para ligação de fase para neutro		
Tensão primária nominal	Relação nominal	Tensão primária nominal	Relação nominal	
			Tensão secundária de $115/\sqrt{3}$	Tensão secundária de aproximadamente 115V
115,0	1:1	-	-	-
230,0	2:1	$230/\sqrt{3}$	2:1	1,2:1
402,5	3,5:1	$402,5/\sqrt{3}$	3,5:1	2:1
560,0	4:1	$560/\sqrt{3}$	4:1	2,4:1
575,0	5:1	$575/\sqrt{3}$	5:1	3:1
2.300,0	20:1	$2300/\sqrt{3}$	20:1	12:1
3.475,0	30:1	$3475/\sqrt{3}$	30:1	17,5:1
4.025,0	35:1	$4025/\sqrt{3}$	35:1	20:1
4.600,0	40:1	$4600/\sqrt{3}$	40:1	24:1
6.900,0	60:1	$6900/\sqrt{3}$	60:1	35:1
8.050,0	70:1	$8050/\sqrt{3}$	70:1	40:1
11.500,0	100:1	$11500/\sqrt{3}$	100:1	60:1
13.800,0	120:1	$13800/\sqrt{3}$	120:1	70:1
23.000,0	200:1	$23000/\sqrt{3}$	200:1	120:1
34.500,0	300:1	$34500/\sqrt{3}$	300:1	175:1
44.000,0	400:1	$44000/\sqrt{3}$	400:1	240:1
69.000,0	600:1	$69000/\sqrt{3}$	600:1	350:1
-	-	$88000/\sqrt{3}$	800:1	480:1
-	-	$115000/\sqrt{3}$	1000:1	600:1
-	-	$138000/\sqrt{3}$	1200:1	700:1
-	-	$161000/\sqrt{3}$	1400:1	800:1
-	-	$196000/\sqrt{3}$	1700:1	1700:1
-	-	$230000/\sqrt{3}$	2000:1	1200:1

Tabela 2.4 - Características elétricas dos TPs

Cargas nominais		Características a 60Hz e 120V			Características a 60Hz e 66,3V				
Designação	Potência aparente (VA)	Fator de potência	Resistância (Ohms)	Indutância (mH)	Impedância (Ohm)	Resistância (Ohms)	Indutância (mH)	Impedância (Ohm)	
ABNT	ANSI								
P12,5	W	12,5	0,10	115,2	3,402	1152	38,4	1014	384
P25	X	25	0,70	403,2	1,092	576	134,4	364	192
P75	Y	75	0,85	163,2	268	192	54,4	89,4	64
P200	Z	200	0,85	61,2	101	72	20,4	33,6	24
P400	ZZ	400	0,85	30,6	50	36	10,2	16,8	12

## 2.5 Relé de Proteção

Os relés de proteção, diferentemente dos disjuntores e fusíveis, não são instalados diretamente no circuito protegido. Estes precisam de TPs e TCs para isolá-lo. Outra diferença entre é que o relé também necessita de outro equipamento para fazer a interrupção da falta, uma vez que ele apenas detecta o defeito. Para tal, são utilizados disjuntores, que recebem um sinal de TRIP para abrir o circuito quando o relé atua.

Os relés são classificados pela variável a qual ele monitora ou pela função que ele desempenha [IEEE Std. 242, 2001]. Existem relés de sobrecorrente, que atuam quando o valor de corrente medido ultrapassa um valor predeterminado, eles podem proteger contra temperaturas altas, ou utilizar as medidas de tensão e correntes para estimar a impedância equivalente e detectar a distância até a falta, dentre várias outras. A tabela 2.5 traz algumas funções de proteção desempenhadas pelos relés de proteção, conforme [IEEE std. C37.2, 2008].

Tabela 2.3 - Funções de proteção

Código	Descrição da Função
1	Elemento Principal
2	Função de partida / fechamento temporizado
3	Função de verificação ou interbloqueio
4	Contator principal
5	Dispositivo de interrupção
6	Disjuntor de partida
7	Relé de taxa de variação
8	Dispositivo de desconexão de energia de controle
9	Dispositivo de reversão
10	Chave de seqüência das unidades
11	Dispositivo multifunção
12	Dispositivo de sobrevelocidade
13	Dispositivo de rotação síncrona
14	Dispositivo de subvelocidade.
15	Dispositivo de ajuste ou comparação de velocidade ou frequência
16	Dispositivo de comunicação de dados
17	Chave de derivação ou descarga
18	Dispositivo de aceleração ou desaceleração
19	Contador de transição partida-marcha
20	Válvula operada eletricamente
21	Relé de distância
22	Disjuntor equalizador
23	Dispositivo de controle de temperatura
24	Relé de sobreexcitação ou Volts por Hertz
25	Relé de verificação de sincronismo ou sincronização
26	Dispositivo térmico do equipamento

<b>Código</b>	<b>Descrição da Função</b>
27	Relé de subtensão. Tem algumas variantes como 27D, 27R e 27-0 (Subtensão de comando).
28	Detector de chamas
29	Contator ou chave de isolamento
30	Relé anunciador
31	Separação de excitação
32	Relé direcional de potência. Tem-se algumas variantes como 32P e 32Q, que significam direcional de potencia ativa e reativa respect.
33	Chave de posicionamento
34	Chave de seqüência operada por motor
35	Dispositivo para operação das escovas ou curto-circuitar anéis coletores
36	Dispositivo de polaridade
37	Relé de subcorrente ou subpotência
38	Dispositivo de proteção de mancal
39	Monitor de condição mecânica
40	Dispositivo de proteção de mancal
41	Disjuntor ou chave de campo
42	Disjuntor de operação normal
43	Dispositivo de transferência manual
44	Relé de seqüência de partida
45	Monitor de condição atmosférica anormal
46	Relé de desbalanceamento de corrente de fase ou de fase reversa
47	Relé de seqüência de fase de tensão ou de desbalanço de tensão
48	Relé de seqüência incompleta / partida longa
49	Relé térmico de máquina ou transformador
50	Relé de sobrecorrente instantâneo. Tem variantes como 50N(que indica neutro), 50NS(neutro sensível) e 50GS (ground sensor), 50AFD (contra arco elétrico).
51	Relé de sobrecorrente temporizado . Tem variantes como 51N(que indica neutro), 51NS(neutro sensível) e 51GS (ground sensor), 51V(rele de sobrecorrente com restrição de tensão)
52	Disjuntor de corrente alternada
53	Relé para excitação de campo
54	Dispositivo para engate
55	Relé de fator de potência
56	Relé de aplicação de campo
57	Dispositivo de aterramento ou curto-circuito
58	Relé de falha de retificação
59	Relé de sobretensão. Temos variantes como 59N(de neutro), 59Q (sequencia negativa)
60	Relé de desbalanço de corrente ou tensão
61	Sensor ou chave de densidade
62	Relé temporizador. Opera conjuntamente com o dispositivo que faz uma operação de desligamento, parada ou abertura. A variante 62BF indica falha de operação do disjuntor( Breaker failure).
63	Relé de pressão de gás (Buchholz)

<b>Código</b>	<b>Descrição da Função</b>
64	Relé de proteção de terra. Opera em falha de isolamento de máquinas, trafos e outros equipamentos. Pode operar por TC ou TP, se operar por TP pode ser similar ao 59N.
65	Regulador
66	Relé de supervisão do número de partidas
67	Relé direcional de sobrecorrente. Temos variantes como 67N, 67Q e 67GS.
68	Relé de Bloqueio que envia sinais de bloqueio em condições determinadas com por exemplo, para seletividade Lógica
69	Dispositivo de controle permissivo
70	Reostato
71	Dispositivo de detecção de nível de líquidos
72	Disjuntor de corrente contínua
73	Contator de resistência de carga
74	Relé de alarme. Pode ser visual e/ou sonoro. Por exemplo, supervisão de Disparador de abertura.
75	Mecanismo de mudança de posição
76	Relé de sobrecorrente CC
77	Dispositivo de telemetria
78	Relé de medição de ângulo de fase
79	Relé de religamento
80	Chave de fluxo
81	Relé de sub/sobrefrequência
82	Relé de religamento CC
83	Relé de seleção / Transferência automática
84	Mecanismo de operação
85	Relé receptor de sinal de telecomunicação/ relé a fio-piloto
86	Relé auxiliar de bloqueio
87	Relé de proteção diferencial
88	Motor auxiliar ou motor gerador
89	Chave seccionadora
90	Dispositivo de regulação
91	Relé direcional de tensão
92	Relé direcional de tensão e potência
93	Contator de variação de campo
94	Relé de desligamento para abrir disjuntor ou permitir o desligamento imediato por outros dispositivos.
95 a 99	Aplicações específicas

Devido ao enfoque industrial do presente estudo de caso, este trabalho não entrará em detalhes sobre os vários tipos de proteção desempenhadas por relés, estas podem ser vistas em [IEEE Std. 242, 2001], [Anderson, 1999] e [Caminha, 1977]. Neste seguimento destacam-se os relés de sobrecorrente, que apresentam maior versatilidade na proteção quando comparados aos fusíveis e disjuntores, uma vez que podem ter as curvas de atuação parametrizadas para diferentes

pontos de atuação. Isto se dá devido ao avanço da eletrônica, que vem tomando conta do mercado em substituição aos relés eletromecânicos.

Os relés digitais apresentam a arquitetura como a de um computador, apresentada de forma simplificada na figura 2.3, sendo que as funções de proteção são softwares pré-instalados nos dispositivos, que podem ser parametrizados localmente conforme a necessidade da aplicação. Estes relés, apesar de terem vida útil mais curta que os relés eletromecânicos, são mais baratos e fáceis de serem substituídos.

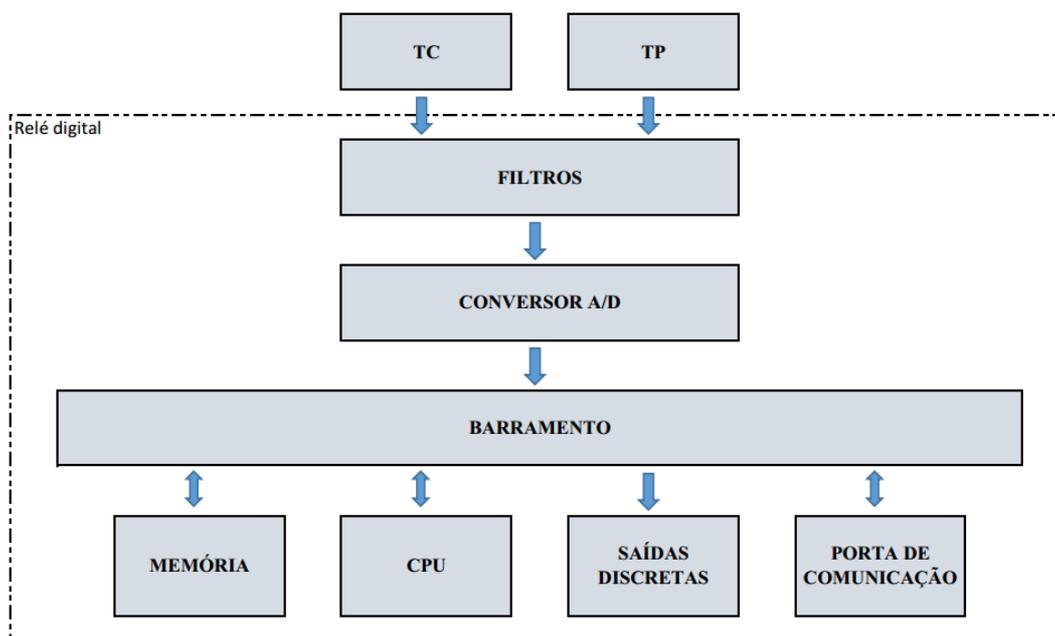


Figura 2.3- Arquitetura simplificada de um relé digital.

Descrevendo de maneira breve, os relés operam da seguinte forma: os sinais contínuos de tensão e corrente são obtidos pelos TPs e Tcs, respectivamente, e assim que são lidos pelo relé passam por filtros, que têm a função de eliminar ruídos que por ventura possam existir. Posteriormente os sinais já tratados são convertidos em sinais digitais, sendo que a resolução do conversor pode variar conforme o fabricante. Os sinais convertidos são processados pela CPU do relé conforme a função de proteção parametrizada no mesmo. Os módulos de memórias podem ser temporários de acesso randômico para registradores e execução de programas ou não voláteis para armazenamento de parâmetros e programas. As saídas discretas são responsáveis por externar os sinais de TRIP e alarme. Os relés mais modernos apresentam portas de comunicação, que são responsáveis por enviar informações de alarmes e auto-diagnósticos dos relés à centros de supervisão ou sistemas de controle auxiliares e de processo.

Além desta aplicação das portas de comunicação, a norma [IEC std. 61850, 2003] traz recomendações para utilização do protocolo TCP/IP para o sistema de proteção. A norma estabelece requisitos para a implementação de uma arquitetura baseada em cordões ópticos e switches para interligação dos dispositivos de proteção, eliminando a necessidade de cabos metálicos. A fibra óptica é vantajosa em comparação aos cabos metálicos porque não são susceptíveis à interferência eletromagnética, além de serem dotadas de uma capacidade de transmissão infinitamente maior.

Para garantir a confiabilidade da comunicação, os sistemas baseados na [IEC std. 61850, 2003] utilizam um mecanismo de comunicação denominado *Goose*<sup>5</sup>, que envia mensagens na ordem de 4ms.

Apesar de ainda haver resistência por parte da indústria na utilização deste recurso, sua aplicação vem crescendo consideravelmente nos novos empreendimentos devido à sua confiabilidade, versatilidade e a redução dos preços dos equipamentos com suporte à esta tecnologia.

---

<sup>5</sup> *Generic Object Oriented Substation Event*

---

# 3 Coordenação e Seletividade da Proteção Elétrica e Equipamentos Protegidos

## *3.1 Equipamentos Protegidos*

Seguindo a mesma metodologia do capítulo anterior, será feita uma análise dos equipamentos de um sistema elétrico industrial, que devem ser protegidos. Esta conceituação é feita em função dos limites e suportabilidade dos mesmos e apresenta as grandezas relacionadas ao tema.

### *3.1.1 Cabos*

Os cabos constituem o meio de condução de corrente de um sistema elétrico industrial, por eles passa todo o fluxo de energia que alimenta as cargas. Por serem tão vitais, necessitam de atenção quando do seu dimensionamento, bem como o da proteção. De forma geral, a proteção deve evitar que os cabos não ultrapassem o seu limite térmico, uma vez que o sobreaquecimento é ocasionado pelo efeito Joule, que ocorre devido ao fluxo de correntes muito elevadas durante o evento faltoso.

Quando os cabos são submetidos à temperaturas superiores aos seus limites térmicos definidos pelos fabricantes, eles perdem suas propriedades elétricas, bem como a capacidade de isolamento, e este dano, normalmente, é irreversível, sendo necessária a substituição do cabo. Em ambientes industriais, que são muito agressivos, esta substituição se torna extremamente

complicada e demorada, visto que as redes de dutos vão se obstruindo com o passar do tempo e as caixas de passagem muitas vezes ficam inacessíveis.

Segundo [IEEE Std. 242, 2001], considera-se de maneira aproximada que, devido à sua capacidade de condução de calor, o condutor o absorve completamente, não dissipando para o isolamento. Desta forma, a temperatura varia em função do diâmetro do condutor, conforme é expresso nas equações 3.1 e 3.2 para condutores de cobre e alumínio, respectivamente. Estas expressões foram obtidas de forma empírica.

$$\left(\frac{I}{CM}\right)^2 \times t = 115679 \times \log_{10}\left(\frac{T_f + 234}{T_0 + 234}\right) \quad (3.1)$$

$$\left(\frac{I}{CM}\right)^2 \times t = 48686 \times \log_{10}\left(\frac{T_f + 228}{T_0 + 228}\right) \quad (3.2)$$

Onde:

I = Corrente de curto-circuito (A);

CM = Diâmetro do condutor (mm);

t = Tempo de duração da falta (s);

T<sub>f</sub> = Máxima temperatura admitida para o condutor no curto-circuito (°C);

T<sub>0</sub> = Máxima temperatura admissível no condutor em operação normal (°C).

Outro aspecto importante dos cabos é a sua ampacidade. Esta grandeza define a corrente máxima que o cabo é capaz de conduzir. Quando um cabo é submetido à uma corrente acima de sua ampacidade por muito tempo ele perde suas características, da mesma forma que descrito anteriormente.

A proteção dos condutores deve ser feita então em função de seu limite térmico e sua ampacidade. A figura 3.1 mostra uma curva de corrente de curto-circuito *versus* diâmetro do condutor para cabos de baixa tensão do fabricante Prysmian.

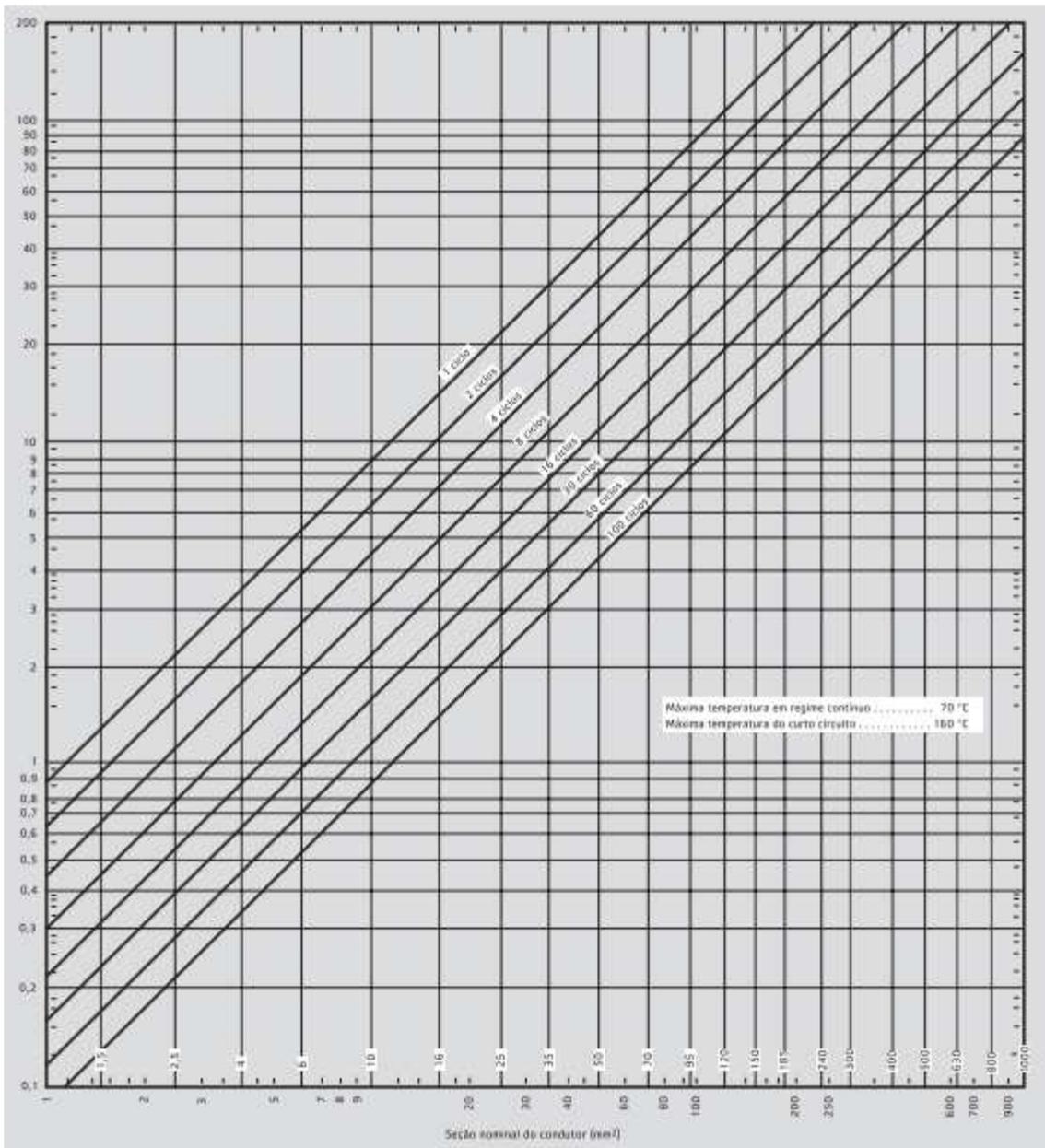


Figura 3.1- curva de corrente de curto-circuito x diâmetro do condutor.

### 3.1.2 Motores

Nos sistemas elétricos industriais a maior parte das cargas são motóricas, sendo que estas são acionadas a partir de CCMs<sup>6</sup> instalados nas salas elétricas. Dentro dos CCMs são também instalados os dispositivos de proteção, que tem sua aplicação definida conforme o nível de tensão do equipamento, que neste tipo de sistema são dois: baixa tensão para equipamentos abaixo de 1000 V e média tensão para equipamentos acima de 1000 V, inclusive [IEEE Std. 242, 2001].

Para motores de baixa tensão é usual que se adote a proteção contra sobrecarga com relés térmicos ou disjuntores de baixa tensão com sensores eletrônicos, e contra curto-circuito fase-fase com disjuntores termomagnéticos ou fusíveis.

Para motores acionados em média tensão é seguido o que preconiza [IEEE Std. 242, 2001], com dois esquemas de proteção:

- a) Relé de sobrecorrente com curva de tempo inverso para a proteção contra sobrecarga, e para proteção de curto-circuito (fase-fase e fase-terra) é utilizada unidade de proteção de relé de sobrecorrente com atuação instantânea;
- b) Relé de sobrecorrente com curva de tempo inverso para a proteção contra sobrecarga e fusível para proteção instantânea.

Para ambas as soluções, é necessário ter conhecimento das principais grandezas tomadas como base para realizar o ajuste da proteção, que são apresentados abaixo:

- a) Corrente nominal: é a corrente consumida pelo motor em sua operação normal. Em [IEEE Std. 242, 2001] é indicado que esta corrente deve levar em consideração um fator de serviço, que deve ser multiplicado à corrente nominal, permitindo uma faixa de sobrecarga;
- b) Corrente de partida: é a corrente consumida pelo motor durante sua partida, sendo que esta ocorre por um curto tempo e pode chegar a ser 5 a 8 vezes o valor da corrente nominal;
- c) Tempo de aceleração: tempo que o motor leva para sair do repouso e atingir a sua velocidade de regime de operação;

---

<sup>6</sup> *Molded-case circuit breakers*

- d) Tempo de rotor bloqueado: é o máximo tempo que o motor pode ter seu rotor bloqueado, sem que haja danos térmicos.

A curva tempo *versus* corrente é utilizada para representar as grandezas acima descritas, sendo que esta curva é denominada curva de partida do motor de indução. É importante ressaltar que para efeitos de simplificação, os pontos estão bem definidos, o que na realidade não ocorre. Para esta análise isto não atrapalha, uma vez que torna o sistema mais conservador.

À partir da curva da figura 3.2, conclui-se que o ajuste da corrente do dispositivo que fará a proteção contra sobrecorrente deve ser superior à corrente nominal do motor, e deve possuir temporização para permitir a partida do mesmo. Porém isto não é suficiente, uma vez que a proteção deve atuar antes que seja atingido o tempo de rotor bloqueado.

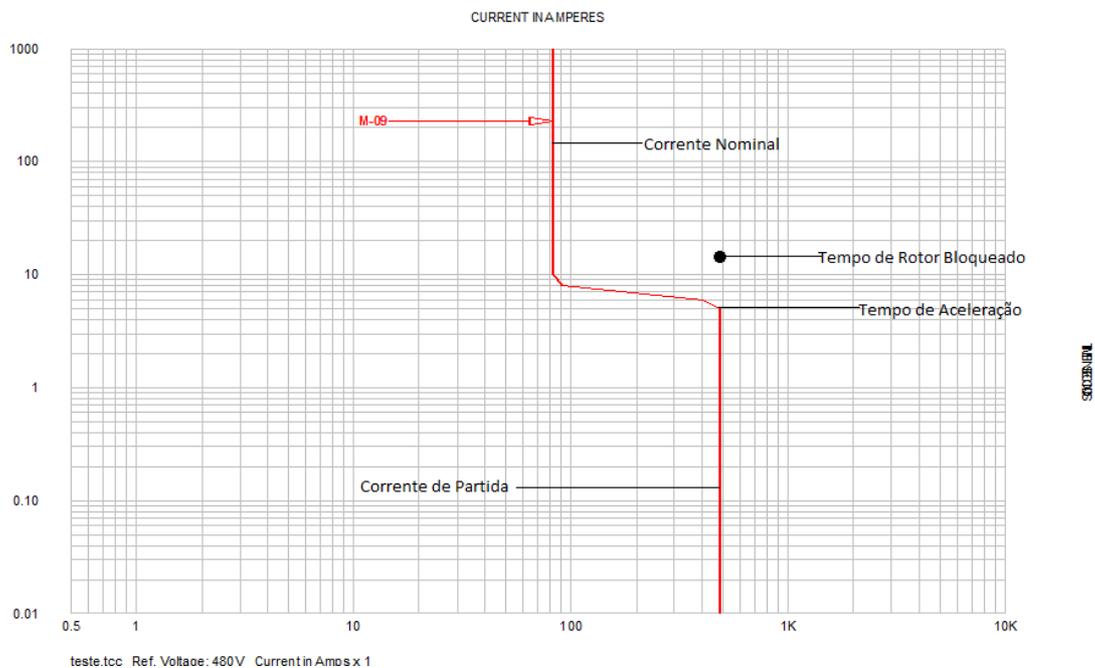


Figura 3.2- curva de partida do motor de indução.

Desta forma temos as seguintes condições que devem, obrigatoriamente ser satisfeitas:

- A corrente de ajuste deve ser superior à corrente nominal do motor (considerando o fator de ajuste de carga);
- O tempo de ajuste deve ser maior que o tempo de aceleração;
- O tempo de ajuste deve ser menor que o tempo de rotor bloqueado.

Além do que foi definido acima, é boa prática considerar uma margem de segurança entre o tempo de aceleração e o tempo de ajusta, pois caso no momento da partida a tensão seja menor que a nominal o tempo de partida pode ser maior.

Já a proteção contra curto-circuito deve ser de atuação instantânea, porém em [IEEE Std. 242, 2001] é informado que a corrente de partida dos motores de indução é assimétrica, e em valores de pico elevados, e a proteção instantânea não pode atuar para estes valores.

### ***3.1.3 Transformadores***

Os transformadores são equipamentos essenciais ao sistema elétrico industrial, e da mesma forma que os equipamentos descritos anteriormente neste capítulo, precisam ser protegidos. A sua proteção deve ser dimensionada em função de algumas características, sendo estas: corrente nominal de operação, corrente de energização, limites de suportabilidade às correntes de curto-circuito (tanto do lado de alta quanto de baixa) e seu limite térmico.

A proteção contra sobrecorrente é normalmente feita no primário do transformador, através de fusíveis ou disjuntores, sendo que este último deve ser comandado por relé. Dependendo da criticidade do equipamento dentro do sistema elétrico industrial podem ser feitas proteções adicionais também no secundário [IEEE Std. 242, 2001].

A proteção contra sobrecarga é feita por dispositivo de sobrecorrente, sendo que relés de tempo inverso são utilizados para este fim do lado primário. Um outro esquema muito utilizado é a instalação de fusíveis e disjuntores, tanto do lado primário quanto secundário. Nos casos onde a tensão nominal no secundário é menor que 1kV são empregados disjuntores de baixa tensão. Quando se utiliza proteção tanto no primário quanto no secundário, esta última é destinada a proteger contra sobrecarga, devido ao tempo mais rápido de atuação e a proteção do primário serve como retaguarda [IEEE Std. 242, 2001].

A proteção contra curto-circuito é feita por duas formas principais, conforme a seguir [IEEE Std. 242, 2001]:

- a) Para transformadores isolados à óleo são utilizados detectores de gases, que se formam dentro do mesmo quando a corrente de curto-circuito eleva a temperatura do mesmo;
  - b) Fusíveis, disjuntores e relés de sobrecorrente, que são mais fáceis de coordenar com o restante da proteção.
-

Para detecção de curto no interior do transformador é aplicada a proteção diferencial, mas esta é mais comum em transformadores de alta potência e criticidade para o sistema, como aqueles na entrada das usinas/planas industriais.

O esquema e os ajustes de proteção devem ser definidos de forma a evitar que a proteção atue de forma indevida, devido à energização do transformador, por exemplo, mas que evite que o mesmo seja danificado devido ao atingimento dos seus limites térmicos e mecânicos. Este limites são definidos à partir da característica de suportabilidade do transformador aos efeitos térmicos e mecânicos das correntes de curto-circuito, que é apresentado em uma curva. Estas curvas são definidas por faixa de potência nominal, e segundo [IEEE Std. 242, 2001] foram definidas quatro categorias de corrente nominal, sendo que cada uma delas possui uma curva de suportabilidade, influenciada pelo tipo de conexão dos enrolamentos do transformador.

Tabela 3.1 - Classificação dos transformadores.

<b>Categoria</b>	<b>Potência (kVA)</b>
1	15 a 500
2	501 a 5000
3	5001 a 30000
4	>30001

A curva de suportabilidade traz características que devem ser observadas, sendo elas [IEEE Std. 242, 2001]:

- a) Corrente nominal: é a corrente de operação do transformador em condição normal. Para evitar operações indevidas, a curva do dispositivo de proteção deve ficar sempre à esquerda da curva de corrente nominal da máquina.
- b) Corrente de magnetização: é a corrente que circula pelo transformador apenas na sua energização. De forma geral, esta corrente é da ordem de 8 a 12 vezes a corrente nominal, e seu tempo de permanência é da ordem de 100ms. A corrente de magnetização deve ser respeitada no caso de dispositivos de proteção de atuação instantânea.
- c) Curva ANSI: a curva ANSI é construída à partir da tabela 2, e representa o limite térmico do transformador quando o mesmo está imerso em óleo.

Tabela 3.2 - Limite térmico de transformadores imersos em óleo

Múltiplo da corrente nominal	Tempo (s)
2,00	1800,00
3,00	300,00
4,75	60,00
6,30	30,00
11,30	10,00
25,00	2,00

- d) Curva ANSI (58%): esta curva é aplicável a transformadores com enrolamento delta-estrela com neutro solidamente aterrado. Quando ocorre uma falta fase-terra no secundário deste transformador, as correntes de fase primárias são, aproximadamente, 58% do valor das correntes de curto-circuito.
- e) Limite mecânico: é definida em [IEEE Std. 242, 2001] por categoria de potência nominal:
- Categoria I: esta curva não é aplicável às máquinas desta categoria, sendo a curva ANSI suficiente para representar os limites do transformador;
  - Categoria II: a curva de limite mecânico deve ser utilizada quando se tem a expectativa de mais de 10 curto-circuitos durante toda a vida útil do transformador;
  - Categoria III: a curva de limite mecânico deve ser utilizada quando se tem a expectativa de mais de 5 curto-circuitos durante toda a vida útil do transformador;
  - Categoria IV: para estes a curva de limite mecânico deve ser sempre utilizada.

A curva de limite térmico de transformadores à seco se assemelha bastante aos transformadores à óleo, sendo que seus limites mecânicos seguem as mesmas regras mencionadas acima. A tabela 3.3 [IEEE Std. C57.12.59, 2001], [IEEE Std. C57.12.01, 2005].

Tabela 3.3 - Limite térmico de transformadores a seco

Múltiplo da corrente nominal	Tempo (s)
3,50	100,00
11,20	10,00
25,00	2,00

A figura 3.3 mostra a curva de suportabilidade de um transformador de categoria 2, com conexão delta estrela (delta do lado primário).

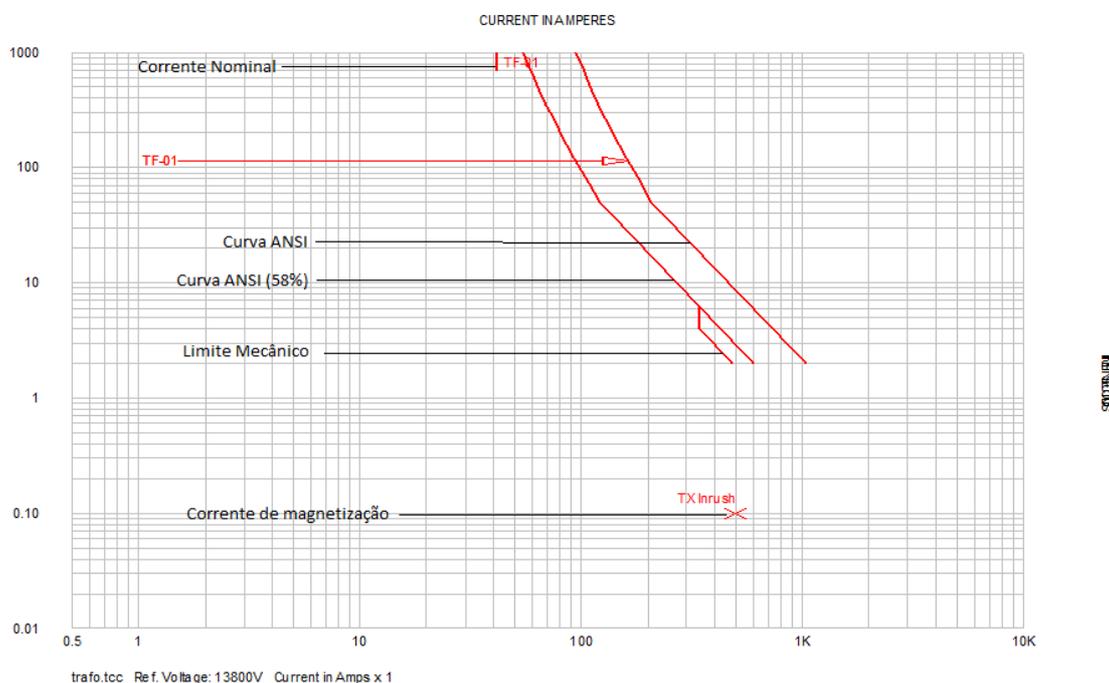


Figura 3.3- curva de suportabilidade contra curto-circuito de um transformador categoria II com conexão delta estrela (delta do lado primário).

À partir da caracterização feita acima, fica definido: as curvas dos dispositivos de proteção devem estar localizadas à esquerda da curva ANSI, à direita da corrente nominal e deve respeitar a corrente de magnetização. Quando for necessário aplicar a curva ANSI 58% as curvas de proteção devem estar, prioritariamente, à esquerda desta. O engenheiro de proteção deve avaliar as situações nas quais a curva ANSI 58% pode ser violada, desde que a curva ANSI seja respeitada [IEEE Std. 242, 2001].

### 3.2 Coordenação e Seletividade da Proteção

Quando se fala em proteger um sistema elétrico, espera-se fazer isto isolando a menor porção do circuito, sem comprometer o funcionamento e a integridade do restante. Além disto, espera-se que este isolamento ocorra no menor tempo possível e que haja o mínimo possível de

atuações indevidas. Para tal, lança-se mão dos estudos de coordenação e seletividade da proteção elétrica a saber: um sistema seletivo é aquele que elimina a parte defeituosa tão perto do mesmo quanto possível [Caminha, 1977].

Todos os dispositivos citados no capítulo anterior tem uma função específica em um sistema de proteção elétrica, e cada um deve portanto ser utilizado em complemento aos demais. Se tivermos então dois dispositivos de proteção em série em um circuito radial, e o que estiver mais próximo da fonte eliminar o defeito no caso de o primeiro, mais próximo da falha não atuar, dizemos que a proteção é coordenada [Caminha, 1977].

---

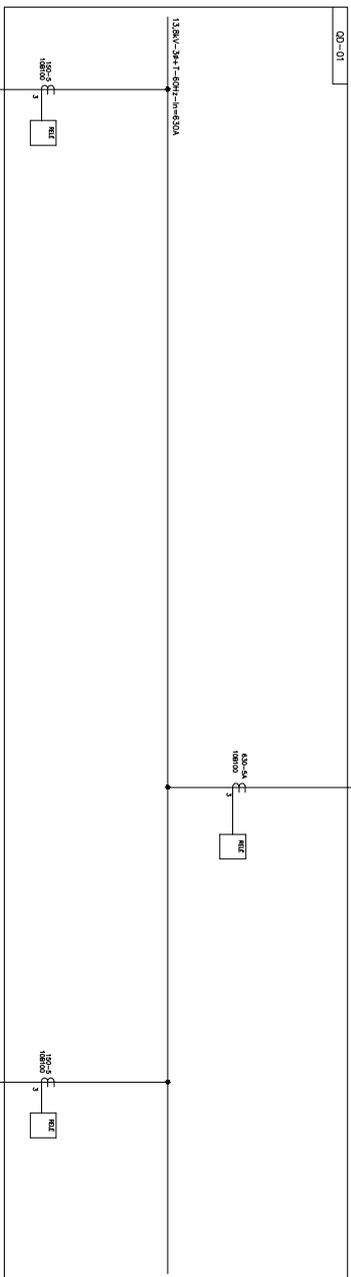
# 4 Apresentação do Sistema Analisado e Realização dos Estudos

## *4.1 Sistema Exemplo*

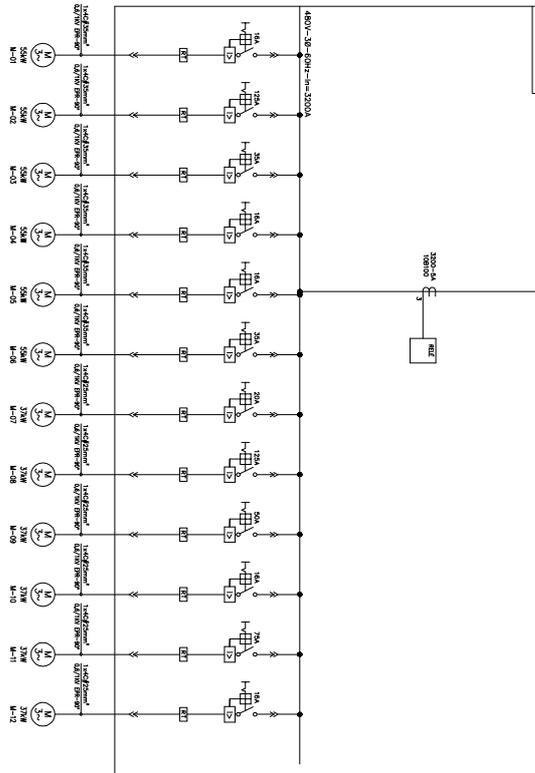
Para exemplificar os estudos de curto-circuito e seletividade de um sistema elétrico industrial, foi tomado um sistema genérico, que possui características muito usuais nos projetos vigentes nas empresas de engenharia de Belo Horizonte, onde predominam os projetos de plantas de mineração. Neste cenário é comum a utilização de energia proveniente da concessionária em 13,8kV. Além deste nível de tensão de entrada, são comuns acionamentos em média tensão (4,16kV) e baixa tensão (0,48kV). Com relação às cargas, estas são em sua maioria motóricas (bombas, transportadores, espessadores, etc.).

Diante do que foi explanado acima, foi concebido o sistema genérico apresentado no diagrama unifilar apresentado a seguir:

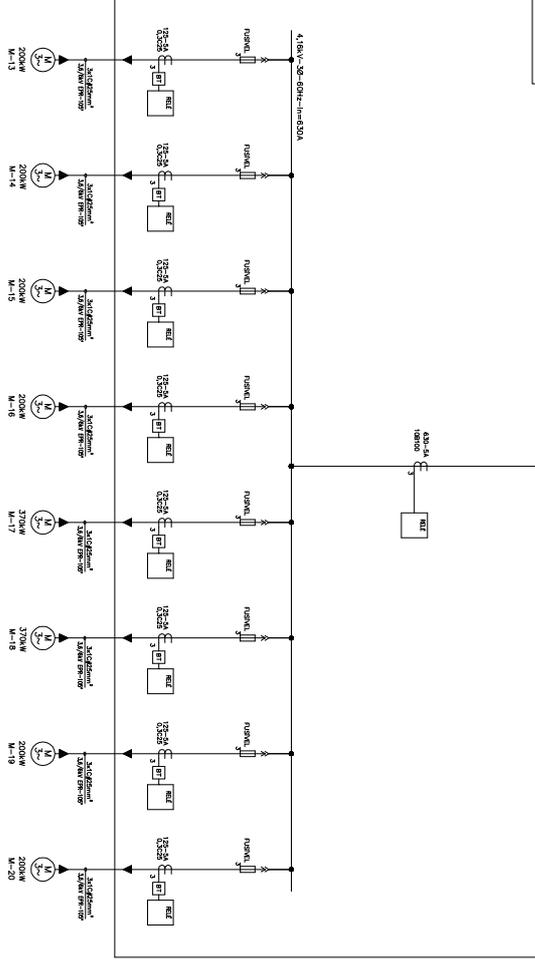
REC'D AREA CONVERSIONAL - 13.8kW  
13.8 kW CONVERSIONAL  
3PH 3W 277V/480V



MC-01



MC-02



A alimentação principal do sistema é proveniente da rede aérea da concessionária, em 13,8kV, até o quadro de distribuição de média tensão QD-01. Este quadro possui duas saídas: uma para um transformador de 13,8-0,48kV delta-estrela com neutro aterrado por resistor de aterramento, sendo seu primário em delta, denominado TF-01 e uma outra saída para um transformador de 13,8-4,16kV delta-estrela com neutro aterrado por resistor de aterramento, sendo seu primário em delta, denominado TF-02.

O transformador TF-01, com secundário em baixa tensão, alimenta o CCM<sup>1</sup> MC-01. Este CCM será responsável pela alimentação das cargas em baixa tensão. O transformador TF-02, com secundário em média tensão, alimenta o CCM MC-02. Este CCM será responsável pela alimentação das cargas em média tensão.

O tipo de proteção para cada tipo de equipamento é apresentado na tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Equipamentos de proteção e TCs

<b>Equipamento protegido</b>	<b>Dispositivo de proteção</b>	<b>TC</b>
QD-01	Relé	630-5A
MC-01	Relé	3200-5A
MC-02	Relé	630-5A
TF-01	Relé	150-5A
TF-02	Relé	150-5A
M-01	Relé/disjuntor	-
M-02	Relé/disjuntor	-
M-03	Relé/disjuntor	-
M-04	Relé/disjuntor	-
M-05	Relé/disjuntor	-
M-06	Relé/disjuntor	-
M-07	Relé/disjuntor	-
M-08	Relé/disjuntor	-
M-09	Relé/disjuntor	-
M-10	Relé/disjuntor	-
M-11	Relé/disjuntor	-
M-12	Relé/disjuntor	-
M-13	Relé/fusível	125-5A
M-14	Relé/fusível	125-5A
M-15	Relé/fusível	125-5A
M-16	Relé/fusível	125-5A

<sup>1</sup> Centro de controle de motores

Tabela 4.1 - Equipamentos de proteção e TCs

Equipamento protegido	Dispositivo de proteção	TC
M-17	Relé/fusível	125-5A
M-18	Relé/fusível	125-5A
M-19	Relé/fusível	125-5A
M-20	Relé/fusível	125-5A

Foi utilizada a licença de avaliação por 30 dias do software PTW, já citado na introdução deste trabalho. Primeiramente o sistema acima foi montado na ferramenta *One-Line*, com todos os seus componentes, conforme mostrado na figura 4.2.

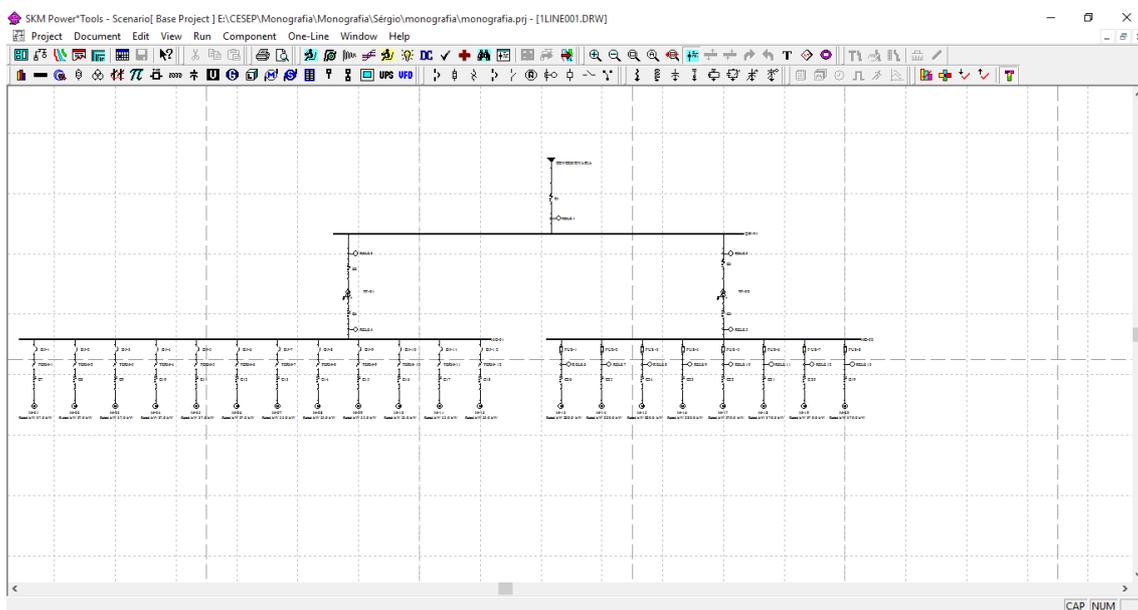
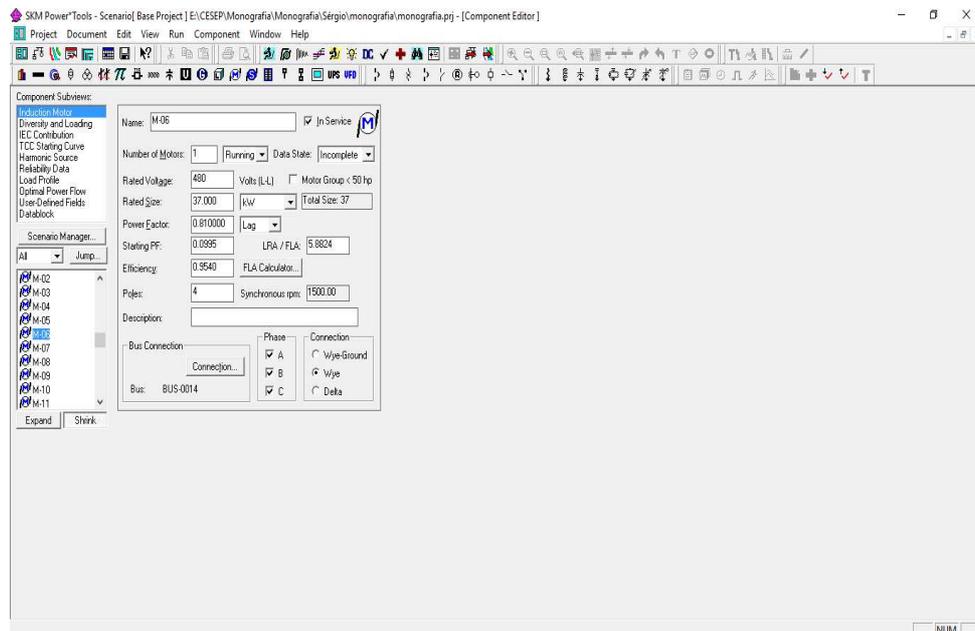


Figura 4.1 - Diagrama unifilar parametrizado no PTW.

Posteriormente, os equipamentos são parametrizados na ferramenta *Component Editor*, onde são lançados seus dados nominais, conforme informação dos fabricantes. Para este estudo foram utilizados os dados dos equipamentos conforme apresentado nos anexos. A figura 4.2 exemplifica o *Component Editor*.

Figura 4.2 - *Component Editor*.

A partir deste ponto já é possível iniciar os estudos, conforme apresentado abaixo.

### 4.1.1 *Estudo de Curto-circuito*

Para o estudo das correntes de curto-circuito foi utilizado o módulo Dapper, do software PTW. O módulo calcula as correntes de falta balanceadas e não balanceadas nas barras do sistema. O estudo de curto circuito apresenta valores de falta em RMS simétrico, corrente de pico e valores assimétricos com componentes DC. Como resultado, são emitidos relatórios em valores de fase ou componentes sequenciais, além de valores assimétricos para 0,5, 2, 5 e 8 ciclos.

Na opção *Balanced Systema Study Setup* deve ser marcada a opção SC pelo método compreensivo, o que apresenta as opções de calcula citadas anteriormente, conforme figura 4.3.

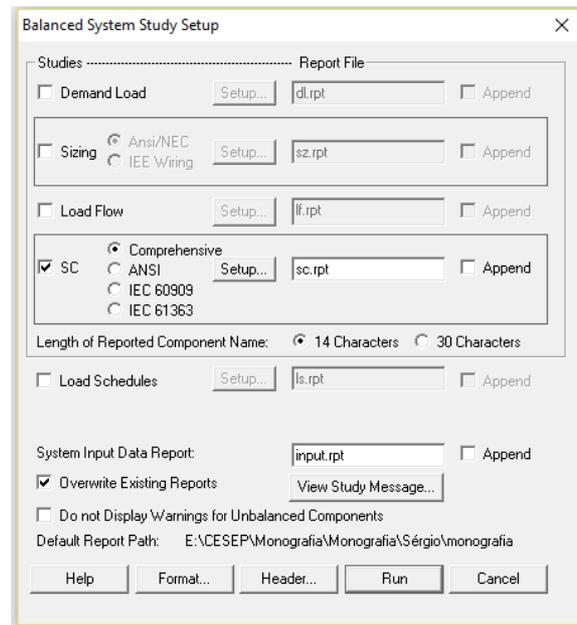


Figura 4.3 - *Balanced Systema Study Setup*.

No menu anterior deve ser selecionado o botão *setup*, que exibirá a janela mostrada na figura 4.4.

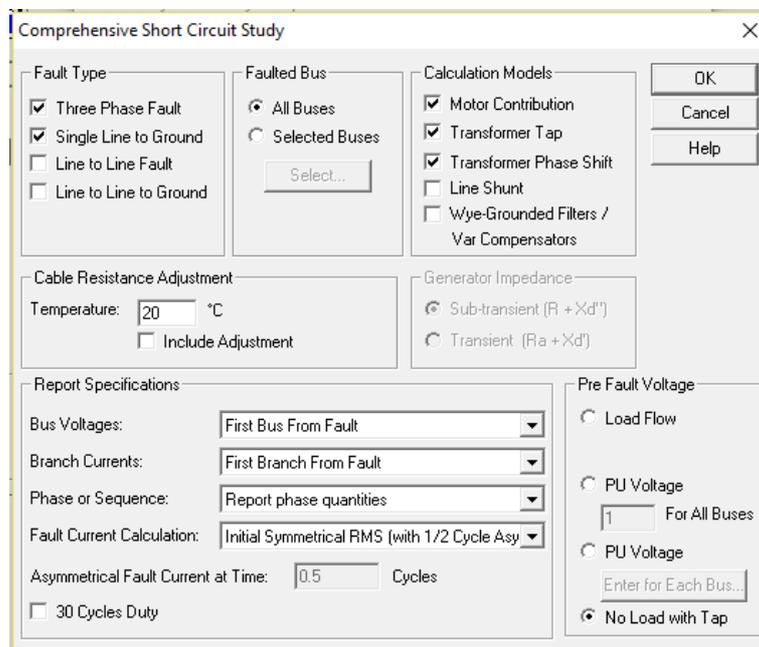


Figura 4.4 – *Comprehensive Short Circuit Study*.

Nesta janela são feitos os ajustes de preferência para realização dos cálculos. Foi utilizado o padrão do programa, onde serão calculadas as grandezas conforme descrito no início do presente item.

Feito isto, abaixo são apresentados os resultados obtidos, sendo que os relatórios completos são mostrados no Apêndice II:

Tabela 4.2 - Corrente de pico assimétrica trifásica

<b>BARRA</b>	<b>TENSÃO (V)</b>	<b>I<sub>cc</sub> 1/2 CICLO (A)</b>	<b>I<sub>cc</sub> 5 CICLO (A)</b>	<b>I<sub>cc</sub> 8 CICLO (A)</b>
QD-01	13800	20941,0	20941,0	20941,0
MC-01	4160	17272,6	16279,7	16279,7
MC-02	480	10075,7	7985,8	7985,7

Tabela 4.3 - Corrente inicial simétrica trifásica e X/R

<b>BARRA</b>	<b>TENSÃO (V)</b>	<b>I<sub>cc</sub> 3<math>\phi</math> (A)</b>	<b>X/R (3<math>\phi</math>)</b>
QD-01	13800	20941,0	0,161
MC-01	4160	16279,7	2,271
MC-02	480	7985,7	5,160

Tabela 4.4 - Corrente de pico assimétrica monofásica

<b>BARRA</b>	<b>TENSÃO (V)</b>	<b>I<sub>cc</sub> 1/2 CICLO (A)</b>	<b>I<sub>cc</sub> 5 CICLO (A)</b>	<b>I<sub>cc</sub> 8 CICLO (A)</b>
QD-01	13800	21776,3	21776,3	21776,3
MC-01	4160	1145,6	1145,6	1145,6
MC-02	480	275,6	275,6	275,6

Tabela 4.5 - Corrente inicial simétrica trifásica e X/R

<b>BARRA</b>	<b>TENSÃO (V)</b>	<b>I<sub>cc</sub> 1<math>\phi</math> (A)</b>	<b>X/R (1<math>\phi</math>)</b>
QD-01	13800	21776,3	0,152
MC-01	4160	1145,6	0,090
MC-02	480	275,6	0,038

### 4.1.2 Estudo de Seletividade e Coordenação

Para o estudo de coordenação e seletividade foi utilizado o módulo Captor, do software PTW. O módulo traça as curvas de tempo *versus* corrente da coordenação do equipamento de proteção, de forma a garantir que os equipamentos associados a eles serão protegidos contra sobrecarga e curto-circuito. Os dados dos equipamentos são inseridos no banco de dados do software. A figura 4.5 mostra o menu de onde se realiza os ajustes da proteção para garantir a coordenação da proteção.

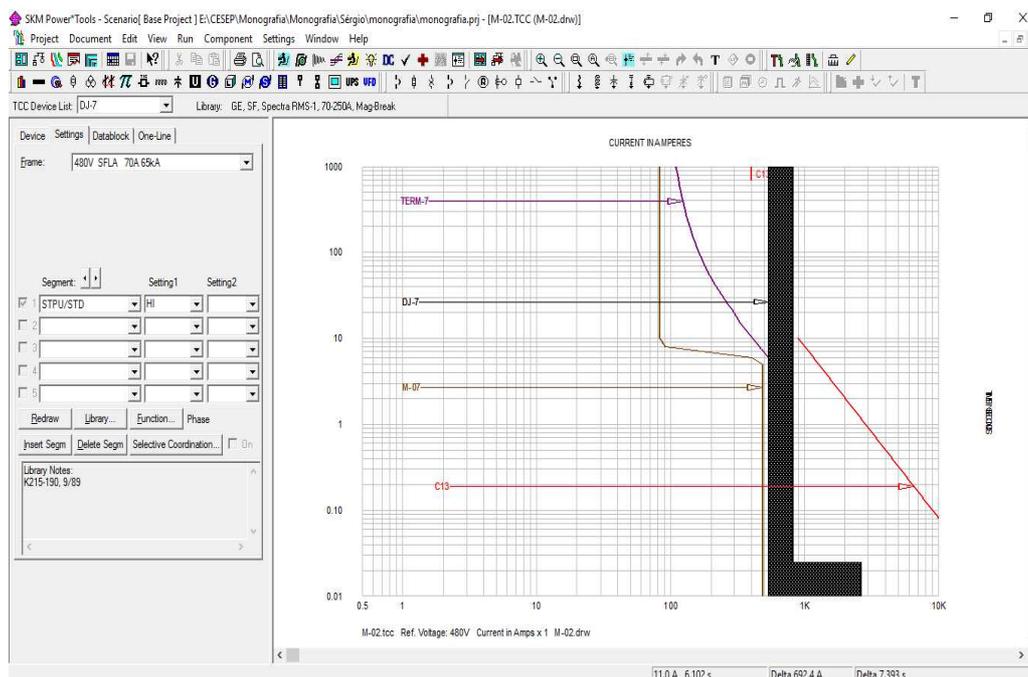


Figura 4.5 – Time Current Curve (TCC) do transformador TF-02 e suas proteções.

Os equipamentos foram divididos da seguinte forma para realização dos estudos:

- a) Motores de baixa tensão 55kW;
- b) Motores de baixa tensão 37kW;
- c) Motores de média tensão 200kW;
- d) Motores de média tensão 370kW;
- e) Transformador 13,8-0,48kV;
- f) Transformador 13,8-3,16kV.

Os resultados obtidos são apresentados abaixo.

### 4.1.2.1 Motor de Baixa Tensão 55 kW

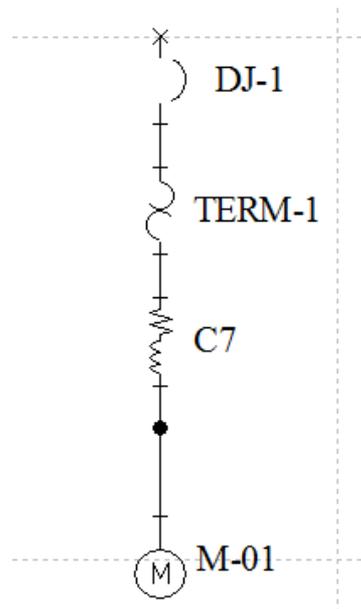


Figura 4.6 - Diagrama unifilar para motor de 55 kW baixa tensão.

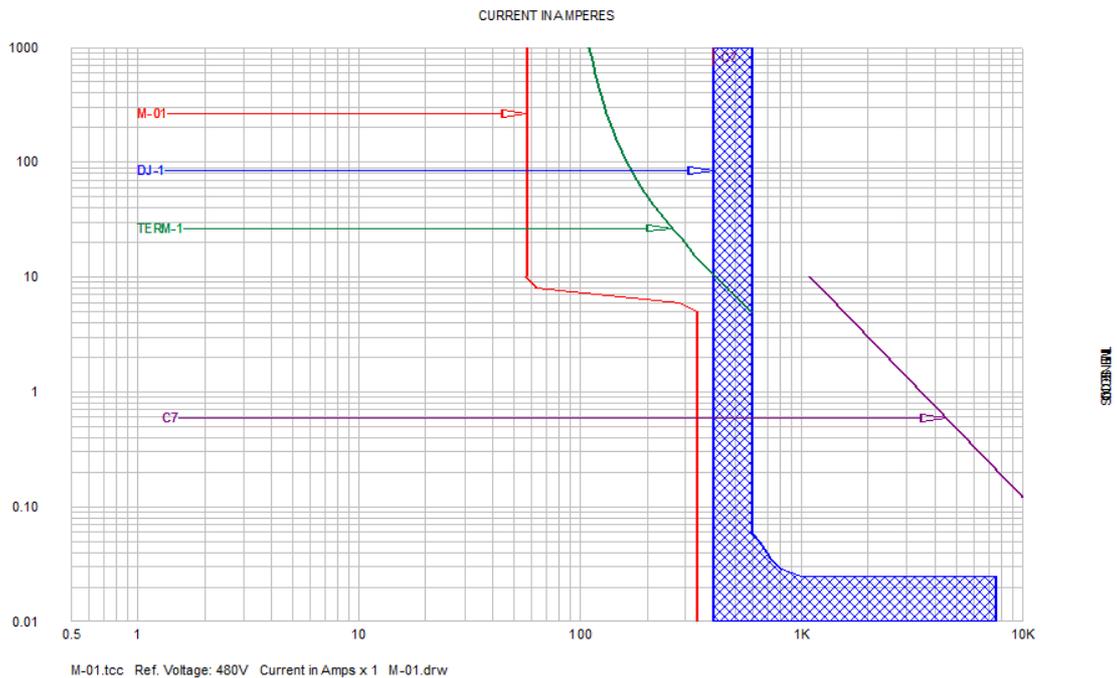


Figura 4.7 - Coordenograma para motor de 55 kW baixa tensão.

Este tipo de motor foi protegido por disjuntor magnético e relé de sobrecarga. É possível ver no coordenograma da figura 4.7 que as curvas destes dispositivos de proteção respeitam a corrente de partida, o tempo de rotor bloqueado e garantem também a proteção do cabo.

### 4.1.2.2 Motor de Baixa Tensão 37 kW

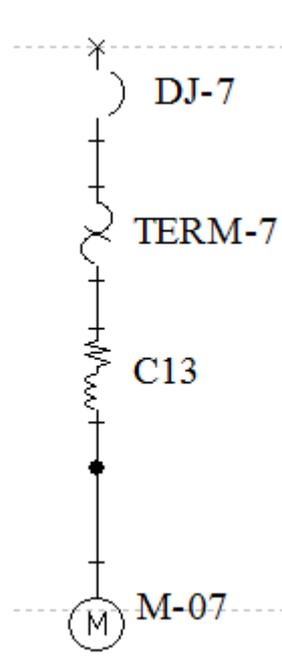


Figura 4.8 - Diagrama unifilar para motor de 37 kW baixa tensão.

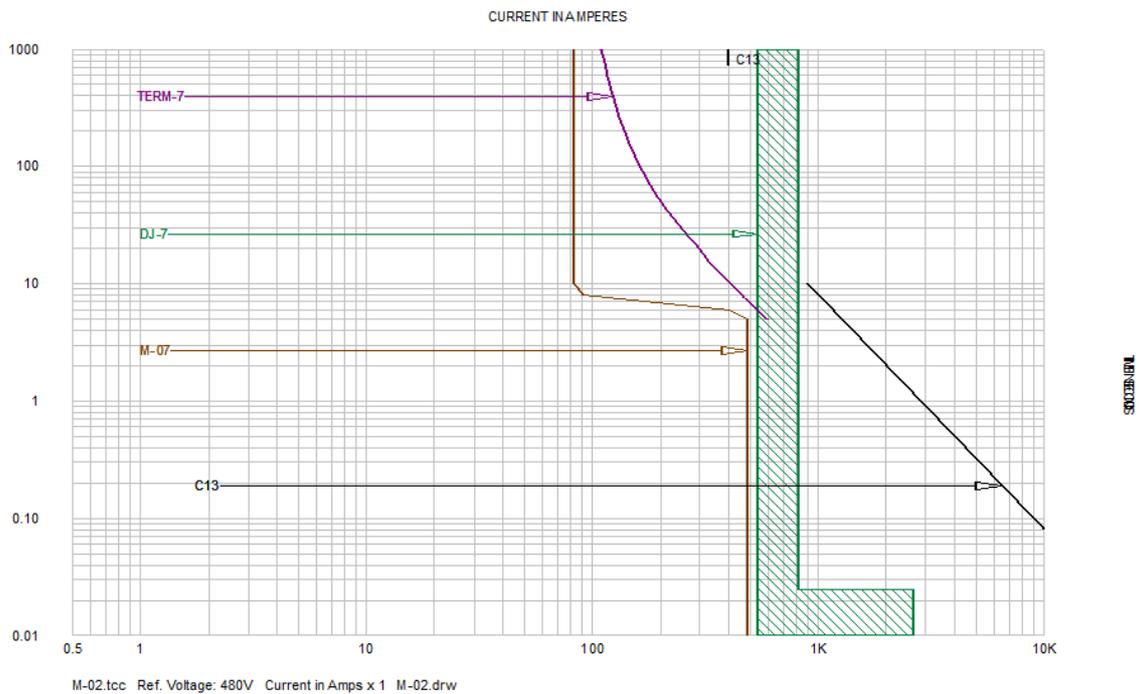


Figura 4.9 - Coordenograma para motor de 37 kW baixa tensão.

Este tipo de motor foi protegido por disjuntor magnético e relé de sobrecarga. É possível ver no coordenograma da figura 4.9 que as curvas destes dispositivos de proteção

respeitam a corrente de partida, o tempo de rotor bloqueado e garantem também a proteção do cabo.

#### 4.1.2.3 Motor de Média Tensão 200 kW

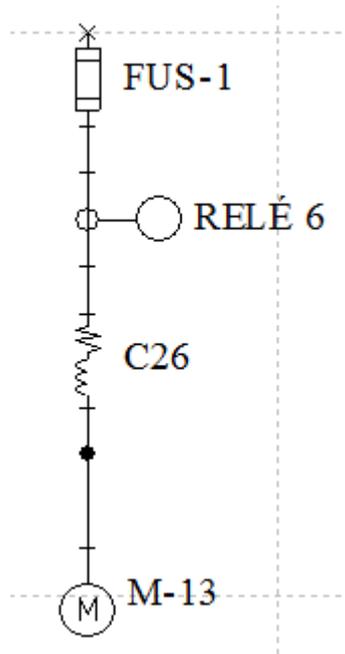


Figura 4.10 - Diagrama unifilar para motor de 200 kW média tensão.

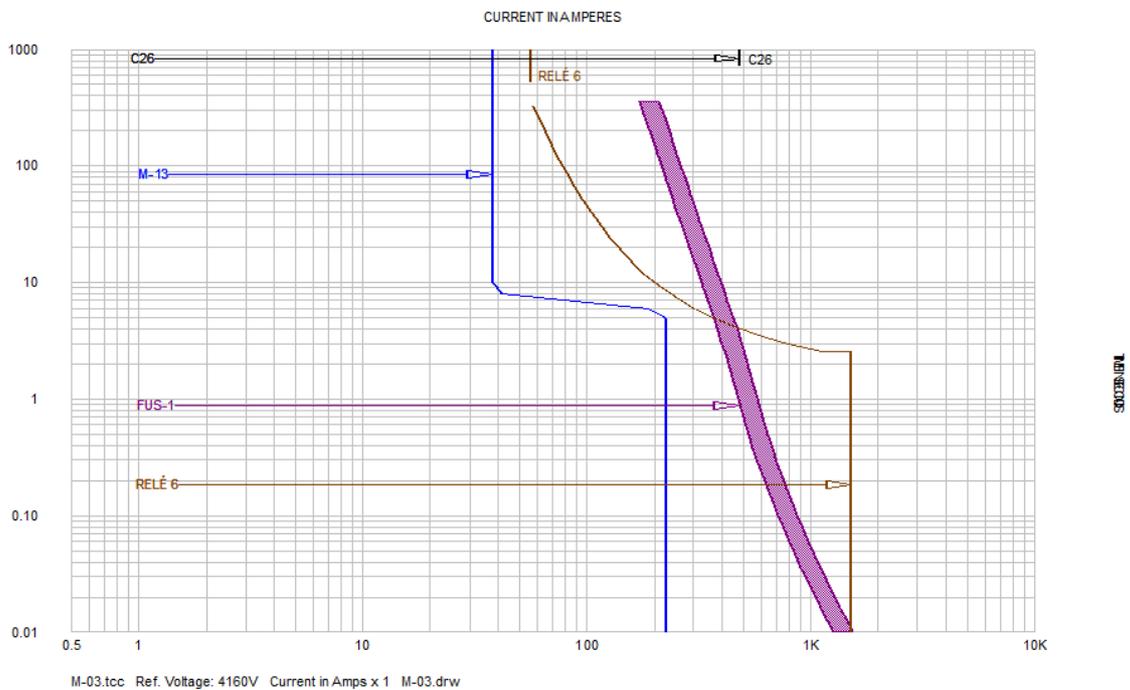


Figura 4.11 - Coordenograma para motor de 200 kW média tensão.

Este tipo de motor foi protegido por fusível e relé de sobrecorrente, com função de tempo inverso. É possível ver no coordenograma da figura 4.10 que as curvas destes dispositivos de proteção respeitam a corrente de partida, o tempo de rotor bloqueado e garantem também a proteção do cabo.

#### 4.1.2.4 Motor de Média Tensão 370 kW

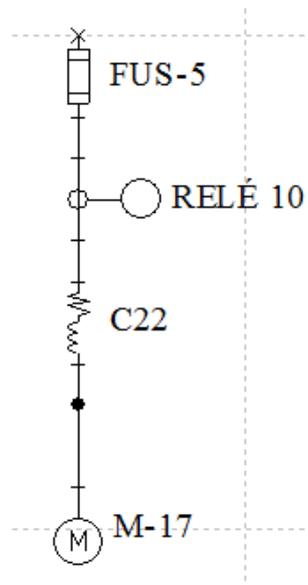


Figura 4.12 - Diagrama unifilar para motor de 370 kW média tensão.

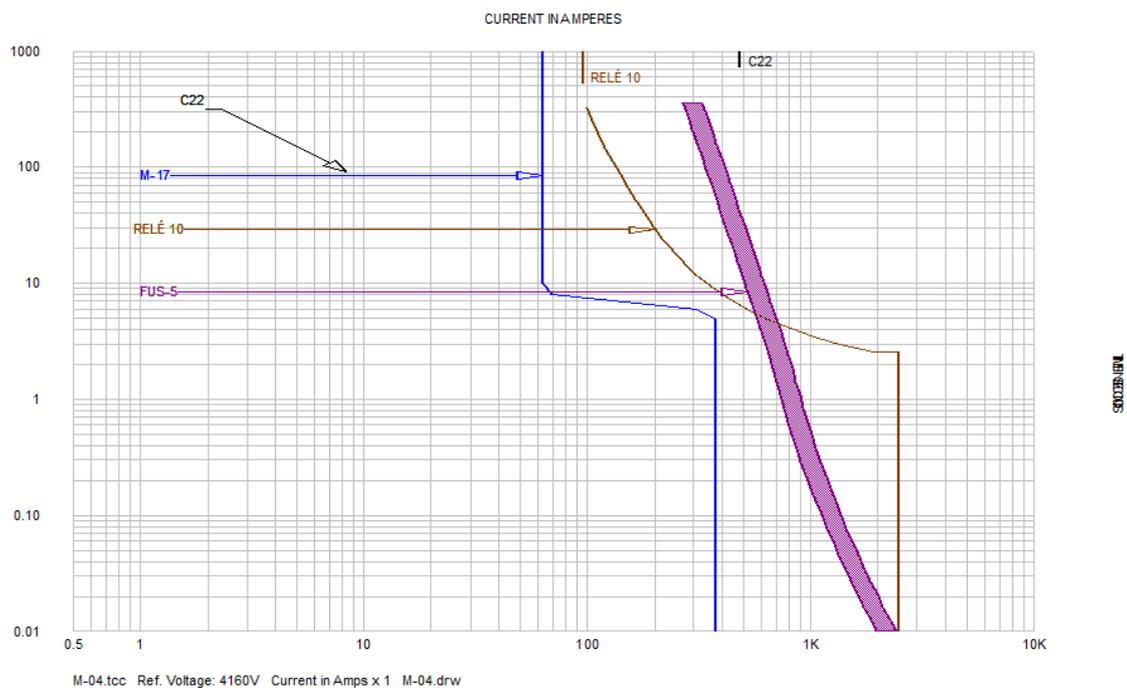


Figura 4.13 - Coordenograma para motor de 370 kW média tensão.

Este tipo de motor foi protegido por fusível e relé de sobrecorrente, com função de tempo inverso. É possível ver no coordenograma da figura 4.13 que as curvas destes dispositivos de proteção respeitam a corrente de partida, o tempo de rotor bloqueado e garantem também a proteção do cabo.

#### 4.1.2.5 Transformador 13,8-0,48 kV

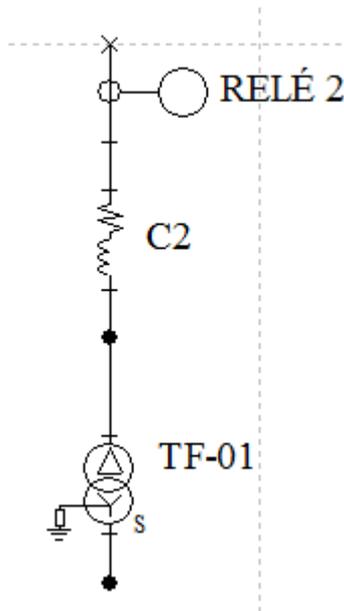


Figura 4.14 - Diagrama unifilar para transformador 13,8-0,48 kV.

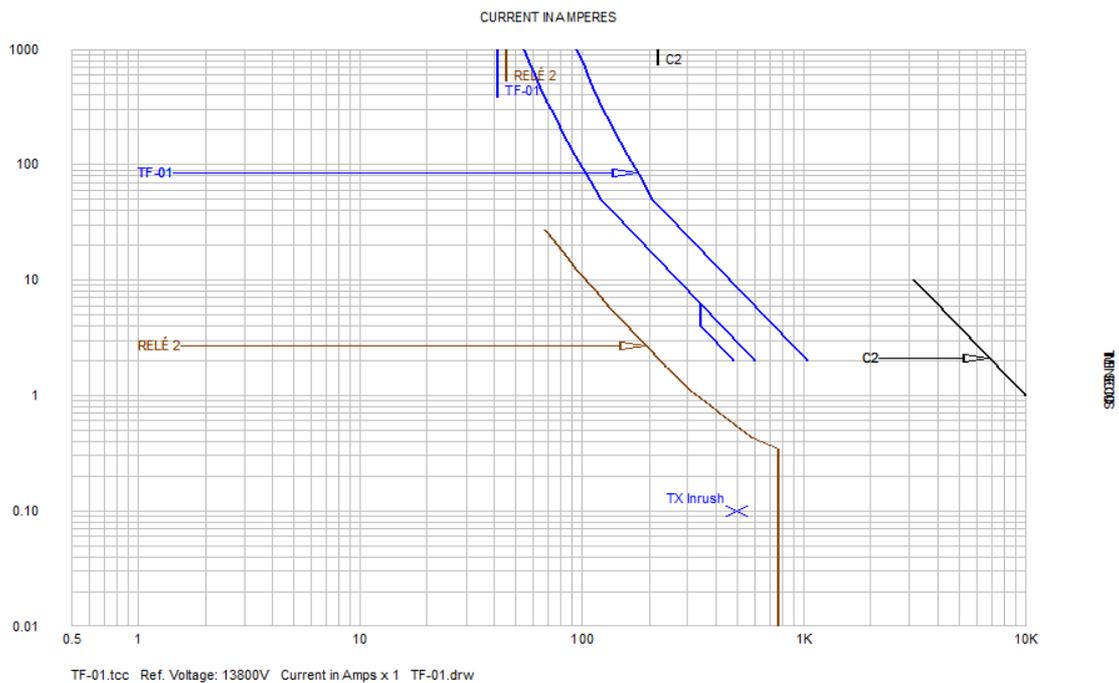


Figura 4.15 - Coordenograma para transformador 13,8-0,48 kV.

Este tipo de transformador foi protegido por relé de sobrecorrente, com função de tempo inverso e instantâneo. É possível ver no coordenograma da figura 4.15 que as curvas deste dispositivo de proteção respeitam as curvas ANSI, bem como corrente nominal e de magnetização e garantem também a proteção do cabo.

#### 4.1.2.6 Transformador 13,8-0,4,16 kV

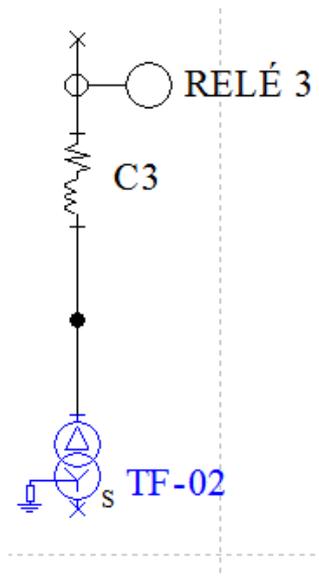


Figura 4.16 - Diagrama unifilar para transformador 13,8-4,16 kV.

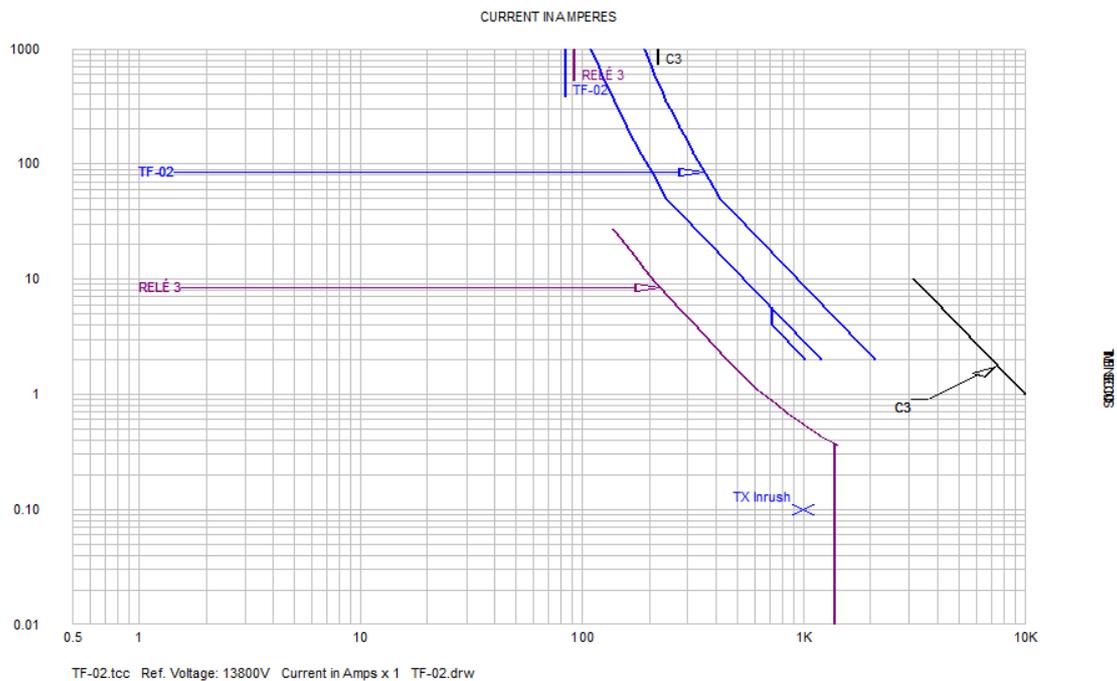


Figura 4.17 - Coordenograma para transformador 13,8-4,16 kV.

Este tipo de transformador foi protegido por relé de sobrecorrente, com função de tempo inverso e instantâneo. É possível ver no coordenograma da figura 4.17 que as curvas deste dispositivo de proteção respeitam as curvas ANSI, bem como corrente nominal e de magnetização e garantem também a proteção do cabo.

---

# 5 Conclusões

O trabalho apresentou alguns métodos computacionais para auxiliar estudos de curto-circuito e seletividade e coordenação. Durante o estudo, foi importante observar que os sistemas de proteção têm aproximado a Engenharia Elétrica pura da Eletrônica e sobretudo da Automação. Isto se dá porque os equipamentos dedicados à este fim são, hoje, instrumentos eletrônicos, muitas vezes microprocessados e tornam a tarefa de projetar o sistema de proteção muito próxima ao trabalho de um engenheiro de controle e automação, porém de forma dedicada ao sistemas elétrico.

Além disso, foi possível observar as diferenças entre cada equipamento de proteção, desde suas limitações até a aplicação de cada um deles. Apesar de mais versáteis e modernos, os relés digitais não se fazem necessários para aplicações mais simples dentro da indústria, sendo que equipamentos mais modestos e baratos podem ser adotados, como fusíveis, por exemplo. Apesar do exposto, eles vêm ganhando espaço neste mercado devido à versatilidade e possibilidade de serem supervisionado remotamente, guardando histórico do seu funcionamento.

A utilização do software SKM PowerTools também merece destaque, visto que facilita a coordenação da proteção à partir dos equipamentos parametrizados nele. A facilidade de analisar os coordenogramas e ajustar as curvas e funções de proteção dos dispositivos é notável. Dentro da ferramenta é possível adequar as curvas de proteção e garantir que o sistema está devidamente coordenado, além de facilitar a identificação de conflitos entre aparatos de proteção.

No que se refere à metodologia para projetar um sistema de proteção, é importante que se lance mão do uso de normas e procedimentos, como [IEEE Std. 242, 2001], tornando este trabalho bastante sistêmico.

Diante do que foi estudado neste projeto, abre-se a possibilidade de um trabalho mais aprofundado sobre o tema, avaliando sua funcionalidade segundo a norma [IEC std. 61850, 2003], com comunicação via fibra óptica, sincronização via GPS e coordenação entre equipamentos de proteção instalados em subestações distantes entre si.

---

# Referências Bibliográficas

- [Caminha, 1977] Caminha, A.C., “**Introdução à Proteção dos Sistemas Elétricos**”, Edgard Blüncher, São Paulo, 1977.
- [Anderson, 1999] Anderson, P.M., “**Power System Protection**”, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Canadá, 1999.
- [IEEE 100, 2000] IEEE 100, “**The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms**”, Seventh Edition, 2000.
- [IEEE std. 242, 2001] IEEE std. 242, “**Recommended Practice for Protection and coordination os Industrial and Commercial Power Systems**”, USA, 2000.
- [NFPA 70, 1999] NFPA 70, “**National Electrical Code**”, USA, 1999.
- [Mamede Filho, 2013] Mamede Filho, J., “**Manual de Equipamentos Elétricos**”, LTC, Rio de Janeiro, 2013.
- [NBR 6856, 2015] ABNT NBR 6856:2015, “**Transformador de Corrente - Especificação e Ensaios**”, 2015.
- [NBR 6855, 2009] ABNT NBR 6855:2009, “**Transformadores de Potencial Indutivos**”, 2009.
- [IEEE std. C37.2, 2008] IEEE std. C37.2, “**IEEE Standard Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, and Contact Designations**”, 2008.
- [IEC std. 61850, 2003] IEEE std. C37.2, “**Communication Networks and Systems in Substations**”, 2003.
- [IEEE Std. C57.12.59, 2001] IEEE std. C37.2, “**IEEE Guide for Dry-Type Transformer Through-Fault Current Duration**”, 2001.
- [IEEE Std. C57.12.01, 2005] IEEE std. C57.12.01, “**Standard General Requirements for Dry-Type Distribution and Power Transformers Including Those with Solid Cast and/or Resin Encapsulated Windings**”, 2005.
- [Soares, 2009] Soares, A.H.M., “**Metodologia Computacional para Coordenação Automática de Dispositivos de Proteção Contra Sobrecorrente em Sistemas Elétricos Industriais**”, Dissertação de Mestrado, EESC, São Carlos, 2009.
- [Souza, 2013] Souza, Talita da Cunha de, “**Estudo de Coordenação e Seletividade da Proteção de uma Planta Industrial**”, Projeto de Graduação, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2013.
- [Mattos, 2010] Mattos, Felipe Molinari de, “**Estudo de Caso de Coordenação e Seletividade da Proteção Contra Sobrecorrente em um Sistema Elétrico Industrial**”, Projeto de Graduação, EESC, São Carlos, 2010.
-

**Apêndice I –  
Dados de Entrada  
do Estudo de  
Curto-circuito**



---

ALL INFORMATION PRESENTED IS FOR REVIEW, APPROVAL  
INTERPRETATION AND APPLICATION BY A REGISTERED ENGINEER ONLY  
SKM DISCLAIMS ANY RESPONSIBILITY AND LIABILITY RESULTING  
FROM THE USE AND INTERPRETATION OF THIS SOFTWARE.

---

SKM POWER\*TOOLS FOR WINDOWS  
INPUT DATA REPORT  
COPYRIGHT SKM SYSTEMS ANALYSIS, INC. 1995-2009

---

ALL PU VALUES ARE EXPRESSED ON A 100 MVA BASE.

## FEEDER INPUT DATA

CABLE NAME	FEEDER FROM NAME	FEEDER TO NAME	QTY /PH	VOLTS L-L	LENGTH	FEEDER SIZE	FEEDER TYPE
C1	BUS-0029	OD-01	1	13800	15.0 METER	150	Copper
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:	
	+/- Impedance: 0.1720 + J		0.1890	Ohms/1000 m	0.0014 + J	0.0015	PU
	Z0 Impedance: 0.6594 + J	0.2597	Ohms/1000 m	0.0052 + J	0.0020	PU	
C10	MC-01	BUS-0012	4	480	100.0 METER	35	Copper
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:		
	+/- Impedance: 0.6300 + J		0.1100	Ohms/1000 m	6.84 + J	1.19	PU
	Z0 Impedance: 1.90 + J	2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	
C11	MC-01	BUS-0013	4	480	100.0 METER	35	Copper
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:		
	+/- Impedance: 0.6300 + J		0.1100	Ohms/1000 m	6.84 + J	1.19	PU
	Z0 Impedance: 1.90 + J	2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	
C12	MC-01	BUS-0014	4	480	100.0 METER	35	Copper
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:		
	+/- Impedance: 0.6300 + J		0.1100	Ohms/1000 m	6.84 + J	1.19	PU
	Z0 Impedance: 1.90 + J	2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	
C13	MC-01	BUS-0015	4	480	100.0 METER	16	Copper
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:		
	+/- Impedance: 1.38 + J		0.1200	Ohms/1000 m	14.97 + J	1.30	PU
	Z0 Impedance: 1.90 + J	2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	
C14	MC-01	BUS-0016	4	480	100.0 METER	16	Copper
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:		
	+/- Impedance: 1.38 + J		0.1200	Ohms/1000 m	14.97 + J	1.30	PU
	Z0 Impedance: 1.90 + J	2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	
C15	MC-01	BUS-0017	4	480	100.0 METER	16	Copper
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:		
	+/- Impedance: 1.38 + J		0.1200	Ohms/1000 m	14.97 + J	1.30	PU
	Z0 Impedance: 1.90 + J	2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	
C16	MC-01	BUS-0018	4	480	100.0 METER	16	Copper
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:		
	+/- Impedance: 1.38 + J		0.1200	Ohms/1000 m	14.97 + J	1.30	PU
	Z0 Impedance: 1.90 + J	2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	
C17	MC-01	BUS-0019	4	480	100.0 METER	16	Copper
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:		
	+/- Impedance: 1.38 + J		0.1200	Ohms/1000 m	14.97 + J	1.30	PU
	Z0 Impedance: 1.90 + J	2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	

FEEDER INPUT DATA

CABLE NAME	FEEDER FROM NAME	FEEDER TO NAME	QTY /PH	VOLTS L-L	LENGTH	FEEDER SIZE	FEEDER TYPE	
C18	MC-01	BUS-0020	4	480	100.0 METER	16	Copper	
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:			
	+/- Impedance:	1.38 + J	0.1200	Ohms/1000 m	14.97 + J	1.30	PU	
	Z0 Impedance:	1.90 + J	2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	
C19	MC-02	BUS-0028	1	4160	100.0 METER	25	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance:	0.9760 + J	0.2230	Ohms/1000 m	0.5640 + J	0.1289	PU	
	Z0 Impedance:	0.1437 + J	0.2278	Ohms/1000 m	0.0830 + J	0.1316	PU	
C2	QD-01	BUS-0003	1	13800	25.0 METER	70	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance:	0.3630 + J	0.2040	Ohms/1000 m	0.0048 + J	0.0027	PU	
	Z0 Impedance:	0.5318 + J	0.2920	Ohms/1000 m	0.0070 + J	0.0038	PU	
C20	MC-02	BUS-0027	1	4160	100.0 METER	25	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance:	0.9760 + J	0.2230	Ohms/1000 m	0.5640 + J	0.1289	PU	
	Z0 Impedance:	0.1437 + J	0.2278	Ohms/1000 m	0.0830 + J	0.1316	PU	
C21	MC-02	BUS-0026	1	4160	100.0 METER	25	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance:	0.9760 + J	0.2230	Ohms/1000 m	0.5640 + J	0.1289	PU	
	Z0 Impedance:	0.1437 + J	0.2278	Ohms/1000 m	0.0830 + J	0.1316	PU	
C22	MC-02	BUS-0025	1	4160	100.0 METER	25	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance:	0.9760 + J	0.2230	Ohms/1000 m	0.5640 + J	0.1289	PU	
	Z0 Impedance:	0.1437 + J	0.2278	Ohms/1000 m	0.0830 + J	0.1316	PU	
C23	MC-02	BUS-0024	1	4160	100.0 METER	25	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance:	0.9760 + J	0.2230	Ohms/1000 m	0.5640 + J	0.1289	PU	
	Z0 Impedance:	0.1437 + J	0.2278	Ohms/1000 m	0.0830 + J	0.1316	PU	
C24	MC-02	BUS-0023	1	4160	100.0 METER	25	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance:	0.9760 + J	0.2230	Ohms/1000 m	0.5640 + J	0.1289	PU	
	Z0 Impedance:	0.1437 + J	0.2278	Ohms/1000 m	0.0830 + J	0.1316	PU	
C25	MC-02	BUS-0022	1	4160	100.0 METER	25	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance:	0.9760 + J	0.2230	Ohms/1000 m	0.5640 + J	0.1289	PU	
	Z0 Impedance:	0.1437 + J	0.2278	Ohms/1000 m	0.0830 + J	0.1316	PU	

FEEDER INPUT DATA

CABLE NAME	FEEDER FROM NAME	FEEDER TO NAME	QTY /PH	VOLTS L-L	LENGTH	FEEDER SIZE	FEEDER TYPE	
C26	MC-02	BUS-0021	1	4160	100.0 METER	25	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance: 0.9760 + J		0.2230	Ohms/1000 m	0.5640 + J	0.1289	PU	
	Z0 Impedance: 0.1437 + J		0.2278	Ohms/1000 m	0.0830 + J	0.1316	PU	
C3	QD-01	BUS-0004	1	13800	25.0 METER	70	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance: 0.3630 + J		0.2040	Ohms/1000 m	0.0048 + J	0.0027	PU	
	Z0 Impedance: 0.5318 + J		0.2920	Ohms/1000 m	0.0070 + J	0.0038	PU	
C4	BUS-0005	MC-01	3	480	25.0 METER	150	Copper	
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:			
	+/- Impedance: 1.15 + J		1.10	Ohms/1000 m	4.16 + J	3.98	PU	
	Z0 Impedance: 1.90 + J		2.73	Ohms/1000 m	6.88 + J	9.89	PU	
C5	BUS-0006	MC-02	1	4160	25.0 METER	150	Copper	
	Duct Material: Non-Magnetic		Insulation Type:		EPR	Insulation Class:		MV
	+/- Impedance: 0.1720 + J		0.1860	Ohms/1000 m	0.0248 + J	0.0269	PU	
	Z0 Impedance: 0.1437 + J		0.2278	Ohms/1000 m	0.0208 + J	0.0329	PU	
C7	MC-01	BUS-0009	4	480	100.0 METER	35	Copper	
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:			
	+/- Impedance: 0.6300 + J		0.1100	Ohms/1000 m	6.84 + J	1.19	PU	
	Z0 Impedance: 1.90 + J		2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	
C8	MC-01	BUS-0010	4	480	100.0 METER	35	Copper	
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:			
	+/- Impedance: 0.6300 + J		0.1100	Ohms/1000 m	6.84 + J	1.19	PU	
	Z0 Impedance: 1.90 + J		2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	
C9	MC-01	BUS-0011	4	480	100.0 METER	35	Copper	
	Duct Material:		Insulation Type:		Insulation Class:			
	+/- Impedance: 0.6300 + J		0.1100	Ohms/1000 m	6.84 + J	1.19	PU	
	Z0 Impedance: 1.90 + J		2.73	Ohms/1000 m	20.65 + J	29.67	PU	

TRANSFORMER INPUT DATA

```

=====
TRANSFORMER PRIMARY RECORD VOLTS * SECONDARY RECORD VOLTS FULL-LOAD NOMINAL
NAME NO NAME L-L NO NAME L-L KVA KVA
=====
TF-01 BUS-0003 D 13800.0 BUS-0005 YG 480.00 1000.00 1000.00
      Pos. Seq. Z%: 0.862 + J 4.93 (Zpu 0.862 + j 4.93 ) Shell Type
      Zero Seq. Z%: 0.862 + J 4.93 (Sec 300.8 + j 4.93 Pri Open)
      Taps Pri. 0.000 % Sec. 0.000 % Phase Shift (Pri. Leading Sec.): 30.00 Deg.
Secondary Neutral Z: 0.230 + J 0.000 Ohms

TF-02 BUS-0004 D 13800.0 BUS-0006 YG 4160.00 2000.00 2000.00
      Pos. Seq. Z%: 0.645 + J 4.71 (Zpu 0.322 + j 2.35 ) Shell Type
      Zero Seq. Z%: 0.645 + J 4.71 (Sec 150.3 + j 2.35 Pri Open)
      Taps Pri. 0.000 % Sec. 0.000 % Phase Shift (Pri. Leading Sec.): 30.00 Deg.
Secondary Neutral Z: 8.65 + J 0.000 Ohms

```

## GENERATION CONTRIBUTION DATA

```
=====
BUS      CONTRIBUTION  VOLTAGE
NAME     NAME           L-L      MVA      X"d     X/R
=====
BUS-0029  CONCESIONARIA  13800.0  500.00
          Three Phase      Contribution:  500.00 MVA    0.1250
          Single Line to Ground Contribution:  175.00 MVA    0.1250
          Pos Sequence Impedance (100 MVA Base)  0.1985 + J    0.0248 PU
          Zero Sequence Impedance (100 MVA Base)  0.1701 + J    0.0213 PU
=====
```

## MOTOR CONTRIBUTION DATA

BUS NAME	CONTRIBUTION NAME	VOLTAGE L-L	BASE kVA	X"d	X/R	Motor Number
BUS-0009	M-01	480	47.88	0.1692	10.0	1.00
	Pos Sequence Impedance	(100 MVA Base)		35.34 + j		353.37 PU
BUS-0010	M-02	480	47.88	0.1692	10.0	1.00
	Pos Sequence Impedance	(100 MVA Base)		35.34 + j		353.37 PU
BUS-0011	M-03	480	47.88	0.1692	10.0	1.00
	Pos Sequence Impedance	(100 MVA Base)		35.34 + j		353.37 PU
BUS-0012	M-04	480	47.88	0.1692	10.0	1.00
	Pos Sequence Impedance	(100 MVA Base)		35.34 + j		353.37 PU
BUS-0013	M-05	480	47.88	0.1692	10.0	1.00
	Pos Sequence Impedance	(100 MVA Base)		35.34 + j		353.37 PU
BUS-0014	M-06	480	47.88	0.1692	10.0	1.00
	Pos Sequence Impedance	(100 MVA Base)		35.34 + j		353.37 PU
BUS-0015	M-07	480	69.17	0.1692	10.0	1.00
	Pos Sequence Impedance	(100 MVA Base)		24.46 + j		244.61 PU
BUS-0016	M-08	480	69.17	0.1692	10.0	1.00
	Pos Sequence Impedance	(100 MVA Base)		24.46 + j		244.61 PU
BUS-0017	M-09	480	69.17	0.1692	10.0	1.00
	Pos Sequence Impedance	(100 MVA Base)		24.46 + j		244.61 PU
BUS-0018	M-10	480	69.17	0.1692	10.0	1.00
	Pos Sequence Impedance	(100 MVA Base)		24.46 + j		244.61 PU

## MOTOR CONTRIBUTION DATA

BUS NAME	CONTRIBUTION NAME	VOLTAGE L-L	BASE kVA	X"d	X/R	Motor Number
BUS-0019	M-11	480	69.17	0.1692	10.0	1.00
	Pos	Sequence Impedance	(100 MVA Base)	24.46 + j		244.61 PU
BUS-0020	M-12	480	69.17	0.1692	10.0	1.00
	Pos	Sequence Impedance	(100 MVA Base)	24.46 + j		244.61 PU
BUS-0021	M-13	4160	275.64	0.1692	10.0	1.00
	Pos	Sequence Impedance	(100 MVA Base)	6.14 + j		61.38 PU
BUS-0022	M-14	4160	275.64	0.1692	10.0	1.00
	Pos	Sequence Impedance	(100 MVA Base)	6.14 + j		61.38 PU
BUS-0023	M-15	4160	275.64	0.1692	10.0	1.00
	Pos	Sequence Impedance	(100 MVA Base)	6.14 + j		61.38 PU
BUS-0024	M-16	4160	275.64	0.1692	10.0	1.00
	Pos	Sequence Impedance	(100 MVA Base)	6.14 + j		61.38 PU
BUS-0025	M-17	4160	457.24	0.1692	10.0	1.00
	Pos	Sequence Impedance	(100 MVA Base)	3.70 + j		37.00 PU
BUS-0026	M-18	4160	457.24	0.1692	10.0	1.00
	Pos	Sequence Impedance	(100 MVA Base)	3.70 + j		37.00 PU
BUS-0027	M-19	4160	457.24	0.1692	10.0	1.00
	Pos	Sequence Impedance	(100 MVA Base)	3.70 + j		37.00 PU
BUS-0028	M-20	4160	457.24	0.1692	10.0	1.00
	Pos	Sequence Impedance	(100 MVA Base)	3.70 + j		37.00 PU

**Apêndice II –  
Dados de Saída  
do Estudo de  
Curto-circuito**

07 Dec 2015 20:32:47

-----  
ALL INFORMATION PRESENTED IS FOR REVIEW, APPROVAL  
INTERPRETATION AND APPLICATION BY A REGISTERED ENGINEER ONLY  
SKM DISCLAIMS ANY RESPONSIBILITY AND LIABILITY RESULTING  
FROM THE USE AND INTERPRETATION OF THIS SOFTWARE.  
-----

SKM POWER\*TOOLS FOR WINDOWS  
SHORT CIRCUIT ANALYSIS REPORT  
COPYRIGHT SKM SYSTEMS ANALYSIS, INC. 1995-2009  
-----

ALL PU VALUES ARE EXPRESSED ON A 100 MVA BASE

SWING GENERATORS		
SOURCE NAME	VOLTAGE	ANGLE
=====		
CONCESIONARIA	1.00	0.00

## \*\*\*\*\* PRE - FAULT VOLTAGE PROFILE \*\*\*\*\*

BUS#	NAME	BASE VOLTS	PU VOLTS	ANGLE (D)
BUS-0003		13800.00	1.0000	0.
BUS-0004		13800.00	1.0000	0.
BUS-0005		480.00	1.0000	-30.
BUS-0006		4160.00	1.0000	-30.
BUS-0009		480.00	1.0000	-30.
BUS-0010		480.00	1.0000	-30.
BUS-0011		480.00	1.0000	-30.
BUS-0012		480.00	1.0000	-30.
BUS-0013		480.00	1.0000	-30.
BUS-0014		480.00	1.0000	-30.
BUS-0015		480.00	1.0000	-30.
BUS-0016		480.00	1.0000	-30.
BUS-0017		480.00	1.0000	-30.
BUS-0018		480.00	1.0000	-30.
BUS-0019		480.00	1.0000	-30.
BUS-0020		480.00	1.0000	-30.
BUS-0021		4160.00	1.0000	-30.
BUS-0022		4160.00	1.0000	-30.
BUS-0023		4160.00	1.0000	-30.
BUS-0024		4160.00	1.0000	-30.
BUS-0025		4160.00	1.0000	-30.
BUS-0026		4160.00	1.0000	-30.
BUS-0027		4160.00	1.0000	-30.
BUS-0028		4160.00	1.0000	-30.
BUS-0029		13800.00	1.0000	0.
MC-01		480.00	1.0000	-30.
MC-02		4160.00	1.0000	-30.
OD-01		13800.00	1.0000	0.

\*\*\*\*\* F A U L T   A N A L Y S I S   R E P O R T \*\*\*\*\*

FAULT TYPE: 3PH  
MODEL INDUCTION MOTOR CONTRIBUTION: YES  
MODEL TRANSFORMER TAPS: YES  
MODEL TRANSFORMER PHASE SHIFT: YES

=====

MC-01 VOLTAGE BASE LL: 480.0 (VOLTS)  
 INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 16279.7 / -96. ( AMPS/DEG )  
 THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 2.978 +j 6.762 (PU)  
 THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 2.271

ASYM	RMS	INTERRUPTING AMPS			
1/2 CYCLES	2 CYCLES	3 CYCLES	5 CYCLES	8 CYCLES	
17272.6	16280.0	16279.7	16279.7	16279.7	

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES ( PU / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0

INI. RMS FAULTED CURRENT ( AMPS / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 16279.7 / -96.2 16279.7 / 143.8 16279.7 / 23.8

MC-01 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES ( PU / DEG ) =====  
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-0005	480.0	0.5560 / -46.	0.5560 / -166.	0.5560 / 74.
BUS-0009	480.0	0.0194 / -103.	0.0194 / 137.	0.0194 / 17.
BUS-0010	480.0	0.0194 / -103.	0.0194 / 137.	0.0194 / 17.
BUS-0011	480.0	0.0194 / -103.	0.0194 / 137.	0.0194 / 17.
BUS-0012	480.0	0.0194 / -103.	0.0194 / 137.	0.0194 / 17.
BUS-0013	480.0	0.0194 / -103.	0.0194 / 137.	0.0194 / 17.
BUS-0014	480.0	0.0194 / -103.	0.0194 / 137.	0.0194 / 17.
BUS-0015	480.0	0.0603 / -106.	0.0603 / 134.	0.0603 / 14.
BUS-0016	480.0	0.0603 / -106.	0.0603 / 134.	0.0603 / 14.
BUS-0017	480.0	0.0603 / -106.	0.0603 / 134.	0.0603 / 14.
BUS-0018	480.0	0.0603 / -106.	0.0603 / 134.	0.0603 / 14.
BUS-0019	480.0	0.0603 / -106.	0.0603 / 134.	0.0603 / 14.
BUS-0020	480.0	0.0603 / -106.	0.0603 / 134.	0.0603 / 14.

MC-01

===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS ( AMPS ) =====

FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

		BRANCH NAME	VBASE	LL	-PHASE A-	-PHASE B-	-PHASE C-
BUS-0005	MC-01	C4	480.	11619.0/	-90.	11619.0/ 150.	11619.0/ 30.
MC-01	BUS-0009	C7	480.	336.9/	67.	336.9/ -53.	336.9/-173.
MC-01	BUS-0010	C8	480.	336.9/	67.	336.9/ -53.	336.9/-173.
MC-01	BUS-0011	C9	480.	336.9/	67.	336.9/ -53.	336.9/-173.
MC-01	BUS-0012	C10	480.	336.9/	67.	336.9/ -53.	336.9/-173.
MC-01	BUS-0013	C11	480.	336.9/	67.	336.9/ -53.	336.9/-173.
MC-01	BUS-0014	C12	480.	336.9/	67.	336.9/ -53.	336.9/-173.
MC-01	BUS-0015	C13	480.	482.9/	69.	482.9/ -51.	482.9/-171.
MC-01	BUS-0016	C14	480.	482.9/	69.	482.9/ -51.	482.9/-171.
MC-01	BUS-0017	C15	480.	482.9/	69.	482.9/ -51.	482.9/-171.
MC-01	BUS-0018	C16	480.	482.9/	69.	482.9/ -51.	482.9/-171.
MC-01	BUS-0019	C17	480.	482.9/	69.	482.9/ -51.	482.9/-171.
MC-01	BUS-0020	C18	480.	482.9/	69.	482.9/ -51.	482.9/-171.

-----

MC-02 VOLTAGE BASE LL: 4160.0 (VOLTS)  
 INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 7985.7 / -109. ( AMPS/DEG )  
 THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 0.331 +j 1.706 (PU)  
 THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 5.160

ASYM	RMS	INTERRUPTING AMPS			
1/2 CYCLES	2 CYCLES	3 CYCLES	5 CYCLES	8 CYCLES	
10075.7	8046.8	7991.1	7985.8	7985.7	

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES ( PU / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0

INI. RMS FAULTED CURRENT ( AMPS / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 7985.7 / -109.0 7985.7 / 131.0 7985.7 / 11.0

MC-02 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES ( PU / DEG ) =====  
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 BUS-0006 4160.0 0.0148 / -60. 0.0148 / -180. 0.0148 / 60.  
 BUS-0021 4160.0 0.0093 / -101. 0.0093 / 139. 0.0093 / 19.  
 BUS-0022 4160.0 0.0093 / -101. 0.0093 / 139. 0.0093 / 19.  
 BUS-0023 4160.0 0.0093 / -101. 0.0093 / 139. 0.0093 / 19.  
 BUS-0024 4160.0 0.0093 / -101. 0.0093 / 139. 0.0093 / 19.  
 BUS-0025 4160.0 0.0155 / -101. 0.0155 / 139. 0.0155 / 19.  
 BUS-0026 4160.0 0.0155 / -101. 0.0155 / 139. 0.0155 / 19.  
 BUS-0027 4160.0 0.0155 / -101. 0.0155 / 139. 0.0155 / 19.  
 BUS-0028 4160.0 0.0155 / -101. 0.0155 / 139. 0.0155 / 19.

MC-02 ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS ( AMPS ) =====  
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES  
 BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-  
 BUS-0006 MC-02 C5 4160. 5614.0 / -107. 5614.0 / 133. 5614.0 / 13.  
 MC-02 BUS-0021 C26 4160. 224.3 / 66. 224.3 / -54. 224.3 / -174.  
 MC-02 BUS-0022 C25 4160. 224.3 / 66. 224.3 / -54. 224.3 / -174.  
 MC-02 BUS-0023 C24 4160. 224.3 / 66. 224.3 / -54. 224.3 / -174.

MC-02

===== FIRST BUS FROSYSTEM BRANCH FLOWS ( AMPS ) =====

MC-02	BUS-0024	C23	4160.	224.3/	66.	224.3/	-54.	224.3/-174.
MC-02	BUS-0025	C22	4160.	371.3/	67.	371.3/	-53.	371.3/-173.
MC-02	BUS-0026	C21	4160.	371.3/	67.	371.3/	-53.	371.3/-173.
MC-02	BUS-0027	C20	4160.	371.3/	67.	371.3/	-53.	371.3/-173.
MC-02	BUS-0028	C19	4160.	371.3/	67.	371.3/	-53.	371.3/-173.

-----

QD-01 VOLTAGE BASE LL: 13800.0 (VOLTS)  
 INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 20941.0 / -9. ( AMPS/DEG )  
 THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 0.197 +j 0.032 (PU)  
 THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 0.161

ASYM	RMS	INTERRUPTING AMPS			
1/2 CYCLES	2 CYCLES	3 CYCLES	5 CYCLES	8 CYCLES	
20941.0	20941.0	20941.0	20941.0	20941.0	20941.0

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES ( PU / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0

INI. RMS FAULTED CURRENT ( AMPS / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 20941.0 / -9.2 20941.0 / -129.2 20941.0 / 110.8

QD-01 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES ( PU / DEG ) =====  
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 BUS-0003 13800.0 0.0002 / -46. 0.0002 / -166. 0.0002 / 74.  
 BUS-0004 13800.0 0.0007 / -54. 0.0007 / -174. 0.0007 / 66.  
 BUS-0029 13800.0 0.0100 / 40. 0.0100 / -80. 0.0100 / 160.  
 QD-01 ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS ( AMPS ) =====  
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES  
 BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-  
 QD-01 BUS-0003 C2 13800. 122.4/ 104. 122.4/ -16. 122.4/ -136.  
 QD-01 BUS-0004 C3 13800. 508.2/ 97. 508.2/ -23. 508.2/ -143.  
 BUS-0029 QD-01 C1 13800. 20759.3/ -7. 20759.3/ -127. 20759.3/ 113.

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* F A U L T   A N A L Y S I S   R E P O R T \*\*\*\*\*

FAULT TYPE: SLG  
MODEL INDUCTION MOTOR CONTRIBUTION: YES  
MODEL TRANSFORMER TAPS: YES  
MODEL TRANSFORMER PHASE SHIFT: YES

=====

MC-01 VOLTAGE BASE LL: 480.0 (VOLTS)  
 INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 1145.6 / -35. ( AMPS/DEG )  
 THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 313.699 +j 28.338 (PU)  
 THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 0.090  
 SEQUENCE EQUIVALENT IMPEDANCE Z1: 2.978 +j 6.762 (PU)  
 Z2: 2.978 +j 6.762 (PU)  
 Z0: 307.744 +j 14.815 (PU)

ASYM	RMS	INTERRUPTING AMPS			
1/2 CYCLES	2 CYCLES	3 CYCLES	5 CYCLES	8 CYCLES	
1145.6	1145.6	1145.6	1145.6	1145.6	1145.6

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES ( PU / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 0.0000 / 0.0 1.6722 / 178.8 1.7348 / 117.7

INI. RMS FAULTED CURRENT ( AMPS / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 1145.6 / -35.2 0.0 / 0.0 0.0 / 0.0

MC-01 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES ( PU / DEG ) =====  
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-0005	480.0	0.0643 / 18.	1.6491 / 178.	1.7327 / 117.
BUS-0009	480.0	0.0009 / -42.	1.6725 / 179.	1.7352 / 118.
BUS-0010	480.0	0.0009 / -42.	1.6725 / 179.	1.7352 / 118.
BUS-0011	480.0	0.0009 / -42.	1.6725 / 179.	1.7352 / 118.
BUS-0012	480.0	0.0009 / -42.	1.6725 / 179.	1.7352 / 118.
BUS-0013	480.0	0.0009 / -42.	1.6725 / 179.	1.7352 / 118.
BUS-0014	480.0	0.0009 / -42.	1.6725 / 179.	1.7352 / 118.
BUS-0015	480.0	0.0028 / -45.	1.6732 / 179.	1.7361 / 118.
BUS-0016	480.0	0.0028 / -45.	1.6732 / 179.	1.7361 / 118.
BUS-0017	480.0	0.0028 / -45.	1.6732 / 179.	1.7361 / 118.
BUS-0018	480.0	0.0028 / -45.	1.6732 / 179.	1.7361 / 118.
BUS-0019	480.0	0.0028 / -45.	1.6732 / 179.	1.7361 / 118.
BUS-0020	480.0	0.0028 / -45.	1.6732 / 179.	1.7361 / 118.

```
MC-01          ===== INI.    RMS    SYSTEM BRANCH FLOWS ( AMPS ) =====
                FIRST BUS FROM FAULT  AT TIME =    0.5 CYCLES
                BRANCH NAME  VBASE LL  -PHASE A-    -PHASE B-    -PHASE C-
BUS-0005      MC-01          C4           480.    925.5/ -31.    115.4/ -51.    115.4/ -51.
MC-01        BUS-0009      C7           480.    15.8/ 128.    7.9/ -52.    7.9/ -52.
MC-01        BUS-0010      C8           480.    15.8/ 128.    7.9/ -52.    7.9/ -52.
MC-01        BUS-0011      C9           480.    15.8/ 128.    7.9/ -52.    7.9/ -52.
MC-01        BUS-0012      C10          480.    15.8/ 128.    7.9/ -52.    7.9/ -52.
MC-01        BUS-0013      C11          480.    15.8/ 128.    7.9/ -52.    7.9/ -52.
MC-01        BUS-0014      C12          480.    15.8/ 128.    7.9/ -52.    7.9/ -52.
MC-01        BUS-0015      C13          480.    22.7/ 130.    11.3/ -50.    11.3/ -50.
MC-01        BUS-0016      C14          480.    22.7/ 130.    11.3/ -50.    11.3/ -50.
MC-01        BUS-0017      C15          480.    22.7/ 130.    11.3/ -50.    11.3/ -50.
MC-01        BUS-0018      C16          480.    22.7/ 130.    11.3/ -50.    11.3/ -50.
MC-01        BUS-0019      C17          480.    22.7/ 130.    11.3/ -50.    11.3/ -50.
MC-01        BUS-0020      C18          480.    22.7/ 130.    11.3/ -50.    11.3/ -50.
```

-----

MC-02 VOLTAGE BASE LL: 4160.0 (VOLTS)  
 INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 275.6 / -32. ( AMPS/DEG )  
 THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 150.989 +j 5.798 (PU)  
 THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 0.038  
 SEQUENCE EQUIVALENT IMPEDANCE Z1: 0.331 +j 1.706 (PU)  
 Z2: 0.331 +j 1.706 (PU)  
 Z0: 150.328 +j 2.386 (PU)

ASYM	RMS	INTERRUPTING AMPS			
1/2 CYCLES	2 CYCLES	3 CYCLES	5 CYCLES	8 CYCLES	
275.6	275.6	275.6	275.6	275.6	275.6

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES ( PU / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 0.0000 / 0.0 1.7086 / 179.2 1.7424 / 118.9

INI. RMS FAULTED CURRENT ( AMPS / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 275.6 / -32.2 0.0 / 0.0 0.0 / 0.0

MC-02 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES ( PU / DEG ) =====  
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 BUS-0006 4160.0 0.0006 / 21. 1.7086 / 179. 1.7424 / 119.  
 BUS-0021 4160.0 0.0002 / -24. 1.7087 / 179. 1.7424 / 119.  
 BUS-0022 4160.0 0.0002 / -24. 1.7087 / 179. 1.7424 / 119.  
 BUS-0023 4160.0 0.0002 / -24. 1.7087 / 179. 1.7424 / 119.  
 BUS-0024 4160.0 0.0002 / -24. 1.7087 / 179. 1.7424 / 119.  
 BUS-0025 4160.0 0.0004 / -24. 1.7088 / 179. 1.7425 / 119.  
 BUS-0026 4160.0 0.0004 / -24. 1.7088 / 179. 1.7425 / 119.  
 BUS-0027 4160.0 0.0004 / -24. 1.7088 / 179. 1.7425 / 119.  
 BUS-0028 4160.0 0.0004 / -24. 1.7088 / 179. 1.7425 / 119.

MC-02 ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS ( AMPS ) =====  
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES  
 BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-  
 BUS-0006 MC-02 C5 4160. 221.0/ -31. 27.4/ -37. 27.4/ -37.  
 MC-02 BUS-0021 C26 4160. 5.2/ 143. 2.6/ -37. 2.6/ -37.  
 MC-02 BUS-0022 C25 4160. 5.2/ 143. 2.6/ -37. 2.6/ -37.  
 MC-02 BUS-0023 C24 4160. 5.2/ 143. 2.6/ -37. 2.6/ -37.

MC-02                   ===== FIRST BUS FROSYSTEM BRANCH FLOWS ( AMPS ) =====

MC-02	BUS-0024	C23	4160.	5.2/ 143.	2.6/ -37.	2.6/ -37.
MC-02	BUS-0025	C22	4160.	8.5/ 143.	4.3/ -37.	4.3/ -37.
MC-02	BUS-0026	C21	4160.	8.5/ 143.	4.3/ -37.	4.3/ -37.
MC-02	BUS-0027	C20	4160.	8.5/ 143.	4.3/ -37.	4.3/ -37.
MC-02	BUS-0028	C19	4160.	8.5/ 143.	4.3/ -37.	4.3/ -37.

-----

QD-01 VOLTAGE BASE LL: 13800.0 (VOLTS)  
 INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 21776.3 / -9. ( AMPS/DEG )  
 THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 0.570 +j 0.087 (PU)  
 THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 0.152  
 SEQUENCE EQUIVALENT IMPEDANCE Z1: 0.197 +j 0.032 (PU)  
 Z2: 0.197 +j 0.032 (PU)  
 Z0: 0.175 +j 0.023 (PU)

ASYM	RMS	INTERRUPTING AMPS			
1/2 CYCLES	2 CYCLES	3 CYCLES	5 CYCLES	8 CYCLES	
21776.3	21776.3	21776.3	21776.3	21776.3	21776.3

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES ( PU / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 0.0000 / 0.0 0.9729 / -118.2 0.9885 / 117.7

INI. RMS FAULTED CURRENT ( AMPS / DEG )  
 AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 21776.3 / -8.7 0.0 / -8.7 0.0 / -8.7

QD-01 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES ( PU / DEG ) =====  
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES  
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---  
 BUS-0003 13800.0 0.0001 / -46. 0.9729 /-118. 0.9885 / 118.  
 BUS-0004 13800.0 0.0005 / -53. 0.9728 /-118. 0.9887 / 118.  
 BUS-0029 13800.0 0.0161 / 24. 0.9698 /-118. 0.9852 / 117.  
 QD-01 ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS ( AMPS ) =====  
 FIRST BUS FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES  
 BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-  
 QD-01 BUS-0003 C2 13800. 84.8/ 105. 42.4/ -75. 42.4/ -75.  
 QD-01 BUS-0004 C3 13800. 352.3/ 97. 176.1/ -83. 176.1/ -83.  
 BUS-0029 QD-01 C1 13800. 21648.4/ -8. 218.3/ -81. 218.3/ -81.

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* F A U L T A N A L Y S I S S U M M A R Y \*\*\*\*\*

-----

BUS NAME	VOLTAGE	AVAILABLE	FAULT CURRENT		
	L-L	3 PHASE	X/R	LINE/GRND	X/R
MC-01	480.	16279.7	2.3	1145.62	0.1
MC-02	4160.	7985.7	5.2	275.55	0.0
OD-01	13800.	20941.0	0.2	21776.29	0.2

-----

\*\*\*\*\* FAULT ANALYSIS REPORT COMPLETED \*\*\*\*\*



# **Anexo I – Dados dos Cabos de Baixa Tensão**

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### Dimensionamento

#### > OS SEIS CRITÉRIOS TÉCNICOS DE DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES ELÉTRICOS:

Chamamos de dimensionamento técnico de um circuito à aplicação dos diversos itens da NBR 5410/2004 relativos à escolha da seção de um condutor e do seu respectivo dispositivo de proteção. Os seis critérios da norma são:

- seção mínima; conforme 6.2.6;
- capacidade de condução de corrente; conforme 6.2.5;
- queda de tensão; conforme 6.2.7;
- sobrecarga; conforme 5.3.3;
- curto-circuito; conforme 5.3.5;
- proteção contra choques elétricos; conforme 5.1.2.2.4 (quando aplicável)

Para considerarmos um circuito completa e corretamente dimensionado, é necessário realizar os seis cálculos acima, cada um resultando em uma seção e considerar como seção final aquela que é a maior dentre todas as obtidas.

Especial atenção deve ser dispensada ao dimensionamento de condutores em circuitos onde haja a presença de harmônicas. Esse assunto é abordado no item 6.2.6.2.5 da NBR 5410/2004.

#### > SEÇÃO DO CONDUTOR NEUTRO:

Conforme 6.2.6.2 da NBR 5410/2004, o condutor neutro deve possuir, no mínimo, a mesma seção que os condutores fase nos seguintes casos:

- em circuitos monofásicos e bifásicos;
- em circuitos trifásicos, quando a seção do condutor fase for igual ou inferior a  $25\text{mm}^2$ ;
- em circuitos trifásicos, quando for prevista a presença de harmônicas.

Conforme 6.2.6.2.6 da NBR 5410/2004, apenas nos circuitos trifásicos, é admitida a redução do condutor neutro quando as três condições abaixo forem simultaneamente atendidas:

- quando a seção do neutro for no mínimo igual a  $25\text{mm}^2$ ;
- caso a máxima corrente susceptível de percorrer o neutro seja inferior à capacidade de condução de corrente correspondente à seção reduzida do condutor neutro;
- quando o condutor neutro for protegido contra sobrecorrentes.

Os valores mínimos da seção do condutor neutro nestes casos estão indicados na tabela 14 a seguir.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### Dimensionamento

#### ➤ O CONDUTOR DE PROTEÇÃO (FIO TERRA):

A NBR 5410/2004 recomenda o uso de condutores de proteção (designados por PE), que, preferencialmente, deverão ser condutores isolados, cabos unipolares ou veias de cabos multipolares.

A tabela 15 a seguir, indica a seção mínima do condutor de proteção em função da seção dos condutores fase do circuito. Em alguns casos, admite-se o uso de um condutor com a função dupla de neutro e condutor de proteção. É o condutor PEN (PE + N), cuja seção mínima é de 10mm<sup>2</sup>, se for condutor isolado ou cabo unipolar, ou de 4mm<sup>2</sup>, se for uma veia de um cabo multipolar.

#### ➤ CORES DOS CONDUTORES NEUTRO E DE PROTEÇÃO:

A NBR 5410/2004 prevê, no item 6.1.5.3, que os condutores de um circuito devem ser identificados, porém deixa em aberto o modo como fazer esta identificação. No caso de o usuário desejar fazer a identificação por cores, então devem ser adotadas aquelas prescritas na norma, a saber:

- neutro (N) = azul-claro;
- condutor de proteção (PE) = verde-amarela;
- condutor PEN = azul-claro com indicação verde-amarela nos pontos visíveis.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

TABELA 1 - (\*) MÉTODOS DE INSTALAÇÃO E DETERMINAÇÃO DAS COLUNAS DAS TABELAS 2, 3, 4, 5, 10 E 11.

tipo de linha elétrica	método de instalação (1)	condutor isolado	cabo unipolar	cabo multipolar
		cabo superastic cabo superastic flex fio superastic cabo afumex 750V	cabo sintenax flex cabo sintenax cabo eprotenax gsette cabo eprotenax cabo voltalene cabo afumex	cabo sintenax flex cabo sintenax cabo eprotenax gsette cabo eprotenax cabo voltalene cabo afumex
Afastado da parede ou suspenso por cabo de suporte (2)	15/17	—	F	E
Bandejas não perfuradas ou prateleiras	12	—	C	C
Bandejas perfuradas (horizontal ou vertical)	13	—	F	E
Canaleta fechada no piso, solo ou parede	33/34/72/72A/75/75A	B1	B1	B2
Canaleta ventilada no piso ou solo	43	—	B1	B1
Diretamente em espaço de construção - $1,5D_e \leq V < 5D_e$ (4)	21	—	B2	B2
Diretamente em espaço de construção - $5D_e \leq V \leq 50D_e$ (4)	21	—	B1	B1
Diretamente enterrado	63	—	D	D
Eletrocalha	31/31A/32/32A/35/36	B1	B1	B2
Eletroduto aparente	3/4/5/6	B1	B1	B2
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria	27	—	B2	B2
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria - $1,5D_e \leq V < 5D_e$ (4)	26	B2	—	—
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria - $5D_e \leq V < 50D_e$ (4)	26	B1	—	—
Eletroduto em canaleta fechada - $1,5D_e \leq V < 20D_e$ (4)	41	B2	B2	—
Eletroduto em canaleta fechada - $V \geq 20D_e$ (4)	41	B1	B1	—
Eletroduto em canaleta ventilada no piso ou solo	42	B1	—	—
Eletroduto em espaço de construção	23/25	—	B2	B2
Eletroduto em espaço de construção - $1,5D_e \leq V < 20D_e$ (4)	22/24	B2	—	—
Eletroduto em espaço de construção - $V \geq 20D_e$ (4)	22/24	B1	—	—
Eletroduto embutido em alvenaria	7/8	B1	B1	B2
Eletroduto embutido em caixilho de porta ou janela	73/74	A1	—	—
Eletroduto embutido em parede isolante	1/2	A1	A1	A1
Eletroduto enterrado no solo ou canaleta não ventilada no solo	61/61A	—	D	D
Embutimento direto em alvenaria	52/53	—	C	C
Embutimento direto em caixilho de porta ou janela	73/74	—	A1	A1
Embutimento direto em parede isolante	51	—	—	A1
Fixação direta à parede ou teto (3)	11/11A /11B	—	C	C
Forro falso ou piso elevado - $1,5D_e \leq V < 5D_e$ (4)	28	—	B2	B2
Forro falso ou piso elevado - $5D_e \leq V \leq 50D_e$ (4)	28	—	B1	B1
Leitos, suportes horizontais ou telas	14/16	—	F	E
Moldura	71	A1	A1	—
Sobre isoladores	18	G	—	—

(1) método de instalação conforme a tabela 33 da NBR 5410/2004 (2) distância entre o cabo e a parede  $\geq 0,3$  diâmetro externo do cabo (3) distância entre o cabo e a parede  $< 0,3$  diâmetro externo do cabo (4)  $V$  = altura do espaço de construção ou da canaleta/ $D_e$  = diâmetro externo do cabo

(\*) Os locais da tabela assinalados por (—) significam que os cabos correspondentes não podem, de acordo com a NBR 5410/2004, ser instalados na maneira especificada ou então trata-se de uma maneira de instalar não usual para o tipo de cabo escolhido.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

**TABELA 2 - (\*) CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÈRES, PARA OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA, A1, A2, B1, B2, C e D DA TABELA 1 FIOS E CABOS ISOLADOS EM TERMOPLÁSTICO, CONDUTOR DE COBRE.**

- Cabo Superastic, Cabo Superastic Flex, Fio Superastic, Cabo Sintenax, Cabo Sintenax Flex e Afumex 750V;
- 2 e 3 condutores carregados;
- Temperatura no condutor: 70 °C;
- Temperaturas: 30 °C (ambiente) e 20 °C (solo).

seções nominais (mm <sup>2</sup> )	métodos de instalação definidos na tabela 1											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652

(\*) De acordo com a tabela 36 da NBR 5410/2004.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

**TABELA 3 - (\*) CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÈRES, PARA OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA A1, A2, B1, B2, C e D DA TABELA 1 CABOS ISOLADOS EM TERMOFIXO, CONDUTOR DE COBRE.**

- Cabos Voltalene, Eprotenax, Eprotenax Gsette e Afumex 0,6/1kV;
- 2 e 3 condutores carregados;
- Temperatura no condutor: 90 °C;
- Temperaturas: 30 °C (ambiente), 20 °C (solo).

seções nominais (mm <sup>2</sup> )	métodos de instalação definidos na tabela 1											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados	2 condutores carregados	3 condutores carregados
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
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	99	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
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1122	923	711	596
800	885	792	805	721	1158	1020	952	837	1311	1074	811	679
1000	1014	908	923	826	1332	1173	1088	957	1515	1237	916	767

(\*) De acordo com a tabela 37 da NBR 5410/2004.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

**TABELA 4 - (\*) CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÈRES, PARA OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA E, F, G DA TABELA 1 FIOS E CABOS ISOLADOS EM TERMOPLÁSTICO, CONDUTOR DE COBRE.**

- Cabo Superastic, Cabo Superastic Flex, Fio Superastic, Cabo Sintenax, Cabo Sintenax Flex e Afumex 750V;
- Temperatura no condutor: 70 °C;
- Temperatura ambiente: 30 °C.

seções nominais  (mm <sup>2</sup> )	métodos de instalação definidos na tabela 1							
	cabos multipolares		cabos unipolares ou condutores isolados					
	E	E	F	F	F	G	G	
	cabos bipolares	cabos tripolares e tetrapolares	2 condutores isolados ou 2 cabos unipolares	condutores isolados ou cabos unipolares em trifólio	3 cabos unipolares ou 3 condutores isolados contíguos	espaçados horizontalmente	espaçados verticalmente	De
	[1]	[2]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	
0,5	11	9	11	8	9	12	10	
0,75	14	12	14	11	11	16	13	
1	17	14	17	13	14	19	16	
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21	
2,5	30	25	31	24	25	34	29	
4	40	34	41	33	34	45	39	
6	51	43	53	43	45	59	51	
10	70	60	73	60	63	81	71	
16	94	80	99	82	85	110	97	
25	119	101	131	110	114	146	130	
35	148	126	162	137	143	181	162	
50	180	153	196	167	174	219	197	
70	232	196	251	216	225	281	254	
95	282	238	304	264	275	341	311	
120	328	276	352	308	321	396	362	
150	379	319	406	356	372	456	419	
185	434	364	463	409	427	521	480	
240	514	430	546	485	507	615	569	
300	593	497	629	561	587	709	659	
400	715	597	754	656	689	852	795	
500	826	689	868	749	789	982	920	
630	958	789	1005	855	905	1138	1070	
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251	
1000	1292	1073	1346	1079	1296	1528	1448	

(\*) De acordo com a tabela 38 da NBR 5410/2004.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

**TABELA 5 - (\*) CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÈRES, PARA OS MÉTODOS DE REFERÊNCIA E, F, G DA TABELA 1 CABOS ISOLADOS EM TERMOFIXO, CONDUTOR DE COBRE.**

- Cabos Voltalene, Eprotenax, Eprotenax Gsette e Afumex 0,6/1kV;
- Temperatura no condutor: 90 °C;
- Temperatura ambiente: 30 °C.

seções nominais  (mm <sup>2</sup> )	métodos de instalação definidos na tabela 1							
	cabos multipolares		cabos unipolares ou condutores isolados					
	E	E	F	F	F	G	G	
	cabos bipolares	cabos tripolares e tetrapolares	2 condutores isolados ou 2 cabos unipolares	condutores isolados ou cabos unipolares em trifólio	3 cabos unipolares ou 3 condutores isolados contíguos	espaçados horizontalmente	espaçados verticalmente	De
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
0,5		13	12	13	10	10	15	12
0,75		17	15	17	13	14	19	16
1		21	18	21	16	17	23	19
1,5		26	23	27	21	22	30	25
2,5		36	32	37	29	30	41	35
4		49	42	50	40	42	56	48
6		63	54	65	53	55	73	63
10		86	75	90	74	77	101	88
16		115	100	121	101	105	137	120
25		149	127	161	135	141	182	161
35		185	158	200	169	176	226	201
50		225	192	242	207	216	275	246
70		289	246	310	268	279	353	318
95		352	298	377	328	342	430	389
120		410	346	437	383	400	500	454
150		473	399	504	444	464	577	527
185		542	456	575	510	533	661	605
240		641	538	679	607	634	781	719
300		741	621	783	703	736	902	833
400		892	745	940	823	868	1085	1008
500		1030	859	1083	946	998	1253	1169
630		1196	995	1254	1088	1151	1454	1362
800		1396	1159	1460	1252	1328	1696	1595
1000		1613	1336	1683	1420	1511	1958	1849

(\*) De acordo com a tabela 39 da NBR 5410/2004.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

**TABELA 6 - (\*) FATORES DE CORREÇÃO PARA TEMPERATURAS AMBIENTES DIFERENTES DE 30°C PARA LINHAS NÃO SUBTERRÂNEAS E DE 20°C (TEMPERATURA DO SOLO) PARA LINHAS SUBTERRÂNEAS.**

temperatura (°C)	isolação			
	PVC ambiente	EPR ou XLPE	PVC do solo	EPR ou XLPE
10	1,22	1,15	1,10	1,07
15	1,17	1,12	1,05	1,04
20	1,12	1,08	1	1
25	1,06	1,04	0,95	0,96
30	1	1	0,89	0,93
35	0,94	0,96	0,84	0,89
40	0,87	0,91	0,77	0,85
45	0,79	0,87	0,71	0,80
50	0,71	0,82	0,63	0,76
55	0,61	0,76	0,55	0,71
60	0,50	0,71	0,45	0,65
65	—	0,65	—	0,60
70	—	0,58	—	0,53
75	—	0,50	—	0,46
80	—	0,41	—	0,38

(\*) De acordo com a tabela 40 da NBR 5410/2004.

### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

**TABELA 7 - (\*) FATORES DE CORREÇÃO PARA CABOS CONTIDOS EM ELETRODUTOS ENTERRADOS NO SOLO, COM RESISTIVIDADES TÉRMICAS DIFERENTES DE 2,5 K.m/W, A SEREM APLICADOS ÀS CAPACIDADES DE CONDUÇÃO DE CORRENTE DO MÉTODO DE REFERÊNCIA D.**

resistividade térmica (K.m/W)	1	1,5	2	3
fator de correção	1,18	1,10	1,05	0,96

(\*) De acordo com a tabela 41 da NBR 5410/2004.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### FATORES DE CORREÇÃO PARA AGRUPAMENTO DE CIRCUITOS

**TABELA 8 - (\*) FATORES DE CORREÇÃO APLICÁVEIS A CONDUTORES AGRUPADOS EM FEIXE (EM LINHAS ABERTAS OU FECHADAS) E A CONDUTORES AGRUPADOS NUM MESMO PLANO, EM CAMADA ÚNICA.**

ref.	forma de agrupamento dos condutores	número de circuitos ou de cabos multipolares												tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	20	
1	em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos: em condutos fechados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	camada única sobre parede, piso ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70		0,70	36 a 37 (método C)	
3	camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61		0,61		
4	camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72		0,72	38 e 39 (métodos E e F)	
5	camada única sobre leito, suporte, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78		0,78		

(\*) De acordo com a tabela 42 da NBR 5410/2004.

#### NOTAS:

- Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.
- Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.
- O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se:
  - à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou;
  - à quantidade de cabos multipolares que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).
- Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 2 a 5, deve ser então efetuada:
  - na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e
  - na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.
- Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quando de N/3 circuitos com três condutores carregados.
- Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### FATORES DE CORREÇÃO PARA AGRUPAMENTO DE CIRCUITOS

**TABELA 9 - (\*) FATORES DE CORREÇÃO APLICÁVEIS A AGRUPAMENTOS CONSISTINDO EM MAIS UMA CAMADA DE CONDUTORES - MÉTODOS DE REFERÊNCIA C (TABELAS 36 E 37), E e F (TABELAS 38 E 39).**

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

(\*) De acordo com a tabela 43 da NBR 5410/2004.

#### NOTAS:

- A)** Os fatores são válidos independentemente da disposição da camada, se horizontal ou vertical.  
**B)** Sobre condutores agrupados em uma única camada, ver tabela 42 (linhas 2 a 5 da tabela).  
**C)** Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.

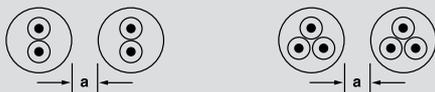
### FATORES DE CORREÇÃO PARA AGRUPAMENTO DE CIRCUITOS

**TABELA 10 - (\*) FATORES DE AGRUPAMENTO PARA MAIS DE UM CIRCUITO CABOS UNIPOLARES OU CABOS MULTIPOLARES DIRETAMENTE ENTERRADOS (MÉTODO DE REFERÊNCIA D, DA TABELA 1).**

número de circuitos	distância entre cabos <sup>(1)</sup> (a)				
	nula	um diâmetro de cabo	0,125m	0,25m	0,5m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

(\*) De acordo com a tabela 44 da NBR 5410/2004.

#### CABOS MULTIPOLARES



#### CABOS UNIPOLARES



#### NOTAS:

- A)** Os valores indicados são aplicáveis para um profundidade de 0,7m e uma resistividade térmica de solo de 2,5 K.m/W.  
**B)** São valores médios para as dimensões de cabos abrangidas nas tabelas 36 e 37.  
**C)** Os valores médios arredondados podem apresentar erros de até  $\pm 10\%$  em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### FATORES DE CORREÇÃO PARA AGRUPAMENTO DE CIRCUITOS

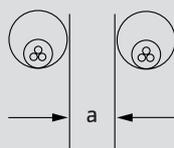
**TABELA 11 - (\*) FATORES DE AGRUPAMENTO PARA MAIS DE UM CIRCUITO CABOS EM ELETRODUTOS DIRETAMENTE ENTERRADOS (MÉTODO DE REFERÊNCIA D NAS TABELAS 2 E 3).**

#### a) cabos multipolares em eletrodutos - um cabo por eletroduto

número de circuitos	espaçamento entre dutos (a)			
	nula	0,25m	0,5m	1,0m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,80

(\*) De acordo com a tabela 45 da NBR 5410/2004.

#### CABOS MULTIPOLARES



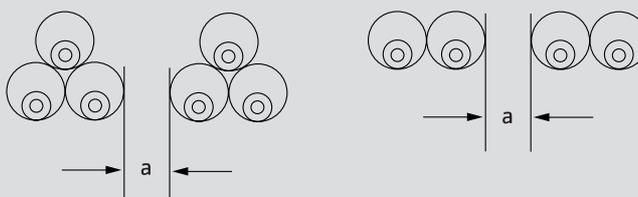
#### b) condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodutos - um cabo por eletroduto (\*\*)

número de circuitos	espaçamento entre dutos (a)			
	nula	0,25m	0,5m	1,0m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

(\*) De acordo com a tabela 45 da NBR 5410/2004.

(\*\*) Somente deve ser instalado um cabo unipolar por eletroduto, no caso deste ser em material não-magnético.

#### CABOS UNIPOLARES



A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### FATORES DE CORREÇÃO PARA AGRUPAMENTO DE CIRCUITOS

#### ➤ GRUPOS CONTENDO CABOS DE DIMENSÕES DIFERENTES

Os fatores de correção tabelados (tabelas 8 a 11) são aplicáveis a grupos de cabos semelhantes, igualmente carregados. O cálculo dos fatores de correção para grupos contendo condutores isolados ou cabos unipolares ou multipolares de diferentes seções nominais, depende da quantidade de condutores ou cabos e da faixa de seções. Tais fatores não podem ser tabelados e devem ser calculados caso a caso, utilizando, por exemplo, a NBR 11301.

#### NOTA:

São considerados cabos semelhantes aqueles cujas capacidades de condução de corrente baseiam-se na mesma temperatura máxima para serviço contínuo e cujas seções nominais estão contidas no intervalo de 3 seções normalizadas sucessivas.

No caso de condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares de dimensões diferentes em condutos fechados ou em bandejas, leitos, prateleiras ou suportes, caso não seja viável um cálculo mais específico, deve-se utilizar a expressão:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

onde:

F = fator de correção

n = número de circuitos ou de cabos multipolares

#### NOTA:

A expressão dada está a favor da segurança e reduz os perigos de sobrecarga sobre os cabos de menor seção nominal. Pode, no entanto, resultar no superdimensionamento dos cabos de seções mais elevadas.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### PRESEÇA DE HARMÔNICAS DE 3ª ORDEM

#### > NÚMERO DE CONDUTORES (6.2.5.6 DA NBR 5410/2004)

Em circuitos trifásicos com neutro, com taxa de terceira harmônica e seus múltiplos superior a 15%, o condutor neutro deve ser considerado como condutor carregado. Dessa forma, a capacidade máxima de condução de corrente do condutor fase deve ser multiplicada por 0,86.

#### > CONDUTOR NEUTRO (6.2.6.2 DA NBR 5410/2004)

A seção de um condutor neutro de um circuito monofásico deve ser igual a seção do condutor de fase. Para circuitos trifásicos, o condutor neutro deve ter seção mínima:

- igual ao previsto na tabela 14 (informações complementares) quando a presença de terceira harmônica for no máximo de 15%.
- igual a seção do condutor de fase para presença de terceira harmônica entre 16% e 33%. Quando a presença de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 33%, a seção do condutor neutro de ser determinada conforme a tabela a seguir.

### PRESEÇA DE HARMÔNICAS DE 3ª ORDEM

**TABELA 12 - FATOR  $f_h$  PARA A DETERMINAÇÃO DA CORRENTE DE NEUTRO (TABELA F.1 DA NBR 5410/2004)**

taxa de terceira harmônica (%)	$f_h$	
	circuito trifásico com neutro	circuito com duas fases e neutro
33 a 35	1,15	1,15
36 a 40	1,19	1,19
41 a 45	1,24	1,23
46 a 50	1,35	1,27
51 a 55	1,45	1,30
56 a 60	1,55	1,34
61 a 65	1,64	1,38
> = 66	1,73	1,41

$$I_n = f_h \times I_B$$

$$I_B = \sqrt{I_1^2 + I_i^2 + I_j^2 + \dots + I_n^2}$$

Onde:

$I_1$  = valor eficaz da componente fundamental ou componente 60 Hz.

$I_i, I_j, \dots, I_n$  = valores eficazes das componentes harmônicas de ordem  $i, j, \dots, n$  presentes na corrente de fase e  $f_h$  é o fator multiplicativo em função da taxa de terceira harmônica.

#### OBSERVAÇÃO

Na falta de uma estimativa mais precisa da taxa de terceira harmônica esperada, recomenda-se a adoção de um  $f_h$  igual a 1,73 no caso de circuito trifásico com neutro e igual a 1,41 no caso de circuito com duas fases e neutro.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

TABELA 13 - (\*) SEÇÕES MÍNIMAS DOS CONDUTORES ISOLADOS.

tipo de instalação	utilização do circuito	seção mínima do condutor isolado (mm <sup>2</sup> )
instalações fixas em geral	circuitos de iluminação	1,5
	circuitos de força (incluem tomadas)	2,5
	circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5
ligações flexíveis	para um equipamento específico	como especificado na norma do equipamento
	para qualquer outra aplicação	0,75
	circuitos a extra-baixa tensão para aplicações especiais	0,75

(\*) De acordo com a tabela 47 da NBR 5410/2004.

### INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

TABELA 14 - (\*) SEÇÃO DO CONDUTOR NEUTRO.

seção dos condutores fase (mm <sup>2</sup> )	seção mínima do condutor neutro (mm <sup>2</sup> )
5 ≤ 25	5
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185
500	240
630	400
800	400
1.000	500

(\*) De acordo com a tabela 48 da NBR 5410/2004.

### INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

TABELA 15 - (\*) SEÇÕES MÍNIMAS DOS CONDUTORES DE PROTEÇÃO.

seção dos condutores fase (mm <sup>2</sup> )	seção do condutor de proteção (mm <sup>2</sup> )
1,5	1,5 (mínima)
2,5	2,5
4	4
6	6
10	10
16	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	95
185	95
240	120
300	150
400	240
500	240
630	400
800	400
1.000	500

(\*) De acordo com a tabela 58 da NBR 5410/2004.

#### OBSERVAÇÃO

Ver restrições à redução da seção do condutor neutro na página 1 da Introdução.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### QUEDA DE TENSÃO

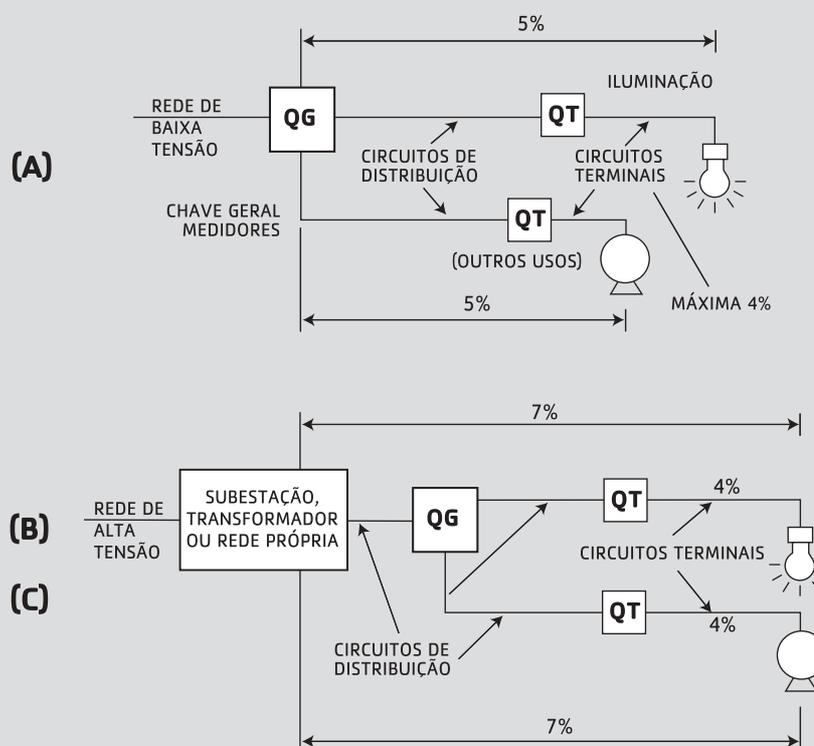
TABELA 16 - (\*) LIMITES DE QUEDA DE TENSÃO.

	valor máximo
<b>A</b> calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador próprio	7%
<b>B</b> calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, da empresa distribuidora de eletricidade quando o ponto de entrega for aí localizado.	7%
<b>C</b> calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos com fornecimento em tensão secundária de distribuição.	5%
<b>D</b> calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.	7%

(\*) De acordo com 6.2.7 da NBR 5410/2004.

#### NOTAS:

1. Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais podem ser superior a 4%;
2. Nos casos A, B e D, quando as linhas principais da instalação tiverem um comprimento superior a 1000m, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005% por metro de linha superior a 100m, sem que, no entanto, essa suplementação seja superior a 0,5%.



A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### QUEDA DE TENSÃO

**TABELA 17 - QUEDA DE TENSÃO EM V/A.km  
CABO SUPERASTIC, CABO SUPERASTIC FLEX, FIO SUPERASTIC E AFUMEX 750V.**

➤ Cabo Superastic, Cabo Superastic Flex, Fio Superastic e Afumex 750V.

seções nominais  (mm <sup>2</sup> )	eletroduto e eletrocalha (A) (material magnético)		eletroduto e eletrocalha (A) (material não-magnético)			
	circuito monofásico e trifásico		circuito monofásico		circuito trifásico	
	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,0	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44
120	0,42	0,42	0,40	0,41	0,36	0,36
150	0,37	0,35	0,35	0,34	0,31	0,30
185	0,32	0,30	0,30	0,29	0,27	0,25
240	0,29	0,25	0,26	0,24	0,23	0,21
300	0,27	0,22	0,23	0,20	0,21	0,18
400	0,24	0,20	0,21	0,17	0,19	0,15
500	0,23	0,19	0,19	0,16	0,17	0,14

#### NOTAS:

- A) As dimensões do eletroduto e da eletrocalha adotadas são tais que a área dos cabos não ultrapassa 40% da área interna dos mesmos;  
B) Os valores da tabela admitem uma temperatura no condutor de 70 °C.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### QUEDA DE TENSÃO

**TABELA 18 - QUEDA DE TENSÃO EM V/A. km**  
**CABO SINTENAX, CABO SINTENAX FLEX E VOLTALENE**

➤ Cabo Sintenax, Cabo Sintenax Flex e Voltalene.

seções nominais  (mm <sup>2</sup> )	instalação ao ar livre <sup>(C)</sup>																							
	cabos unipolares <sup>(D)</sup>												cabo uni e bipolares		cabos tri e tetrapolares									
	circuito monofásico						circuito trifásico						circuito trifásico <sup>(B)</sup>		circuito monofásico <sup>(B)</sup>		circuito trifásico							
	s=10cm		s=20cm		s=2D		s=10cm		s=20cm		s=2D													
	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95
1,5	23,6	27,8	23,7	27,8	23,4	27,6	20,5	24,0	20,5	24,1	20,3	24,0	20,2	23,9	23,3	27,6	20,2	23,9						
2,5	14,6	17,1	14,7	17,1	14,4	17,0	12,7	14,8	12,7	14,8	12,5	14,7	12,4	14,7	14,3	16,9	12,4	14,7						
4	9,3	10,7	9,3	10,7	9,1	10,6	8,0	9,3	8,1	9,3	7,9	9,2	7,8	9,2	9,0	10,6	7,8	9,1						
6	6,3	7,2	6,4	7,2	6,1	7,1	5,5	6,3	5,5	6,3	5,3	6,2	5,2	6,1	6,0	7,1	5,2	6,1						
10	3,9	4,4	3,9	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,4	3,8	3,2	3,7	3,2	3,7	3,6	4,2	3,1	3,7						
16	2,6	2,8	2,6	2,8	2,4	2,7	2,2	2,4	2,3	2,5	2,1	2,4	2,0	2,3	2,3	2,7	2,0	2,3						
25	1,73	1,83	1,80	1,86	1,55	1,76	1,52	1,59	1,57	1,62	1,40	1,53	1,32	1,49	1,50	1,71	1,31	1,48						
35	1,33	1,36	1,39	1,39	1,20	1,29	1,17	1,19	1,22	1,22	1,06	1,13	0,98	1,09	1,12	1,25	0,97	1,08						
50	1,05	1,04	1,11	1,07	0,93	0,97	0,93	0,91	0,98	0,94	0,82	0,85	0,75	0,82	0,85	0,93	0,74	0,81						
70	0,81	0,76	0,87	0,80	0,70	0,71	0,72	0,67	0,77	0,70	0,63	0,62	0,55	0,59	0,62	0,67	0,54	0,58						
95	0,65	0,59	0,71	0,62	0,56	0,54	0,58	0,52	0,64	0,55	0,50	0,47	0,43	0,44	0,48	0,50	0,42	0,43						
120	0,57	0,49	0,63	0,52	0,48	0,44	0,51	0,43	0,56	0,46	0,43	0,39	0,36	0,36	0,40	0,41	0,35	0,35						
150	0,50	0,42	0,56	0,45	0,42	0,38	0,45	0,37	0,51	0,40	0,38	0,34	0,31	0,30	0,35	0,34	0,30	0,30						
185	0,44	0,36	0,51	0,39	0,37	0,32	0,40	0,32	0,46	0,35	0,34	0,29	0,27	0,25	0,30	0,29	0,26	0,25						
240	0,39	0,30	0,45	0,33	0,33	0,27	0,35	0,27	0,41	0,30	0,30	0,24	0,23	0,21	0,26	0,24	0,22	0,20						
300	0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,23	0,32	0,23	0,37	0,26	0,28	0,21	0,21	0,18	0,23	0,20	0,20	0,18						
400	0,32	0,22	0,37	0,26	0,27	0,21	0,29	0,20	0,34	0,23	0,25	0,19	0,19	0,15	—	—	—	—						
500	0,28	0,20	0,34	0,23	0,25	0,18	0,26	0,18	0,32	0,21	0,24	0,17	0,17	0,14	—	—	—	—						
630	0,26	0,17	0,32	0,21	0,24	0,16	0,24	0,16	0,29	0,19	0,22	0,15	0,16	0,12	—	—	—	—						
800	0,23	0,15	0,29	0,18	0,22	0,15	0,22	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,15	0,11	—	—	—	—						
1000	0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,20	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13	0,14	0,10	—	—	—	—						

**NOTAS:**

- A) Os valores da tabela admitem uma temperatura no condutor de 70 °C;
- B) Válido para instalação em eletroduto não-magnético e diretamente enterrado;
- C) Aplicável a fixação direta a parede ou teto, ou eletrocalha aberta, ventilada ou fechada, espaço de construção, bandeja, prateleira, suportes e sobre isoladores;
- D) Aplicável também ao Cabo Superastic Flex, Cabo Superastic, Fio Superastic e Cabo Afumex 750V sobre isoladores.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### QUEDA DE TENSÃO

**TABELA 19 - QUEDA DE TENSÃO EM V/A. km**  
**CABO EPROTENAX, CABO EPROTENAX GSETTE E AFUMEX 0,6/1kV**

➤ Cabo Eprotenax, Cabo Eprotenax Gsette e Afumex 0,6/1kV.

seções nominais  (mm <sup>2</sup> )	instalação ao ar livre <sup>(C)</sup>																	
	cabos unipolares <sup>(D)</sup>												cabo uni e bipolares		cabos tri e tetrapolares			
	circuito monofásico						circuito trifásico						circuito trifásico <sup>(B)</sup>		circuito monofásico <sup>(B)</sup>		circuito trifásico	
	s=10cm		s=20cm		s=2D		s=10cm		s=20cm		s=2D		FP-0,8 FP-0,95		FP-0,8 FP-0,95		FP-0,8 FP-0,95	
1,5	23,8	28,0	23,9	28,0	23,6	27,9	20,7	24,3	20,5	24,1	20,4	24,1	20,4	24,1	23,5	27,8	20,3	24,1
2,5	14,9	17,4	15,0	17,5	14,7	17,3	12,9	15,1	13,0	15,1	12,8	15,0	12,7	15,0	14,6	17,3	12,7	15,0
4	9,4	10,9	9,5	10,9	9,2	10,8	8,2	9,5	8,2	9,5	8,0	9,4	7,9	9,3	9,1	10,8	7,9	9,3
6	6,4	7,3	6,4	7,3	6,2	7,2	5,5	6,3	5,6	6,3	5,4	6,2	5,3	6,2	6,1	7,1	5,3	6,2
10	3,9	4,4	4,0	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,5	3,8	3,3	3,7	3,2	3,7	3,6	4,2	3,2	3,7
16	2,58	2,83	2,64	2,86	2,42	2,74	2,25	2,46	2,31	2,48	2,12	2,39	2,05	2,35	2,34	2,70	2,03	2,34
25	1,74	1,85	1,81	1,88	1,61	1,77	1,53	1,61	1,58	1,64	1,41	1,55	1,34	1,51	1,52	1,73	1,32	1,50
35	1,34	1,37	1,40	1,41	1,21	1,30	1,18	1,20	1,23	1,23	1,06	1,14	0,99	1,10	1,15	1,26	0,98	1,09
50	1,06	1,05	1,12	1,09	0,94	0,99	0,94	0,92	0,99	0,95	0,83	0,87	0,76	0,83	0,86	0,95	0,75	0,82
70	0,81	0,77	0,88	0,80	0,70	0,71	0,72	0,68	0,78	0,70	0,63	0,63	0,56	0,59	0,63	0,67	0,54	0,58
95	0,66	0,59	0,72	0,62	0,56	0,54	0,59	0,52	0,64	0,55	0,50	0,48	0,43	0,44	0,48	0,50	0,42	0,44
120	0,57	0,49	0,63	0,53	0,48	0,45	0,51	0,44	0,56	0,46	0,43	0,40	0,36	0,36	0,40	0,41	0,35	0,35
150	0,50	0,42	0,57	0,46	0,42	0,38	0,45	0,38	0,51	0,41	0,39	0,34	0,32	0,31	0,35	0,35	0,30	0,30
185	0,44	0,36	0,51	0,39	0,38	0,32	0,40	0,32	0,46	0,35	0,34	0,29	0,27	0,26	0,30	0,29	0,26	0,25
240	0,39	0,30	0,45	0,33	0,33	0,27	0,35	0,27	0,41	0,30	0,30	0,24	0,23	0,21	0,26	0,24	0,22	0,21
300	0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,24	0,32	0,24	0,37	0,26	0,28	0,21	0,21	0,18	0,23	0,20	0,20	0,18
400	0,31	0,23	0,38	0,26	0,27	0,21	0,29	0,21	0,34	0,23	0,25	0,19	0,19	0,16	—	—	—	—
500	0,28	0,20	0,34	0,23	0,25	0,18	0,26	0,18	0,32	0,21	0,24	0,17	0,17	0,14	—	—	—	—
630	0,26	0,17	0,32	0,21	0,24	0,16	0,24	0,16	0,29	0,19	0,22	0,15	0,16	0,12	—	—	—	—
800	0,23	0,15	0,29	0,18	0,22	0,15	0,22	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,15	0,11	—	—	—	—
1000	0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,21	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13	0,14	0,10	—	—	—	—

**NOTAS:**

- A) Os valores da tabela admitem uma temperatura no condutor de 90 °C;
- B) Válido para instalação em eletroduto não-magnético e diretamente enterrado;
- C) Aplicável a fixação direta a parede ou teto, ou eletrocalha aberta, ventilada ou fechada, espaço de construção, bandeja, prateleira, suportes e sobre isoladores.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS

➤ Os valores de resistências elétricas e reatâncias indutivas indicadas na tabela a seguir são valores médios e destinam-se a cálculos aproximados de circuitos elétricos, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$Z = R \cos \phi + X \sin \phi$$

### RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS

**TABELA 20 - RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS DE FIOS E CABOS ISOLADOS EM PVC, EPR E XLPE EM CONDUTOS FECHADOS (VALORES EM  $\Omega$  / km).**

seção (mm <sup>2</sup> )	R <sub>cc</sub> <sup>(A)</sup>	condutos não-magnéticos <sup>(B)</sup> circuitos FN/FF/3F	
		R <sub>ca</sub> (3)	X <sub>L</sub> (4)
(1)	(2)	(3)	(4)
1,5	12,1	14,48	0,16
2,5	7,41	8,87	0,15
4	4,61	5,52	0,14
6	3,08	3,69	0,13
10	1,83	2,19	0,13
16	1,15	1,38	0,12
25	0,73	0,87	0,12
35	0,52	0,63	0,11
50	0,39	0,47	0,11
70	0,27	0,32	0,10
95	0,19	0,23	0,10
120	0,15	0,19	0,10
150	0,12	0,15	0,10
185	0,099	0,12	0,094
240	0,075	0,094	0,098
300	0,060	0,078	0,097
400	0,047	0,063	0,096
500	0,037	0,052	0,095
630	0,028	0,043	0,093
800	0,022	0,037	0,089
1000	0,018	0,033	0,088

**NOTAS:**

**A)** Resistência elétrica em corrente contínua calculada a 70 °C no condutor.

**B)** Válido para condutores isolados, cabos unipolares e multipolares instalados em condutos fechados não-magnéticos.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS

➤ Os valores de resistências elétricas e reatâncias indutivas indicadas na tabela a seguir são valores médios e destinam-se a cálculos aproximados de circuitos elétricos, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$Z = R \cos \phi + X \sin \phi$$

### RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS

**TABELA 21 - RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS DE FIOS E CABOS ISOLADOS EM PVC, EPR E XLPE AO AR LIVRE (VALORES EM  $\Omega / \text{km}$ ).**

seção (mm <sup>2</sup> )	R <sub>cc</sub> <sup>(A)</sup>	condutores isolados cabos unipolares ao ar livre <sup>(B)</sup>									
		S = de				S = 2de		S = 10cm		S = 20cm	
[1]	[2]	R <sub>ca</sub> [3]	X <sub>L</sub> [4]	R <sub>ca</sub> [5]	X <sub>L</sub> [6]	R <sub>ca</sub> [7]	X <sub>L</sub> [8]	R <sub>ca</sub> [9]	X <sub>L</sub> [10]	R <sub>ca</sub> [11]	X <sub>L</sub> [12]
1,5	12,1	14,48	0,16	14,48	0,21	14,48	0,39	14,48	0,44	14,48	0,16
2,5	7,41	8,87	0,15	8,87	0,20	8,87	0,37	8,87	0,42	8,87	0,15
4	4,61	5,52	0,14	5,52	0,20	5,52	0,35	5,52	0,40	5,52	0,14
6	3,08	3,69	0,14	3,69	0,19	3,69	0,33	3,69	0,39	3,69	0,14
10	1,83	2,19	0,13	2,19	0,18	2,19	0,32	2,19	0,37	2,19	0,13
16	1,15	1,38	0,12	1,38	0,17	1,38	0,30	1,38	0,35	1,38	0,12
25	0,73	0,87	0,12	0,87	0,17	0,87	0,28	0,87	0,34	0,87	0,12
35	0,52	0,63	0,11	0,63	0,17	0,63	0,27	0,63	0,32	0,63	0,11
50	0,39	0,46	0,11	0,46	0,16	0,46	0,26	0,46	0,31	0,46	0,11
70	0,27	0,32	0,10	0,32	0,16	0,32	0,25	0,32	0,30	0,32	0,10
95	0,19	0,23	0,10	0,23	0,16	0,23	0,24	0,23	0,29	0,23	0,10
120	0,15	0,19	0,10	0,18	0,15	0,18	0,23	0,18	0,28	0,19	0,10
150	0,12	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15	0,22	0,15	0,27	0,15	0,10
185	0,099	0,12	0,10	0,12	0,15	0,12	0,21	0,12	0,26	0,12	0,10
240	0,075	0,09	0,10	0,09	0,15	0,09	0,20	0,09	0,25	0,09	0,10
300	0,060	0,08	0,10	0,07	0,15	0,07	0,19	0,07	0,24	0,08	0,10
400	0,047	0,06	0,10	0,06	0,15	0,06	0,18	0,06	0,23	0,06	0,10
500	0,037	0,05	0,10	0,05	0,15	0,05	0,17	0,05	0,23	0,05	0,10
630	0,028	0,04	0,09	0,04	0,15	0,04	0,16	0,04	0,22	0,04	0,09
800	0,022	0,04	0,09	0,03	0,14	0,03	0,15	0,03	0,20	0,04	0,09
1000	0,018	0,03	0,09	0,03	0,14	0,03	0,14	0,03	0,19	0,03	0,09

**NOTAS:**

- A) Resistência elétrica em corrente contínua calculada a 20 °C no condutor;
- B) Válido para linhas elétricas ao ar livre, bandejas, suportes e leitos para cabos.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS

➤ Os valores de resistências elétricas e reatâncias indutivas indicadas na tabela a seguir são valores médios e destinam-se a cálculos aproximados de circuitos elétricos, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$Z = R \cos \phi + X \sin \phi$$

### RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS

**TABELA 22 - RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS E REATÂNCIAS INDUTIVAS DE FIOS E CABOS ISOLADOS EM PVC, EPR E XLPE AO AR LIVRE (VALORES EM  $\Omega / \text{km}$ ).**

seção (mm <sup>2</sup> )	R <sub>cc</sub> <sup>(A)</sup>	condutores isolados cabos unipolares ao ar livre <sup>(B)</sup>										cabos bi e tripolares <sup>(B)</sup>		cabo tetrapolar <sup>(B)</sup>	
		circuitos 3F										trifólio		FN/FF/3F	
		S=de		S = 2de		S = 10cm		S = 20cm							
		R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>	R <sub>ca</sub>	X <sub>L</sub>
[1]	[2]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]	[22]	[23]	[24]	[25]	[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
300	0,060	0,08	0,11	0,07	0,17	0,07	0,21	0,07	0,26	0,08	0,10	0,08	0,09	0,08	0,10
400	0,047	0,06	0,11	0,06	0,17	0,06	0,20	0,06	0,25	0,06	0,10	—	—	—	—
500	0,037	0,05	0,11	0,05	0,16	0,05	0,19	0,05	0,24	0,05	0,10	—	—	—	—
630	0,028	0,04	0,11	0,04	0,16	0,04	0,18	0,04	0,23	0,04	0,09	—	—	—	—
800	0,022	0,04	0,11	0,03	0,16	0,03	0,16	0,03	0,22	0,04	0,09	—	—	—	—
1000	0,018	0,03	0,11	0,03	0,16	0,03	0,16	0,03	0,21	0,03	0,09	—	—	—	—

**NOTAS:**

- A) Resistência elétrica em corrente contínua calculada a 20 °C no condutor;
- B) Válido para linhas elétricas ao ar livre, bandejas, suportes e leitos para cabos.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES

TABELA 23 - CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES CLASSE 1 (NBR NM 280)

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	resistência máxima do condutor a 20 °C, condutores circulares e fios nus (Ω / km)
0,5	36,0
0,75	24,5
1	18,1
1,5	12,1
2,5	7,41
4	4,61
6	3,08
10	1,83
16	1,15

### CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES

TABELA 24 - CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES CLASSE 2 (NBR NM 280)

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	número mínimo de fios no condutor		resistência máxima do condutor a 20 °C, condutores circulares e fios nus (Ω / km)
	condutor não-compactado circular	condutor compactado não-circular	
0,5	7	—	36,0
0,75	7	—	24,5
1	7	—	18,1
1,5	7	6	12,1
2,5	7	6	7,41
4	7	6	4,61
6	7	6	3,08
10	7	6	1,83
16	7	6	1,15
25	7	6	0,727
35	7	6	0,524
50	19	6	0,387
70	19	12	0,268
95	19	15	0,193
120	37	18	0,153
150	37	18	0,124
185	37	30	0,0991
240	61	34	0,0754
300	61	34	0,0601
400	61	53	0,0470
500	61	53	0,0366
630	91	53	0,0283
800	91	53	0,0221
1000	91	53	0,0176

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES

TABELA 25 - CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES CLASSE 5 (NBR NM 280)

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	diâmetro máximo dos fios no condutor (mm)	resistência máxima do condutor a 20 °C, condutores circulares e fios nus (Ω / km)
0,5	0,21	39,0
0,75	0,21	26,0
1	0,21	19,0
1,5	0,26	13,3
2,5	0,26	7,98
4	0,31	4,95
6	0,31	3,30
10	0,41	1,91
16	0,41	1,21
25	0,41	0,780
35	0,41	0,554
50	0,41	0,386
70	0,51	0,272
95	0,51	0,206
120	0,51	0,161
150	0,51	0,129
185	0,51	0,106
240	0,51	0,0801
300	0,51	0,0641
400	0,51	0,0486
500	0,51	0,0384

### CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES

TABELA 26 - CARACTERÍSTICAS DOS CONDUTORES DOS CABOS FLEXOSOLDA (NBR 8762)

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	diâmetro máximo dos fios no condutor (mm)	resistência máxima do condutor a 20 °C, condutores circulares e fios nus (Ω / km)
10	0,26	1,91
16	0,26	1,21
25	0,26	0,780
35	0,31	0,554
50	0,31	0,386
70	0,31	0,272
95	0,31	0,206
120	0,31	0,161
150	0,31	0,129
185	0,31	0,106
240	0,31	0,0801

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### DETERMINAÇÃO DA INTEGRAL DE JOULE (I<sup>2</sup>t) DE CONDUTORES ELÉTRICOS

➤ O cálculo do valor da Integral de Joule pode ser determinado de acordo com a norma IEC 949 (1988).

Assim temos:

Fórmula geral: I<sup>2</sup> t = I<sup>2</sup> G<sup>2</sup>, onde:

$$G = \frac{X + \sqrt{\Delta}}{2 z \sqrt{S}} \quad [1]$$

$$\Delta = X^2 + 4 z S \quad [2]$$

$$z = \frac{I^2}{\alpha} - \frac{Y}{S} \quad [3]$$

$$\alpha = K^2 S^2 \ln \left( \frac{\theta f + \beta}{\theta i + \beta} \right) \quad [4]$$

I = corrente admissível no condutor (A)  
S = seção nominal do condutor (mm<sup>2</sup>)  
θ f = temperatura final do condutor (°C)  
θ i = temperatura inicial do condutor (°C)

β = recíproco do coeficiente de temperatura da resistência do condutor em °C (K) - tabela 1

K = constante que depende do material condutor - tabela 1

X e Y = tabela 2

TABELA 1

material	K	β
cobre	226	234,5
alumínio	148	228

TABELA 2- CONDUTORES DE COBRE

isolação	X	Y
PVC ≤ 3 kV	0,29	0,06
PVC > 3 kV	0,27	0,05
XLPE	0,41	0,12
EPR ≤ 3 kV	0,38	0,10
EPR > 3 kV	0,32	0,07

➤ **Exemplo:** calcular a Integral de Joule para um cabo 6 mm<sup>2</sup> de cobre, isolado em PVC, 0,6/1kV percorrido por uma corrente de 100A.

Considere ainda os seguintes parâmetros: θ f = 160 °C, θ i = 70 °C

Temos: β = 234,5 (tabela 1)      K = 226 (tabela 1)  
X = 0,29 (tabela 2)      Y = 0,06 (tabela 2)

$$\alpha = K^2 S^2 \ln \left( \frac{\theta f + \beta}{\theta i + \beta} \right) = 226^2 \cdot 6^2 \ln \frac{160 + 234,5}{70 + 234,5} = 476137$$

$$z = \frac{I^2}{\alpha} - \frac{Y}{S} = \frac{100^2}{476137} - \frac{0,06}{6} = 0,011$$

$$\Delta = X^2 + 4 z S = 0,29^2 + 4 \cdot 0,011 \cdot 6 = 0,348 \rightarrow \sqrt{\Delta} = 0,59$$

$$G = \frac{X + \sqrt{\Delta}}{2 z \sqrt{S}} = \frac{0,29 + 0,59}{2 \cdot 0,011 \cdot \sqrt{6}} = 16,33$$

$$I^2 t = I^2 G^2 = 100^2 \cdot (16,33)^2 = 2665816 \text{ A}^2\text{s}$$

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

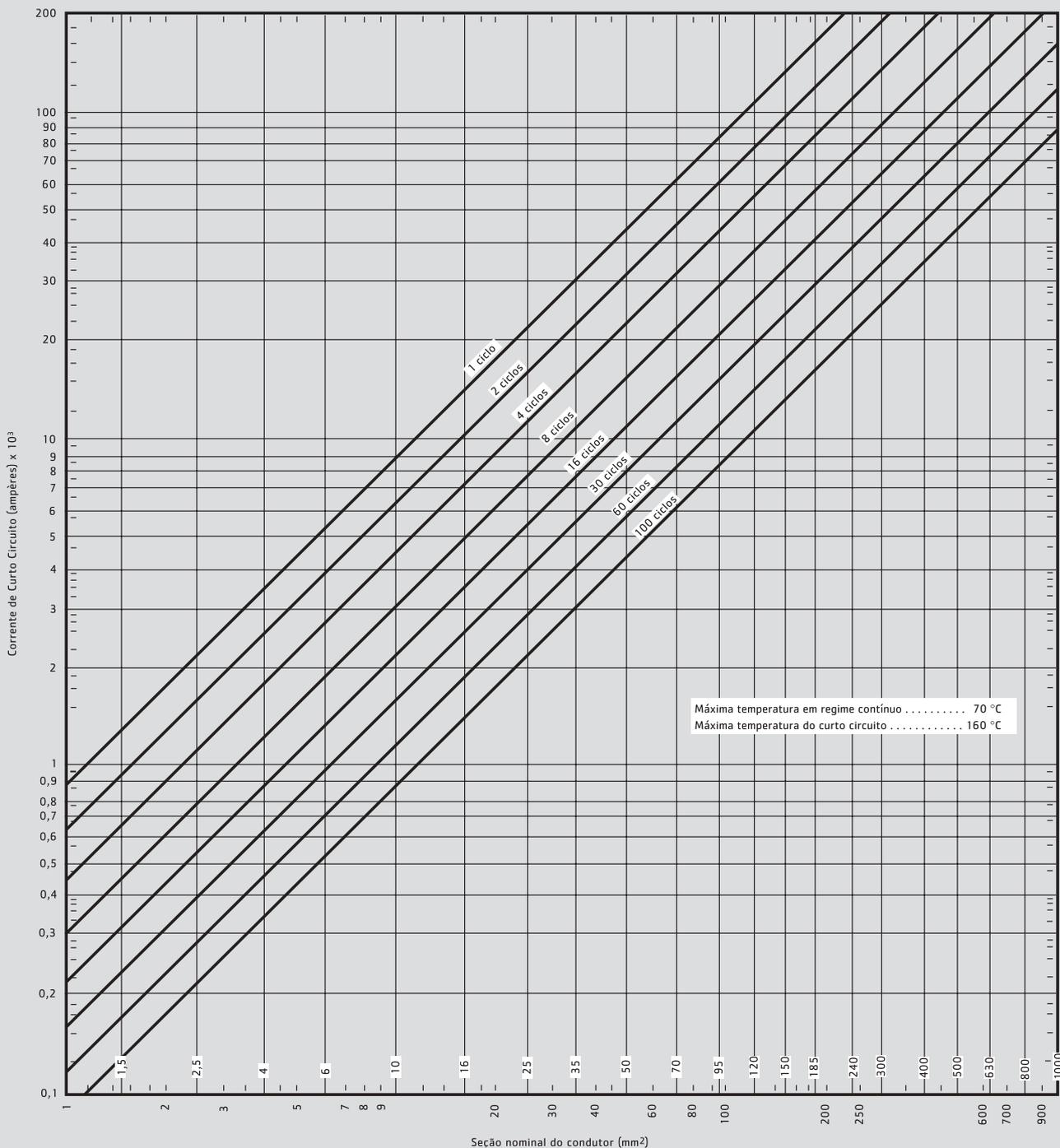
# BAIXA TENSÃO

## Uso Geral

### CORRENTES MÁXIMAS DE CURTO-CIRCUITO NO CONDUTOR

➤ CABO SUPERASTIC, CABO SUPERASTIC FLEX E FIO SUPERASTIC  
 CABO SINTENAX, CABO SINTENAX FLEX E AFUMEX 750V  
 CONDUTOR - COBRE

CONEXÕES PENSADAS E SOLDADAS



A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

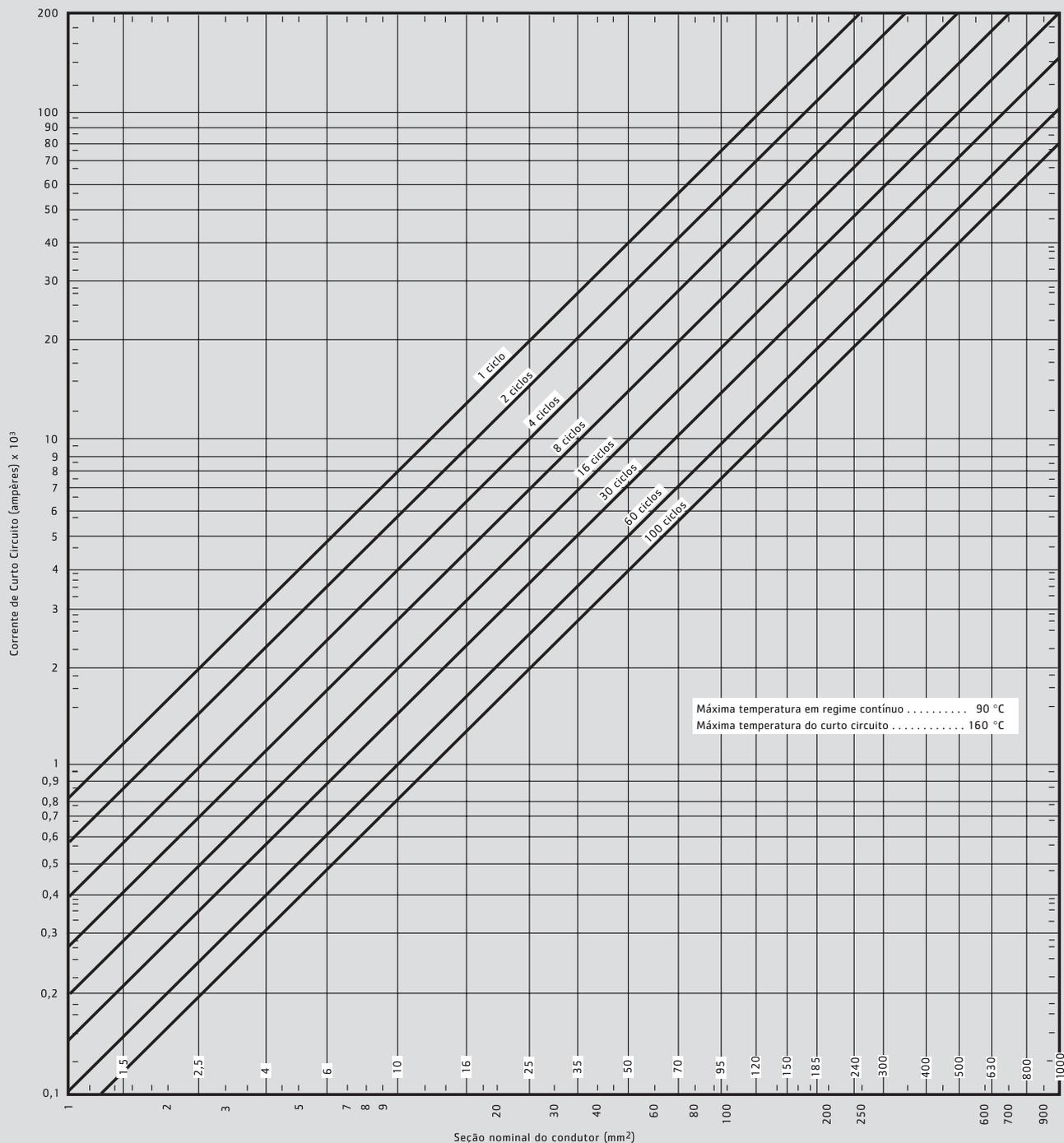
## Uso Geral

### CORRENTES MÁXIMAS DE CURTO-CIRCUITO NO CONDUTOR

➤ CABO EPROTENAX, CABO EPROTENAX GSETTE, CABO VOLTALENE E CABO AFUMEX 0,6/1kV

CONDUTOR - COBRE

CONEXÕES SOLDADAS



A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# BAIXA TENSÃO

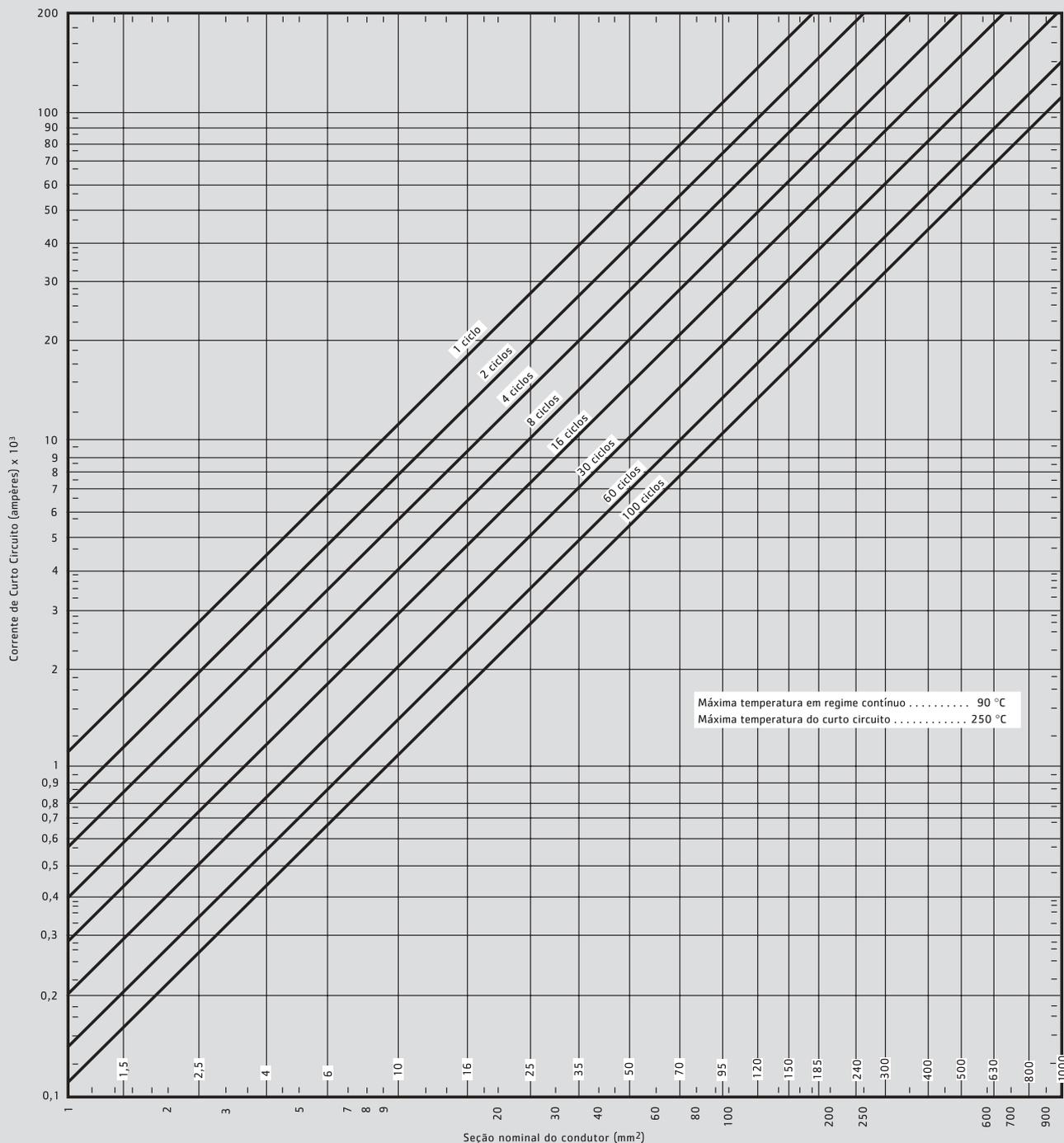
## Uso Geral

### CORRENTES MÁXIMAS DE CURTO-CIRCUITO NO CONDUTOR

➤ CABO EPROTENAX, CABO EPROTENAX GSETTE, CABO VOLTALENE E CABO AFUMEX 0,6/1kV

CONDUTOR - COBRE

CONEXÕES Prensadas



A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# **Anexo II – Dados dos Cabos de Média Tensão**

# Média tensão

## Uso Geral

## Dimensionamento

➤ Os valores de capacidade de condução de correntes constantes das tabelas a seguir foram retirados da NBR 14039/2003. No caso de cabos diretamente enterrados foi adotado uma resistividade térmica do terreno igual a 2,5 km/W (NBR 14039). Para terrenos úmidos e estáveis, isto é, que mantêm um conteúdo mínimo de umidade mesmo quando submetidos a gradientes térmicos elevados, gerados pelo aquecimento dos cabos, pode ser utilizado o fator de correção para resistividade térmica do terreno igual a 1 km/W. Para terrenos secos pode ser aplicado o fator de correção para 1,5 km/W.

➤ **FATORES DE CORREÇÃO DA CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE.**

Nas tabelas de capacidade de condução de corrente, assumimos determinadas condições de instalação e de temperatura ambiente que abrangem a grande maioria de maneiras de instalar cabos de média tensão. Contudo, se as condições reais forem diferentes daquelas adotadas, torna-se necessário corrigir o valor da capacidade de condução de corrente através de fatores, que devem ser aplicados aos valores tabelados. Basicamente, dois fatores de correção são suficientes nas instalações normais:

- **Fator de correção para temperatura ambiente ( $f_t$ ) diferente da considerada.**
- **Fator de correção devido ao agrupamento de ( $f_a$ ) cabos.**

A seguir, apresentamos tabelas de fatores de correção para diversos valores de temperatura ambiente, e para várias condições de agrupamento de cabos.

**Nota:**

No caso de circuitos com mais de um cabo por fase, recomenda-se adotar uma disposição geométrica tal, que minimize o desequilíbrio de impedância dos cabos de uma mesma fase.

# Média tensão

## Uso Geral

### FATORES DE CORREÇÃO DA CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

#### EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

cabos	linha	fatores $f_t$ para temperatura ambiente diferente da considerada						
		20	25	30	35	40	45	50
Eprotenax Compact, Eprotenax e Voltalene	subterrânea	1,00	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76
	não subterrânea	1,08	1,04	1,00	0,96	0,91	0,87	0,82
Eprotenax Compact 105	subterrânea	1,00	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,80
	não subterrânea	1,06	1,03	1,00	0,97	0,93	0,89	0,86

### FATORES DE AGRUPAMENTO

#### EM FUNÇÃO DO AGRUPAMENTO

maneiras de instalar	fatores de correção	multiplicar os fatores pelos valores de cap. de condução de corrente dados nas colunas*
ao ar livre	bandejas	páginas 2 e 3/29
	canaletas	calculadas conforme método dado nas páginas 5, 6, 7 e 8/29
no solo	banco de dutos	página 4/29
	diretamente enterrados	página 4/29

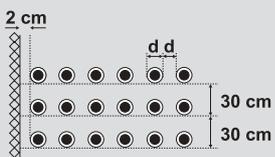
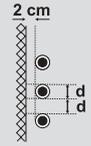
(\*) Tabelas das páginas 9, 10, 11 e 12/29.

### FATORES DE AGRUPAMENTO

#### INSTALAÇÕES AO AR LIVRE

#### CABOS UNIPOLARES EM PLANO

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas.

	número de bandejas	número de ternas			multiplicar pelos valores da coluna	
		1	2	3		
instalação em bandejas (*)		número de bandejas	fatores de correção ( $f_a$ )			I
		1	1	0,97	0,96	
		2	0,97	0,94	0,93	
		3	0,96	0,93	0,92	
instalação vertical		6	0,94	0,91	0,90	I
			0,94	0,91	0,89	
casos onde não há necessidade de correção	No caso de instalações em plano, aumentando-se a distância entre os cabos reduz-se o aquecimento mútuo. Entretanto, simultaneamente, aumentam-se as perdas nas blindagens metálicas. Por isso torna-se impossível dar indicação sobre as disposições para as quais não há necessidade de fator de correção.					

(\*) Nas instalações em bandejas, considera-se o número de sistemas ou cabos por bandeja. NBR 14039/2003 - Tabela 34.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### FATORES EM FUNÇÃO DO AGRUPAMENTO

#### INSTALAÇÕES AO AR LIVRE

#### CABOS UNIPOLARES EM TRIFÓLIO

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas.		número de ternas			multiplicar pelos valores da coluna	
		1	2	3		
instalação em bandejas (*)		número de bandejas	fatores de correção ( $f_a$ )			II
		1	1	0,98	0,96	
		2	1	0,95	0,93	
		3	1	0,94	0,92	
6	1	0,93	0,90			
instalação vertical		1	0,93	0,90	II	
casos onde não há necessidade de correção		número qualquer de ternas				

(\*) Nas instalações em bandejas, considera-se o número de sistemas ou cabos por bandeja. NBR 14039/2003 - Tabela 35.

#### CABOS TRIPOLARES

Agrupamento de cabos em sistemas trifásicos, instalados em ambientes abertos e ventilados. Estes valores são válidos, desde que os cabos mantenham as disposições de instalação propostas.		número de ternas					multiplicar pelos valores da coluna	
		1	2	3	6	9		
instalação em bandejas (*)		número de bandejas	fatores de correção ( $f_a$ )					III
		1	1	0,98	0,96	0,93	0,92	
		2	1	0,95	0,93	0,90	0,89	
		3	1	0,94	0,92	0,89	0,88	
6	1	0,93	0,90	0,87	0,86			
instalação vertical		1	0,93	0,90	0,87	0,87	III	
casos onde não há necessidade de correção		número qualquer de cabos						

(\*) Nas instalações em bandejas, considera-se o número de sistemas ou cabos por bandeja. NBR 14039/2003 - Tabela 36.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

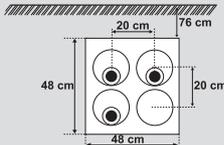
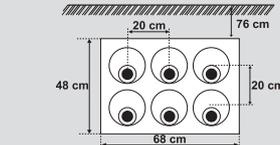
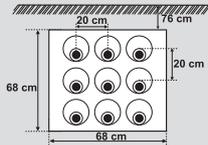
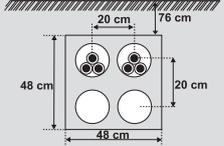
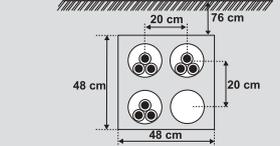
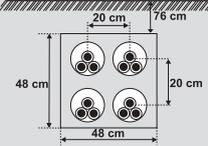
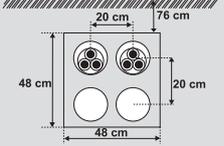
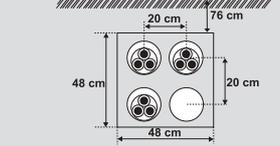
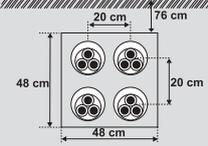
# Média tensão

## Uso Geral

### FATORES EM FUNÇÃO DO AGRUPAMENTO

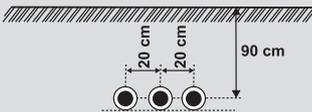
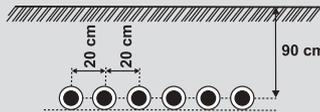
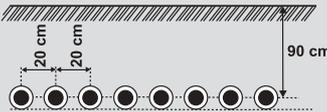
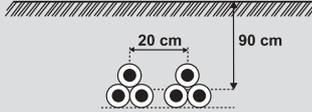
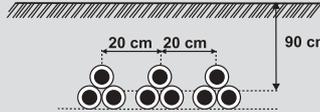
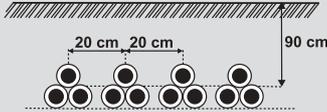
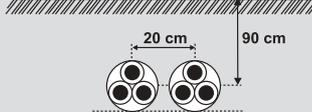
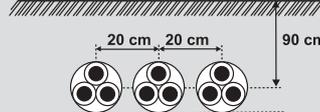
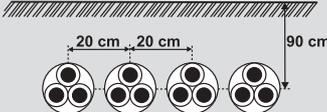
#### INSTALAÇÕES NO SOLO

##### EM BANCO DE DUTOS

<p>multiplicar pelos valores da coluna X</p> 			
até seção 95 mm <sup>2</sup> inclusive	1,00	0,90	0,82
acima de 95 mm <sup>2</sup>	1,00	0,87	0,77
<p>multiplicar pelos valores da coluna XI</p> 			
até seção 95 mm <sup>2</sup> inclusive	0,91	0,85	0,79
acima de 95 mm <sup>2</sup>	0,88	0,81	0,73
<p>multiplicar pelos valores da coluna XII</p> 			
até seção 95 mm <sup>2</sup> inclusive	0,91	0,85	0,79
acima de 95 mm <sup>2</sup>	0,88	0,81	0,73

(\*) Nas instalações em bandejas, considera-se o número de sistemas ou cabos por bandeja. NBR 14039/2003 - Tabela 37.

##### DIRETAMENTE ENTERRADOS

<p>multiplicar pelos valores da coluna XIII (A ou B)</p> 			
até seção 95 mm <sup>2</sup> inclusive	1,00	0,87	0,80
acima de 95 mm <sup>2</sup>	1,00	0,85	0,78
<p>multiplicar pelos valores da coluna XIV (A ou B)</p> 			
até seção 95 mm <sup>2</sup> inclusive	0,86	0,79	0,71
acima de 95 mm <sup>2</sup>	0,83	0,76	0,67
<p>multiplicar pelos valores da coluna XV (A ou B)</p> 			
até seção 95 mm <sup>2</sup> inclusive	0,86	0,79	0,71
acima de 95 mm <sup>2</sup>	0,83	0,76	0,67

(\*) Nas instalações em bandejas, considera-se o número de sistemas ou cabos por bandeja. NBR 14039/2003 - Tabela 38.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### FATOR DE CORREÇÃO PARA CABOS EM CANALETAS

#### MÉTODO DE CÁLCULO DO FATOR DE CORREÇÃO PARA CABOS INSTALADOS EM CANALETAS

➤ Nas tabelas de capacidade de condução de corrente (colunas IV, V e VI), foram fixadas para efeito de cálculo determinadas condições de instalação como: dimensões da canaleta e agrupamentos dos cabos.

A alteração de uma ou duas dessas condições de instalação poderá implicar num acréscimo de temperatura na canaleta, diferente do considerado em tabela.

O acréscimo de temperatura devido as perdas nos cabos por efeito joule e capacitivo, nos possibilita determinar o fator de correção  $f_c$ , que deverá corrigir a capacidade de condução de corrente para as novas condições.

Nas circunstâncias acima mencionadas devemos, quando necessário, corrigir a capacidade de condução de corrente aplicando os seguintes fatores de correção:

- fator de correção ( $f_c$ )
- fator de correção por agrupamento ( $f_a$ )
- fator de correção por temperatura ambiente ( $f_t$ )

Esses fatores de correção deverão, neste caso, ser aplicados aos valores das colunas I, II e III constantes nas tabelas de capacidade de condução de corrente.

### FATOR DE CORREÇÃO PARA CABOS EM CANALETAS

#### PERDAS DE POTÊNCIA NOS CABOS E CÁLCULO DO FATOR DE CORREÇÃO ( $f_c$ )

➤ A perda total ( $W_{tot}$ ), em um cabo de potência corresponde à soma das perdas por efeito joule ( $W_j$ ) geradas no condutor e na blindagem e as perdas no dielétrico ( $W_d$ ).

Assim temos as expressões:

$$W_{tot} = W_j + W_d \text{ (em W/km)}$$

$$W_j = R_{ca} \cdot I_n^2$$

$$W_d = \frac{(U_o^2 \cdot \text{tg}\delta)}{X_c}$$

O fator  $f_c$  é calculado a partir do acréscimo de temperatura no interior da canaleta.

Assim temos:

$$\Delta T = \frac{(W_{tot} \cdot 10^{-3})}{3_p} \text{ (em } ^\circ\text{C)}$$

$$f_c = \sqrt{\frac{T_c - T_a - \Delta T}{T_c - T_a}}$$

# Média tensão

## Uso Geral

### FATOR DE CORREÇÃO PARA CABOS EM CANALETAS

#### SIMBOLOGIA

$W_{tot}$  - perda total de potência no cabo (W/km)

$W_j$  - perdas por efeito joule geradas no condutor e na blindagem (W/km)

$W_d$  - perdas no dielétrico (W/km)

$R_{ca}^*$  - parte real da impedância de linha cujos valores são tabelados no capítulo "Parâmetros Elétricos" (W/km)

$I_n$  - corrente nominal a ser transportada pelo cabo (A)

$U_o$  - tensão fase-terra do sistema (V)

$tg\delta$  - fator de perdas no dielétrico (ver valores abaixo)

$X_c$  - reatância capacitiva cujos valores são tabelados no capítulo "Parâmetros Elétricos" (W.km)

$\Delta T$  - acréscimo de temperatura na canaleta, devido às perdas no cabo (°C)

$p$  - perímetro enterrado na canaleta (m)

$f_c$  - fator de correção da capacidade de condução de corrente devido ao acréscimo de temperatura na canaleta

$T_c$  - máxima temperatura admissível no condutor em regime normal de operação (°C)

$T_a$  - máxima temperatura ambiente da canaleta, antes da energização dos cabos (°C)

\* Nota:

Lembramos que os valores já incluem o efeito de circulação de corrente na blindagem metálica e, sendo assim, quando multiplicados por  $I_n^2$  fornecem as perdas geradas no condutor e na blindagem.

Valores de  $tg\delta$  para cabos isolados em EPR e XLPE:

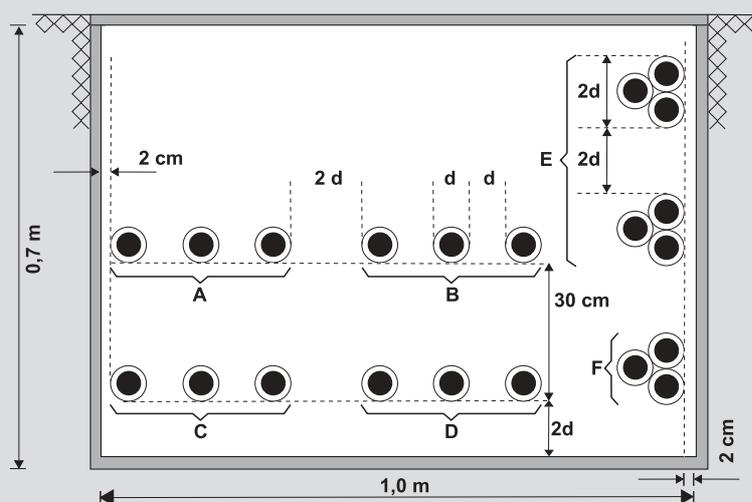
EPR - 0,040

XLPE - 0,008

### FATOR DE CORREÇÃO PARA CABOS EM CANALETAS

#### EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO

➤ Suponhamos uma instalação de cabos em canaleta, a uma temperatura ambiente máxima de 35°C e que compreenda 6 circuitos trifásicos dispostos conforme croquis abaixo:



A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### FATOR DE CORREÇÃO PARA CABOS EM CANALETAS

#### DESCRIÇÃO DOS CIRCUITOS

circuito	tensão do sistema (kV)	corrente ( $I_n$ ) a transportar (A)	cabo a ser utilizado
A	13,8	180	Eprotenax 8,7/15kV - Unipolar
B	13,8	400	Eprotenax 8,7/15kV - Unipolar
C	13,8	200	Eprotenax 8,7/15kV - Unipolar
D	34,5	160	Eprotenax 20/35kV - Unipolar
E	13,8	2 x 120	Voltalene 8,7/15kV - Unipolar
F	13,8	80	Voltalene 8,7/15kV - Unipolar

#### SEQÜÊNCIA DE CÁLCULO

1. Adote, inicialmente, uma seção consultando as tabelas de capacidade de condução de corrente (colunas I, II ou III) de cada cabo. Por praticidade, adote uma seção superior em 2 ou 3 à correspondente à corrente nominal ( $I_n$ ).

circuito	$I_n$ (A)	seção adotada (mm <sup>2</sup> )	corrente máxima admissível (A)	parâmetros elétricos		tg $\delta$
				$R_{ca}$	$X_c$	
A	180	95	407 *	0,251	9,632	0,040
B	400	240	721 *	0,103	6,780	0,040
C	200	70	333 *	0,347	10,757	0,040
D	160	70	323 *	0,348	17,244	0,040
E	120	50	222 **	0,495	13,678	0,008
F	80	35	184 **	0,670	14,866	0,008

(\*) Tabela de capacidade de condução de corrente - Coluna I

(\*\*) Tabela de capacidade de condução de corrente - Coluna II

2. Consulte a tabela de Parâmetros Elétricos que determina para cada cabo os valores de  $R_{ca}$  e  $X_c$ .

3. Calcule as perdas por efeito joule.

$$W_{jtot} = \sum R_{ca} \cdot I_n^2$$

$$W_{jtot} = 3 \times 0,251 \times 180^2 + 3 \times 0,103 \times 400^2 + 3 \times 0,347 \times 200^2 + 3 \times 0,348 \times 160^2 + 2 \times 3 \times 0,495 \times 120^2 + 3 \times 0,670 \times 80^2$$

$$W_{jtot} = 197.836 \text{ W/km}$$

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

4. Calcule as perdas por feito capacitivo.

$$W_{dtot} = \frac{\sum (U_o^2 \cdot tg\delta)}{X_c} \quad \text{sendo } U_{o1} = \frac{13.800}{\sqrt{3}} \quad \text{e } U_o^2 = \frac{34.500}{\sqrt{3}}$$

$$W_{dtot} = \left( \frac{13.800}{\sqrt{3}} \right)^2 \left( 3 \frac{0,04}{9.632} + 3 \frac{0,04}{6.780} + 3 \frac{0,04}{10.757} + 6 \frac{0,008}{13.678} + 3 \frac{0,008}{14.866} \right) + \left( \frac{34.500}{\sqrt{3}} \right)^2 \cdot 3 \frac{0,04}{17.244}$$

$$W_{dtot} = 5.709 \text{ W/km} \quad W_{tot} = 197.836 + 5.706 = 203.545 \text{ W/km}$$

5. Determine o acréscimo de temperatura no interior da canaleta devido às perdas nos cabos.

$$\Delta T = \frac{W_{tot}}{3_p} \cdot 10^{-3} \quad \text{sendo } p = 2 \cdot 0,7 + 1,0 = 2,4\text{m}$$

$$\Delta T = \frac{203.545 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 2,4} \quad \Delta T = 28,3^\circ\text{C}$$

6. Calcule o fator de correção ( $f_c$ ).

$$f_c = \sqrt{\frac{T_c - T_a - \Delta T}{T_c - T_a}}$$

$$f_c = \sqrt{\frac{90 - 35 - 28,3}{90 - 35}} \quad f_c = 0,697 \quad \text{Eprotenax e Voltalene}$$

7. Determine o fator de correção em função da temperatura ambiente ( $f_t$ ).

8. Determine o fator de correção em função do agrupamento ( $f_a$ ). Os circuitos A, B, C e D estão instalados em bandejas (cabos unipolares em plano) e possuem 2 ternas por bandeja ( $f_a = 0,94$ ). Os circuitos E e F, em trifólio, estão instalados na vertical e são consideradas 3 ternas ( $f_a = 0,90$ ).

9. Multiplique a corrente máxima admissível pelos fatores de correção.

10. Compare os valores da corrente corrigida (última coluna) com os valores da corrente nominal (segunda coluna). Os circuitos B e C apresentam ótimos resultados, enquanto os circuitos A, D, E e F poderão ser refeitos tentando-se seções menores.

### QUADRO RESUMO

circuito	$I_n$ (A)	seção adotada (mm <sup>2</sup> )	corrente máxima admissível (A)	$f_c$	$f_t$	$f_a$	corrente corrigida (A)
A	180	95	407	0,697	0,96	0,94	256
B	400	240	721	0,697	0,96	0,94	453
C	200	70	333	0,697	0,96	0,94	209
D	160	70	323	0,697	0,96	0,94	203
E	120	50	222	0,697	0,96	0,90	134
F	80	35	184	0,697	0,96	0,90	111

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

#### CORRENTES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS POR CONDUTOR AO AR LIVRE

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	temperatura no condutor: 105°C — temperatura ambiente: 30°C								
	em bandejas			em canaletas			em eletrodutos (*)		
	I 3 cabos unipolares em plano	II 3 cabos unipolares em trifólio	III 1 cabo tripolar	IV 3 cabos unipolares em plano	V 3 cabos unipolares em trifólio	VI 1 cabo tripolar	VII 3 cabos unipolares em plano	VIII 3 cabos unipolares em trifólio	IX 1 cabo tripolar

#### EPROTENAX COMPACT 105 DE 3,6/6 kV A 8,7/15 kV

10	116	97	97	102	88	88	96	75	75
16	152	127	127	133	115	115	124	97	97
25	201	167	167	173	150	150	161	126	126
35	245	204	204	209	182	182	195	153	153
50	297	246	246	250	218	218	233	183	183
70	370	307	307	308	269	269	287	225	225
95	453	376	376	372	327	327	346	273	273
120	523	435	435	425	375	375	396	313	313
150	596	496	496	479	424	424	447	354	354
185	683	568	568	543	482	482	508	403	403
240	802	672	672	630	564	564	593	472	472
300	918	767	767	712	639	639	673	535	535
400	1.070	890	890	814	731	731	774	613	613
500	1.229	1.015	—	920	825	—	881	693	—

#### EPROTENAX COMPACT 105 DE 12/20 kV A 20/35 kV

16	151	131	131	132	118	118	126	102	102
25	199	171	171	171	153	153	163	131	131
35	240	207	207	206	184	184	196	156	156
50	286	250	250	244	220	220	235	187	187
70	357	311	311	301	272	272	289	230	230
95	436	379	379	362	329	329	349	278	278
120	503	438	438	414	377	377	399	319	319
150	572	498	498	467	426	426	450	360	360
185	660	571	571	532	484	484	511	409	409
240	779	672	672	619	565	565	597	479	479
300	891	768	—	699	641	—	676	542	—
400	1.037	891	—	800	734	—	778	621	—
500	1.192	1.018	—	905	829	—	885	703	—

(\*) Eletrodutos não-metálicos. NBR 14039/2003 - Tabela 30.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.



# Média tensão

## Uso Geral

### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

#### CORRENTES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS POR CONDUTOR AO AR LIVRE

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	temperatura no condutor: 90°C — temperatura ambiente: 30°C								
	em bandejas			em canaletas			em eletrodutos (*)		
	I 3 cabos unipolares em plano	II 3 cabos unipolares em trifólio	III 1 cabo tripolar	IV 3 cabos unipolares em plano	V 3 cabos unipolares em trifólio	VI 1 cabo tripolar	VII 3 cabos unipolares em plano	VIII 3 cabos unipolares em trifólio	IX 1 cabo tripolar

#### EPROTENAX COMPACT, EPROTENAX E VOLTALENE DE 3,6/6 kV A 8,7/15 kV

10	105	87	87	92	80	80	87	67	67
16	137	114	114	120	104	104	114	87	87
25	181	150	150	156	135	135	147	112	112
35	221	183	183	189	164	164	178	136	136
50	267	221	221	226	196	196	213	162	162
70	333	275	275	279	243	243	262	200	200
95	407	337	337	336	294	294	316	243	243
120	470	390	390	384	338	338	361	278	278
150	536	445	445	433	382	382	408	315	315
185	613	510	510	491	435	435	463	357	357
240	721	602	602	569	509	509	541	419	419
300	824	687	687	643	575	575	614	474	474
400	959	796	796	734	658	658	706	543	543
500	1.100	907	—	829	741	—	803	613	—

#### EPROTENAX COMPACT, EPROTENAX E VOLTALENE DE 12/20 kV A 20/35 kV

16	137	118	118	120	107	107	115	91	91
25	179	154	154	155	138	138	149	117	117
35	217	186	186	187	166	166	179	139	139
50	259	225	225	221	199	199	215	166	166
70	323	279	279	273	245	245	264	205	205
95	394	341	341	329	297	297	319	247	247
120	454	393	393	375	340	340	364	283	283
150	516	448	448	423	385	385	411	320	320
185	595	513	513	482	437	437	466	363	363
240	702	604	604	560	510	510	545	425	425
300	802	690	—	633	578	—	618	481	—
400	933	800	—	723	661	—	711	550	—
500	1.070	912	—	817	746	—	809	622	—

(\*) Eletrodutos não-metálicos. NBR 14039/2003 - Tabela 28.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

#### CORRENTES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS POR CONDUTOR NO SOLO



#### EPROTENAX COMPACT, EPROTENAX E VOLTALENE DE 3,6/6 kV A 8,7/15 kV

10	63	55	55	65	95	78	114	65	95
16	81	70	70	84	123	99	145	84	123
25	104	90	90	107	156	126	184	107	156
35	124	108	108	128	187	150	219	128	187
50	147	127	127	150	219	176	257	150	219
70	178	154	154	183	267	212	310	183	267
95	213	184	184	218	318	250	365	218	318
120	241	209	209	247	361	281	410	247	361
150	270	234	234	276	403	311	454	276	403
185	304	263	263	311	454	347	507	311	454
240	351	303	303	358	523	395	577	358	523
300	394	340	340	402	587	437	638	402	587
400	447	382	382	453	661	489	714	453	661
500	502	426	—	—	—	542	791	506	739

#### EPROTENAX COMPACT, EPROTENAX E VOLTALENE DE 12/20 kV A 20/35 kV

16	83	72	72	84	123	98	143	84	123
25	106	92	92	108	158	125	183	108	158
35	126	109	109	128	187	149	218	128	187
50	148	128	128	151	220	175	256	151	220
70	181	156	156	184	269	211	308	184	269
95	215	186	186	219	320	250	365	219	320
120	244	211	211	248	362	281	410	248	362
150	273	236	236	278	406	311	454	278	406
185	307	265	265	312	456	347	507	312	456
240	355	306	306	360	526	395	577	360	526
300	398	342	—	—	—	439	641	404	590
400	452	386	—	—	—	491	717	457	667
500	507	431	—	—	—	544	794	511	746

NBR 14039/2003 - Tabela 28.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO NA BLINDAGEM

- Este capítulo tem por finalidade possibilitar a determinação da operabilidade de um cabo sob condições de curto-circuito, limitada pelo fluxo de correntes de falha através da blindagem metálica do cabo. Essa determinação de operabilidade consiste no cálculo do tempo máximo que uma blindagem metálica pode ser submetida a uma determinada corrente de curto-circuito à terra, sem danos para a isolamento e cobertura de proteção.

#### CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS

- Uma fórmula foi desenvolvida para o cálculo da corrente de curto-circuito em blindagem de cobre, aplicada sob a forma de fios ou fitas. É baseada na energia térmica armazenada na blindagem metálica e no limite máximo de temperatura admitida pela isolamento ou pela cobertura, com a hipótese de que o intervalo de tempo para o fluxo de corrente seja tão pequeno que o calor desenvolvido durante o curto-circuito fica contido na blindagem. A temperatura máxima de curto-circuito para cabos com cobertura de polietileno ou PVC é de 200°C. A seção efetiva da blindagem encontra-se indicada na tabela de Dados Construtivos.

#### FÓRMULAS SIMPLIFICADAS

- A fórmula apresentada pode ser simplificada, uma vez fixadas as temperaturas em regime contínuo ( $T_1$ ) e em curto-circuito ( $T_2$ ). A tabela abaixo apresenta fórmulas simplificadas. Cumpre assinalar que, no caso de cabos tripolares com blindagem a fios de cobre, a corrente de retorno em um curto-circuito unipolar circulará pelas blindagens dos três condutores, portanto os valores dados podem, neste caso, ser multiplicados por três.

#### SIMBOLOGIA

**S** = seção efetiva de blindagem (mm<sup>2</sup>)

**t** = tempo de duração do curto-circuito (s)

**T<sub>1</sub>** = temperatura de operação da blindagem (°C)

**T<sub>2</sub>** = temperatura de curto-circuito da blindagem (°C)

**β** = 234,5 = temperatura deduzida para resistência ôhmica da blindagem nula (°C abaixo de zero)

**K** = parâmetro função das características do material da blindagem

Fórmula básica:

$$\left(\frac{I}{S}\right)^2 \cdot t = 115.679 \log \frac{T_2 + \beta}{T_1 + \beta}$$

Referências: ICEA P-45-482 e IEC 949

tipo de cabo	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	fórmula simplificada
Eprotenax Compact Eprotenax Voltalene	85	200	$I\sqrt{t} = 122,4 \text{ S}$
Eprotenax Compact 105	100	200	$I\sqrt{t} = 115 \text{ S}$

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

- Na análise de circuitos elétricos faz-se necessário o conhecimento de alguns parâmetros elétricos dos cabos que apresentamos a seguir. Esses parâmetros por fase são:

$R_{CC}$  - resistência ôhmica máxima em cc

$R_{CA}$  - resistência em ca

$X_L$  - reatância indutiva

$X_C$  - reatância capacitiva

- Os valores de  $R_{CC}$  foram extraídos da NBR NM 280 classe de encordoamento 2 e se referem à temperatura de 20°C. Os parâmetros  $R_{CA}$ ,  $X_L$  e  $X_C$  são válidos para cabos aplicados em sistemas trifásicos, simétricos e equilibrados, na frequência de 60Hz.
- O parâmetro  $R_{CA}$  foi calculado para a temperatura máxima permitida pela isolação do cabo em regime contínuo. Os valores de  $R_{CA}$  e  $X_L$ , que dependem da maneira de instalar os cabos, são os componentes da impedância série da linha. A parte real da impedância é representada por  $R_{CA}$  e a parte imaginária por  $X_L$ .
- Foi também considerado no cálculo de  $R_{CA}$  e  $X_L$  o efeito da circulação de correntes pelas blindagens, pois a maior parte das instalações de cabos de potência de média tensão têm a blindagem aterrada em dois ou mais pontos. O parâmetro  $X_C$ , reatância capacitiva, é considerado entre fase-terra (condutor-blindagem).

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	R <sub>CC</sub> máxima em CC à 20 °C (Ω/km)	X <sub>C</sub> (Ω.km)	unipolar						tripolar					
			s = 2D		s = 13 cm		s = 20 cm		trifólio		banco de dutos		R <sub>ca</sub> (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)
			R <sub>ca</sub> (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)										

#### EPROTENAX COMPACT 105 - 3,6/6 kV

10	1,830	11.360	2,447	0,247	2,459	0,357	2,464	0,389	2,443	0,178	2,461	0,381	2,442	0,162
16	1,150	10.023	1,540	0,235	1,551	0,341	1,556	0,373	1,536	0,165	1,553	0,364	1,534	0,150
25	0,727	8.772	0,976	0,223	0,986	0,324	0,991	0,356	0,971	0,154	0,988	0,348	0,970	0,140
35	0,524	7.804	0,705	0,215	0,715	0,311	0,719	0,343	0,701	0,145	0,716	0,334	0,700	0,132
50	0,387	6.908	0,522	0,206	0,531	0,298	0,534	0,330	0,518	0,137	0,533	0,321	0,517	0,125
70	0,268	6.150	0,363	0,200	0,372	0,285	0,376	0,317	0,359	0,130	0,373	0,309	0,358	0,119
95	0,193	5.467	0,263	0,194	0,271	0,274	0,275	0,306	0,260	0,125	0,273	0,297	0,259	0,114
120	0,153	4.983	0,210	0,190	0,217	0,265	0,221	0,297	0,207	0,120	0,219	0,288	0,206	0,110
150	0,124	4.579	0,172	0,186	0,178	0,257	0,182	0,289	0,168	0,117	0,179	0,280	0,168	0,107
185	0,099	4.213	0,139	0,183	0,144	0,249	0,148	0,281	0,135	0,114	0,146	0,273	0,135	0,104
240	0,075	4.169	0,107	0,181	0,112	0,239	0,116	0,271	0,105	0,111	0,114	0,263	0,104	0,102
300	0,060	3.811	0,087	0,178	0,092	0,231	0,095	0,263	0,085	0,109	0,093	0,254	0,085	0,100
400	0,047	3.363	0,070	0,174	0,074	0,220	0,077	0,252	0,069	0,105	0,075	0,243	0,069	0,096
500	0,037	3.062	0,057	0,172	0,060	0,212	0,063	0,244	0,056	0,102	0,061	0,235	—	—

#### EPROTENAX COMPACT 105 - 6/10 kV

16	1,150	10.023	1,540	0,235	1,551	0,341	1,556	0,373	1,536	0,165	1,553	0,364	1,534	0,150
25	0,727	8.772	0,976	0,223	0,986	0,324	0,991	0,356	0,971	0,154	0,988	0,348	0,970	0,140
35	0,524	7.804	0,705	0,215	0,715	0,311	0,719	0,343	0,701	0,145	0,716	0,334	0,700	0,132
50	0,387	6.908	0,522	0,206	0,531	0,298	0,534	0,330	0,518	0,137	0,533	0,321	0,517	0,125
70	0,268	6.150	0,363	0,200	0,372	0,285	0,376	0,317	0,359	0,130	0,373	0,309	0,358	0,119
95	0,193	5.467	0,263	0,194	0,271	0,274	0,275	0,306	0,260	0,125	0,273	0,297	0,259	0,114
120	0,153	4.983	0,210	0,190	0,217	0,265	0,221	0,297	0,207	0,120	0,219	0,288	0,206	0,110
150	0,124	4.579	0,172	0,186	0,178	0,257	0,182	0,289	0,168	0,117	0,179	0,280	0,168	0,107
185	0,099	4.213	0,139	0,183	0,144	0,249	0,148	0,281	0,135	0,114	0,146	0,273	0,135	0,104
240	0,075	4.169	0,107	0,181	0,112	0,239	0,116	0,271	0,105	0,111	0,114	0,263	0,104	0,102
300	0,060	3.811	0,087	0,178	0,092	0,231	0,095	0,263	0,085	0,109	0,093	0,254	0,085	0,100
400	0,047	3.363	0,070	0,174	0,074	0,220	0,077	0,252	0,069	0,105	0,075	0,243	0,069	0,096
500	0,037	3.062	0,057	0,172	0,060	0,212	0,063	0,244	0,056	0,102	0,061	0,235	—	—

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	R <sub>CC</sub> máxima em CC à 20 °C (Ω/km)	X <sub>C</sub> (Ω.km)	unipolar						tripolar					
			s = 2D		s = 13 cm		s = 20 cm		trifólio		banco de dutos		tripolar	
			R <sub>ca</sub> (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)										

#### EPROTENAX COMPACT 105 - 8,7/15 kV

16	1,150	12.750	1,540	0,244	1,550	0,341	1,554	0,373	1,536	0,174	1,552	0,364	1,534	0,161
25	0,727	10.067	0,976	0,228	0,986	0,324	0,990	0,356	0,971	0,158	0,987	0,348	0,970	0,145
35	0,524	8.993	0,705	0,219	0,714	0,311	0,718	0,343	0,701	0,149	0,716	0,334	0,700	0,137
50	0,387	7.991	0,522	0,210	0,531	0,298	0,535	0,330	0,518	0,141	0,532	0,321	0,517	0,130
70	0,268	7.139	0,363	0,204	0,371	0,285	0,375	0,318	0,359	0,134	0,373	0,309	0,358	0,123
95	0,193	6.366	0,263	0,197	0,271	0,274	0,275	0,306	0,260	0,128	0,272	0,297	0,259	0,118
120	0,153	5.816	0,210	0,193	0,217	0,265	0,221	0,297	0,206	0,124	0,218	0,288	0,206	0,114
150	0,124	5.355	0,172	0,189	0,178	0,257	0,182	0,289	0,168	0,120	0,179	0,280	0,168	0,110
185	0,099	4.936	0,139	0,186	0,144	0,249	0,148	0,281	0,135	0,117	0,145	0,273	0,135	0,107
240	0,075	5.061	0,107	0,185	0,112	0,239	0,115	0,271	0,104	0,115	0,113	0,263	0,104	0,106
300	0,060	4.636	0,087	0,182	0,091	0,231	0,095	0,263	0,085	0,112	0,092	0,254	0,085	0,103
400	0,047	4.103	0,070	0,178	0,074	0,220	0,077	0,252	0,068	0,108	0,075	0,243	—	—
500	0,037	3.743	0,057	0,175	0,060	0,212	0,062	0,244	0,056	0,105	0,061	0,235	—	—

#### EPROTENAX COMPACT 105 - 12/20 kV

16	1,150	16.526	1,540	0,257	1,548	0,341	1,552	0,373	1,535	0,187	1,549	0,364	1,534	0,177
25	0,727	13.816	0,975	0,241	0,984	0,324	0,998	0,357	0,971	0,172	0,985	0,348	0,970	0,161
35	0,524	11.132	0,705	0,226	0,713	0,311	0,717	0,343	0,701	0,157	0,715	0,334	0,700	0,146
50	0,387	9.958	0,522	0,218	0,530	0,298	0,534	0,330	0,518	0,149	0,531	0,321	0,517	0,138
70	0,268	8.949	0,363	0,210	0,370	0,286	0,374	0,318	0,359	0,141	0,372	0,309	0,358	0,131
95	0,193	8.025	0,263	0,204	0,270	0,274	0,274	0,306	0,259	0,135	0,271	0,297	0,259	0,125
120	0,153	7.363	0,210	0,199	0,216	0,265	0,220	0,297	0,206	0,130	0,217	0,288	0,206	0,120
150	0,124	6.803	0,172	0,195	0,177	0,257	0,181	0,289	0,168	0,126	0,178	0,280	0,167	0,116
185	0,099	6.292	0,139	0,191	0,144	0,249	0,147	0,281	0,135	0,122	0,145	0,273	0,135	0,113
240	0,075	6.253	0,107	0,190	0,111	0,239	0,115	0,271	0,104	0,120	0,112	0,263	0,104	0,111
300	0,060	5.746	0,087	0,186	0,091	0,231	0,094	0,263	0,085	0,117	0,092	0,255	—	—
400	0,047	5.105	0,070	0,182	0,073	0,220	0,076	0,252	0,068	0,112	0,074	0,243	—	—
500	0,037	4.669	0,057	0,179	0,059	0,212	0,062	0,244	0,055	0,109	0,060	0,235	—	—

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	R <sub>CC</sub> máxima em CC à 20 °C (Ω/km)	X <sub>C</sub> (Ω.km)	unipolar								tripolar			
			s = 2D		s = 13 cm		s = 20 cm		trifólio		banco de dutos		tripolar	
			R <sub>ca</sub> (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)										

#### EPROTENAX COMPACT 105 - 15/25 kV

35	0,524	15.020	0,705	0,242	0,711	0,311	0,715	0,343	0,700	0,172	0,712	0,335	0,700	0,162
50	0,387	12.517	0,522	0,228	0,528	0,298	0,532	0,330	0,518	0,159	0,530	0,321	0,517	0,149
70	0,268	11.329	0,363	0,220	0,369	0,286	0,373	0,318	0,359	0,151	0,371	0,309	0,358	0,141
95	0,193	10.229	0,263	0,213	0,269	0,274	0,272	0,306	0,259	0,144	0,270	0,297	0,259	0,134
120	0,153	9.433	0,210	0,208	0,215	0,265	0,219	0,297	0,206	0,138	0,216	0,288	0,205	0,129
150	0,124	8.754	0,171	0,203	0,176	0,257	0,180	0,289	0,168	0,134	0,177	0,280	—	—
185	0,099	8.130	0,138	0,199	0,143	0,249	0,146	0,281	0,135	0,130	0,144	0,273	—	—
240	0,075	6.818	0,107	0,192	0,111	0,239	0,115	0,271	0,104	0,123	0,112	0,263	—	—
300	0,060	6.273	0,087	0,189	0,091	0,231	0,094	0,263	0,084	0,119	0,092	0,255	—	—
400	0,047	5.583	0,070	0,184	0,073	0,220	0,076	0,252	0,068	0,114	0,074	0,243	—	—
500	0,037	5.112	0,057	0,181	0,059	0,212	0,062	0,244	0,055	0,111	0,060	0,235	—	—

#### EPROTENAX COMPACT 105 - 20/35 kV

50	0,387	16.288	0,522	0,243	0,527	0,298	0,530	0,330	0,518	0,174	0,528	0,322	—	—
70	0,268	14.033	0,363	0,231	0,368	0,286	0,372	0,318	0,359	0,162	0,369	0,309	—	—
95	0,193	12.761	0,263	0,223	0,268	0,274	0,271	0,306	0,259	0,154	0,269	0,298	—	—
120	0,153	11.831	0,210	0,218	0,214	0,265	0,217	0,297	0,206	0,148	0,215	0,289	—	—
150	0,124	11.032	0,171	0,213	0,175	0,257	0,178	0,289	0,168	0,143	0,176	0,281	—	—
185	0,099	9.247	0,138	0,204	0,142	0,249	0,146	0,281	0,135	0,134	0,143	0,273	—	—
240	0,075	8.400	0,107	0,199	0,110	0,239	0,114	0,271	0,104	0,129	0,111	0,263	—	—
300	0,060	7.757	0,087	0,195	0,090	0,231	0,093	0,263	0,084	0,125	0,091	0,255	—	—
400	0,047	6.936	0,070	0,190	0,072	0,220	0,075	0,252	0,068	0,120	0,073	0,244	—	—
500	0,037	6.373	0,057	0,186	0,059	0,212	0,062	0,244	0,055	0,117	0,059	0,235	—	—

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	R <sub>CC</sub> máxima em CC à 20 °C (Ω/km)	X <sub>C</sub> (Ω.km)	unipolar						tripolar					
			s = 2D		s = 13 cm		s = 20 cm		trifólio		banco de dutos		R <sub>ca</sub> (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)
			R <sub>ca</sub> (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)										

#### EPROTENAX COMPACT - 3,6/6 kV

10	1,830	11.360	2,339	0,245	2,351	0,357	2,356	0,389	2,335	0,176	2,353	0,381	2,334	0,162
16	1,150	10.023	1,472	0,234	1,484	0,341	1,488	0,373	1,468	0,164	1,485	0,364	1,467	0,150
25	0,727	8.772	0,933	0,222	0,943	0,324	0,948	0,356	0,928	0,153	0,945	0,348	0,927	0,140
35	0,524	7.804	0,674	0,214	0,684	0,311	0,688	0,343	0,670	0,144	0,686	0,334	0,669	0,132
50	0,387	6.908	0,499	0,206	0,508	0,298	0,513	0,330	0,495	0,137	0,510	0,321	0,494	0,125
70	0,268	6.150	0,348	0,200	0,356	0,285	0,360	0,317	0,344	0,130	0,358	0,309	0,343	0,119
95	0,193	5.467	0,252	0,194	0,260	0,274	0,264	0,306	0,248	0,125	0,261	0,297	0,248	0,114
120	0,153	4.983	0,201	0,190	0,208	0,265	0,212	0,297	0,198	0,120	0,210	0,288	0,197	0,110
150	0,124	4.579	0,164	0,186	0,171	0,257	0,175	0,289	0,161	0,117	0,172	0,280	0,160	0,107
185	0,099	4.213	0,133	0,183	0,139	0,249	0,143	0,281	0,130	0,114	0,140	0,273	0,129	0,104
240	0,075	4.169	0,103	0,181	0,108	0,239	0,112	0,271	0,100	0,111	0,109	0,263	0,100	0,102
300	0,060	3.811	0,084	0,178	0,088	0,231	0,092	0,263	0,082	0,109	0,089	0,254	0,082	0,100
400	0,047	3.363	0,068	0,174	0,071	0,220	0,075	0,252	0,066	0,105	0,072	0,243	0,066	0,096
500	0,037	3.062	0,055	0,172	0,058	0,212	0,061	0,244	0,054	0,102	0,059	0,235	—	—

#### EPROTENAX COMPACT - 6/10 kV

16	1,150	10.023	1,472	0,234	1,484	0,341	1,488	0,373	1,468	0,164	1,485	0,364	1,467	0,150
25	0,727	8.772	0,933	0,222	0,943	0,324	0,948	0,356	0,928	0,153	0,945	0,348	0,927	0,140
35	0,524	7.804	0,674	0,214	0,684	0,311	0,688	0,343	0,670	0,144	0,686	0,334	0,669	0,132
50	0,387	6.908	0,499	0,206	0,508	0,298	0,513	0,330	0,495	0,137	0,510	0,321	0,494	0,125
70	0,268	6.150	0,348	0,200	0,356	0,285	0,360	0,317	0,344	0,130	0,358	0,309	0,343	0,119
95	0,193	5.467	0,252	0,194	0,260	0,274	0,264	0,306	0,248	0,125	0,261	0,297	0,248	0,114
120	0,153	4.983	0,201	0,190	0,208	0,265	0,212	0,297	0,198	0,120	0,210	0,288	0,197	0,110
150	0,124	4.579	0,164	0,186	0,171	0,257	0,175	0,289	0,161	0,117	0,172	0,280	0,160	0,107
185	0,099	4.213	0,133	0,183	0,139	0,249	0,143	0,281	0,130	0,114	0,140	0,273	0,129	0,104
240	0,075	4.169	0,103	0,181	0,108	0,239	0,112	0,271	0,100	0,111	0,109	0,263	0,100	0,102
300	0,060	3.811	0,084	0,178	0,088	0,231	0,092	0,263	0,082	0,109	0,089	0,254	0,082	0,100
400	0,047	3.363	0,068	0,174	0,071	0,220	0,075	0,252	0,066	0,105	0,072	0,243	0,066	0,096
500	0,037	3.062	0,055	0,172	0,058	0,212	0,061	0,244	0,054	0,102	0,059	0,235	—	—

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	R <sub>CC</sub> máxima em CC à 20 °C (Ω/km)	X <sub>C</sub> (Ω.km)	unipolar								tripolar			
			s = 2D		s = 13 cm		s = 20 cm		trifólio		banco de dutos		tripolar	
			R <sub>ca</sub> (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)										

#### EPROTENAX COMPACT - 8,7/15 kV

16	1,150	12.750	1,472	0,243	1,482	0,341	1,487	0,373	1,468	0,173	1,484	0,364	1,467	0,161
25	0,727	10.067	0,933	0,227	0,943	0,324	0,947	0,356	0,928	0,157	0,944	0,348	0,927	0,145
35	0,524	8.993	0,674	0,219	0,683	0,311	0,688	0,343	0,670	0,149	0,685	0,334	0,669	0,137
50	0,387	7.991	0,499	0,210	0,508	0,298	0,512	0,330	0,495	0,141	0,509	0,321	0,494	0,130
70	0,268	7.139	0,348	0,204	0,355	0,285	0,360	0,318	0,344	0,134	0,357	0,309	0,343	0,123
95	0,193	6.366	0,252	0,197	0,259	0,274	0,263	0,306	0,248	0,128	0,261	0,297	0,247	0,118
120	0,153	5.816	0,201	0,193	0,208	0,265	0,212	0,297	0,197	0,124	0,209	0,288	0,197	0,114
150	0,124	5.355	0,164	0,189	0,170	0,257	0,174	0,289	0,161	0,120	0,172	0,280	0,160	0,110
185	0,099	4.936	0,133	0,186	0,138	0,249	0,142	0,281	0,130	0,117	0,140	0,273	0,129	0,107
240	0,075	5.061	0,103	0,185	0,107	0,239	0,111	0,271	0,100	0,115	0,109	0,263	0,100	0,106
300	0,060	4.636	0,084	0,182	0,088	0,231	0,091	0,263	0,081	0,112	0,089	0,254	0,081	0,103
400	0,047	4.103	0,068	0,178	0,071	0,220	0,074	0,252	0,066	0,108	0,072	0,243	—	—
500	0,037	3.743	0,055	0,175	0,058	0,212	0,061	0,244	0,054	0,105	0,059	0,235	—	—

#### EPROTENAX COMPACT - 12/20 kV

16	1,150	16.526	1,472	0,257	1,480	0,341	1,484	0,373	1,467	0,187	1,482	0,364	1,467	0,177
25	0,727	13.816	0,933	0,241	0,941	0,324	0,945	0,357	0,928	0,172	0,942	0,348	0,927	0,161
35	0,524	11.132	0,674	0,226	0,682	0,311	0,686	0,343	0,670	0,157	0,684	0,334	0,669	0,146
50	0,387	9.958	0,499	0,218	0,507	0,298	0,511	0,330	0,495	0,149	0,508	0,321	0,494	0,138
70	0,268	8.949	0,347	0,210	0,355	0,286	0,359	0,318	0,343	0,141	0,356	0,309	0,343	0,131
95	0,193	8.025	0,252	0,204	0,258	0,274	0,262	0,306	0,248	0,135	0,260	0,297	0,247	0,125
120	0,153	7.363	0,201	0,199	0,207	0,265	0,211	0,297	0,197	0,130	0,208	0,288	0,197	0,120
150	0,124	6.803	0,164	0,195	0,170	0,257	0,173	0,289	0,161	0,126	0,171	0,280	0,160	0,116
185	0,099	6.292	0,133	0,191	0,138	0,249	0,141	0,281	0,129	0,122	0,139	0,273	0,129	0,113
240	0,075	6.253	0,103	0,190	0,107	0,239	0,110	0,271	0,100	0,120	0,108	0,263	0,099	0,111
300	0,060	5.746	0,084	0,186	0,087	0,231	0,091	0,263	0,081	0,117	0,088	0,255	—	—
400	0,047	5.105	0,068	0,182	0,070	0,220	0,074	0,252	0,066	0,112	0,071	0,243	—	—
500	0,037	4.669	0,055	0,179	0,057	0,212	0,060	0,244	0,054	0,109	0,058	0,235	—	—

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	R <sub>CC</sub> máxima em CC à 20 °C (Ω/km)	X <sub>C</sub> (Ω.km)	unipolar						tripolar					
			s = 2D		s = 13 cm		s = 20 cm		trifólio		banco de dutos		tripolar	
			R <sub>ca</sub> (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)										

#### EPROTENAX COMPACT - 15/25 kV

35	0,524	15.020	0,674	0,242	0,680	0,311	0,684	0,343	0,670	0,172	0,682	0,335	0,669	0,162
50	0,387	12.517	0,499	0,228	0,506	0,298	0,509	0,330	0,495	0,159	0,507	0,321	0,494	0,149
70	0,268	11.329	0,347	0,220	0,353	0,286	0,357	0,318	0,343	0,151	0,355	0,309	0,343	0,141
95	0,193	10.229	0,252	0,213	0,257	0,274	0,261	0,306	0,248	0,144	0,259	0,297	0,247	0,134
120	0,153	9.433	0,201	0,208	0,206	0,265	0,210	0,297	0,197	0,138	0,207	0,288	0,196	0,129
150	0,124	8.754	0,164	0,203	0,169	0,257	0,172	0,289	0,161	0,134	0,170	0,280	—	—
185	0,099	8.130	0,133	0,199	0,137	0,249	0,140	0,281	0,129	0,130	0,138	0,273	—	—
240	0,075	6.818	0,103	0,192	0,107	0,239	0,110	0,271	0,100	0,123	0,108	0,263	—	—
300	0,060	6.273	0,084	0,189	0,087	0,231	0,090	0,263	0,081	0,119	0,088	0,255	—	—
400	0,047	5.583	0,068	0,184	0,070	0,220	0,073	0,252	0,065	0,114	0,071	0,243	—	—
500	0,037	5.112	0,055	0,181	0,057	0,212	0,060	0,244	0,053	0,111	0,058	0,235	—	—

#### EPROTENAX COMPACT - 20/35 kV

50	0,387	16.288	0,499	0,243	0,504	0,298	0,507	0,330	0,495	0,174	0,505	0,322	—	—
70	0,268	14.033	0,347	0,231	0,352	0,286	0,356	0,318	0,343	0,162	0,353	0,309	—	—
95	0,193	12.761	0,252	0,223	0,256	0,274	0,260	0,306	0,248	0,154	0,257	0,298	—	—
120	0,153	11.831	0,201	0,218	0,205	0,265	0,208	0,297	0,197	0,148	0,206	0,289	—	—
150	0,124	11.032	0,164	0,213	0,168	0,257	0,171	0,289	0,160	0,143	0,169	0,281	—	—
185	0,099	9.247	0,133	0,204	0,136	0,249	0,140	0,281	0,129	0,134	0,138	0,273	—	—
240	0,075	8.400	0,103	0,199	0,106	0,239	0,109	0,271	0,100	0,129	0,107	0,263	—	—
300	0,060	7.757	0,084	0,195	0,086	0,231	0,090	0,263	0,081	0,125	0,088	0,255	—	—
400	0,047	6.936	0,068	0,190	0,070	0,220	0,073	0,252	0,065	0,120	0,071	0,244	—	—
500	0,037	6.373	0,055	0,186	0,057	0,212	0,059	0,244	0,053	0,117	0,057	0,235	—	—

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	R <sub>CC</sub> máxima em CC à 20°C (Ω/km)	X <sub>C</sub> (Ω.km)		unipolar								tripolar	
		epro-tenax	volta-lene	s = 2D		s = 13 cm		s = 20 cm		trifólio		banco de dutos	

#### EPROTENAX E VOLTALENE - 3,6/6 kV

16	1,150	12.215	13.809	1,470	0,240	1,480	0,337	1,480	0,369	1,470	0,171	1,480	0,361	1,470	0,158
25	0,727	10.739	12.140	0,933	0,228	0,941	0,320	0,945	0,353	0,928	0,159	0,944	0,344	0,928	0,147
35	0,524	9.719	10.987	0,673	0,220	0,681	0,308	0,685	0,340	0,670	0,151	0,684	0,332	0,669	0,139
50	0,387	8.879	10.037	0,498	0,214	0,506	0,298	0,510	0,330	0,495	0,144	0,509	0,321	0,495	0,133
70	0,268	7.821	8.841	0,347	0,205	0,354	0,284	0,358	0,316	0,343	0,136	0,356	0,307	0,343	0,125
95	0,193	6.946	7.852	0,251	0,199	0,258	0,271	0,261	0,303	0,248	0,129	0,260	0,295	0,248	0,119
120	0,153	6.396	7.230	0,200	0,194	0,206	0,263	0,210	0,295	0,197	0,125	0,209	0,286	0,197	0,115
150	0,124	5.895	6.664	0,164	0,191	0,169	0,255	0,172	0,287	0,161	0,121	0,171	0,278	0,162	0,112
185	0,099	5.413	6.119	0,133	0,187	0,140	0,246	0,144	0,278	0,130	0,118	0,143	0,270	0,130	0,109
240	0,075	4.786	5.410	0,103	0,182	0,109	0,235	0,113	0,267	0,100	0,113	0,112	0,258	0,101	0,104
300	0,060	4.366	4.936	0,084	0,179	0,089	0,226	0,093	0,258	0,082	0,110	0,098	0,250	0,082	0,101
400	0,047	3.993	4.514	0,068	0,177	0,072	0,218	0,076	0,250	0,066	0,107	0,075	0,242	0,067	0,099
500	0,037	3.804	4.301	0,055	0,174	0,058	0,209	0,062	0,241	0,054	0,105	0,061	0,232	—	—

#### EPROTENAX E VOLTALENE - 6/10 kV

16	1,150	13.368	15.112	1,470	0,244	1,480	0,337	1,480	0,369	1,470	0,174	1,480	0,361	1,470	0,162
25	0,727	11.793	13.331	0,932	0,232	0,940	0,320	0,944	0,353	0,928	0,162	0,943	0,344	0,928	0,150
35	0,524	10.698	13.595	0,673	0,223	0,681	0,308	0,685	0,340	0,670	0,154	0,684	0,332	0,669	0,142
50	0,387	9.794	11.072	0,498	0,216	0,506	0,298	0,510	0,330	0,495	0,147	0,509	0,321	0,495	0,136
70	0,268	8.651	9.779	0,347	0,208	0,353	0,284	0,357	0,316	0,343	0,139	0,356	0,307	0,343	0,128
95	0,193	7.702	8.706	0,251	0,201	0,258	0,271	0,261	0,303	0,248	0,132	0,260	0,295	0,248	0,122
120	0,153	7.102	8.029	0,200	0,197	0,206	0,263	0,209	0,295	0,197	0,128	0,208	0,286	0,197	0,118
150	0,124	6.555	7.410	0,164	0,193	0,169	0,255	0,172	0,287	0,161	0,124	0,171	0,278	0,162	0,114
185	0,099	6.028	6.814	0,133	0,189	0,139	0,246	0,144	0,278	0,130	0,120	0,142	0,270	0,130	0,111
240	0,075	5.339	6.036	0,103	0,185	0,109	0,235	0,113	0,267	0,100	0,115	0,112	0,258	0,100	0,106
300	0,060	4.878	5.514	0,084	0,181	0,089	0,226	0,093	0,258	0,082	0,112	0,092	0,250	0,082	0,103
400	0,047	4.465	5.048	0,071	0,178	0,076	0,218	0,082	0,249	0,067	0,109	0,080	0,241	0,067	0,101
500	0,037	4.018	4.542	0,058	0,175	0,063	0,208	0,068	0,240	0,055	0,106	0,067	0,232	—	—

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	R <sub>CC</sub> máxima em CC à 20°C (Ω/km)	X <sub>C</sub> (Ω.km)		unipolar						tripolar					
		epro-tenax	volta-lene	s = 2D		s = 13 cm		s = 20 cm		trifólio		banco de dutos		tripolar	
				R <sub>ca</sub> (Ω/km)	X <sub>L</sub> (Ω/km)										

#### EPROTENAX E VOLTALENE - 8,7/15 kV

25	0,727	14.412	—	0,932	0,239	0,939	0,321	0,943	0,353	0,928	0,170	0,942	0,344	0,928	0,159
35	0,524	13.151	14.866	0,673	0,231	0,680	0,308	0,684	0,340	0,670	0,162	0,683	0,332	0,669	0,151
50	0,387	12.099	13.678	0,498	0,224	0,505	0,298	0,509	0,330	0,495	0,155	0,507	0,321	0,494	0,144
70	0,268	10.757	12.161	0,347	0,215	0,353	0,284	0,356	0,316	0,343	0,145	0,355	0,307	0,343	0,136
95	0,193	9.632	10.888	0,251	0,208	0,257	0,271	0,260	0,304	0,248	0,138	0,259	0,295	0,248	0,129
120	0,153	8.915	10.078	0,202	0,204	0,208	0,263	0,212	0,295	0,198	0,134	0,211	0,286	0,197	0,125
150	0,124	8.258	9.335	0,165	0,199	0,171	0,255	0,175	0,287	0,161	0,130	0,174	0,278	0,161	0,121
185	0,099	7.620	8.613	0,133	0,195	0,139	0,246	0,143	0,278	0,130	0,126	0,142	0,270	0,129	0,117
240	0,075	6.780	7.665	0,103	0,189	0,108	0,235	0,112	0,267	0,100	0,120	0,111	0,258	0,100	0,112
300	0,060	6.214	7.024	0,087	0,186	0,093	0,226	0,098	0,257	0,082	0,117	0,097	0,249	0,082	0,109
400	0,047	5.705	6.449	0,071	0,183	0,076	0,218	0,081	0,250	0,066	0,113	0,080	0,241	—	—
500	0,037	5.150	5.882	0,058	0,179	0,062	0,208	0,067	0,240	0,054	0,110	0,066	0,232	—	—

#### EPROTENAX E VOLTALENE - 12/20 kV

35	0,524	15.127	17.100	0,673	0,238	0,679	0,308	0,683	0,341	0,669	0,168	0,682	0,332	0,669	0,158
50	0,387	13.970	15.792	0,498	0,231	0,504	0,298	0,508	0,330	0,495	0,161	0,507	0,321	0,495	0,151
70	0,268	12.483	14.111	0,347	0,221	0,352	0,284	0,355	0,316	0,343	0,152	0,354	0,307	0,343	0,142
95	0,193	11.226	12.691	0,253	0,214	0,259	0,271	0,263	0,303	0,248	0,144	0,262	0,295	0,248	0,135
120	0,153	10.421	11.781	0,202	0,208	0,207	0,263	0,212	0,295	0,197	0,139	0,210	0,286	0,197	0,130
150	0,124	9.679	10.942	0,165	0,204	0,170	0,255	0,174	0,287	0,161	0,135	0,173	0,278	0,161	0,126
185	0,099	8.956	10.124	0,133	0,200	0,138	0,246	0,142	0,279	0,129	0,130	0,141	0,270	0,129	0,122
240	0,075	7.999	9.042	0,103	0,194	0,107	0,235	0,111	0,267	0,100	0,125	0,110	0,258	0,100	0,116
300	0,060	7.349	8.308	0,087	0,190	0,092	0,226	0,098	0,258	0,082	0,121	0,096	0,249	—	—
400	0,047	6.764	7.646	0,071	0,187	0,075	0,218	0,080	0,250	0,066	0,117	0,079	0,241	—	—
500	0,037	6.122	6.920	0,060	0,182	0,065	0,208	0,071	0,239	0,054	0,114	0,070	0,231	—	—

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

seção nominal (mm <sup>2</sup> )	R <sub>CC</sub> máxima em CC à 20°C (Ω/km)	X <sub>C</sub> (Ω.km)		unipolar								tripolar	
		epro-tenax	volta-lene	s = 2D		s = 13 cm		s = 20 cm		trifólio		banco de dutos	

#### EPROTENAX E VOLTALENE - 15/25 kV

35	0,524	17.743	19.155	0,673	0,247	0,678	0,308	0,682	0,341	0,669	0,177	0,680	0,332	0,669	0,168
50	0,387	16.148	17.149	0,498	0,238	0,503	0,298	0,507	0,330	0,495	0,169	0,506	0,322	0,495	0,159
70	0,268	14.508	15.537	0,348	0,228	0,354	0,284	0,358	0,316	0,344	0,159	0,357	0,307	0,343	0,150
95	0,193	13.111	13.997	0,252	0,220	0,258	0,271	0,262	0,303	0,248	0,151	0,261	0,295	0,248	0,142
120	0,153	12.211	12.937	0,202	0,215	0,206	0,263	0,211	0,295	0,197	0,145	0,209	0,286	0,197	0,137
150	0,124	11.376	12.082	0,165	0,210	0,169	0,255	0,173	0,287	0,161	0,141	0,172	0,278	—	—
185	0,099	10.559	11.186	0,133	0,206	0,137	0,247	0,141	0,279	0,129	0,136	0,140	0,270	—	—
240	0,075	9.471	10.126	0,106	0,199	0,111	0,234	0,117	0,266	0,100	0,130	0,115	0,258	—	—
300	0,060	8.728	9.327	0,087	0,195	0,091	0,226	0,097	0,258	0,082	0,126	0,095	0,249	—	—
400	0,047	8.055	8.475	0,071	0,191	0,074	0,218	0,080	0,250	0,066	0,122	0,078	0,241	—	—
500	0,037	7.313	7.700	0,060	0,187	0,064	0,208	0,070	0,239	0,054	0,118	0,069	0,231	—	—

#### EPROTENAX E VOLTALENE - 20/35 kV

50	0,387	19.063	20.218	0,499	0,248	0,505	0,298	0,509	0,330	0,495	0,179	0,508	0,321	—	—
70	0,268	17.244	18.433	0,348	0,238	0,353	0,284	0,357	0,316	0,344	0,168	0,356	0,307	—	—
95	0,193	15.680	16.713	0,252	0,229	0,257	0,271	0,261	0,303	0,248	0,160	0,260	0,295	—	—
120	0,153	14.663	15.518	0,204	0,224	0,210	0,262	0,216	0,294	0,198	0,155	0,214	0,285	—	—
150	0,124	13.715	14.549	0,167	0,219	0,173	0,254	0,179	0,286	0,161	0,149	0,177	0,277	—	—
185	0,099	12.781	13.527	0,136	0,214	0,141	0,246	0,146	0,278	0,130	0,145	0,145	0,269	—	—
240	0,075	11.528	12.308	0,106	0,207	0,110	0,234	0,115	0,266	0,100	0,138	0,114	0,258	—	—
300	0,060	10.665	11.382	0,089	0,202	0,093	0,226	0,100	0,257	0,082	0,133	0,098	0,248	—	—
400	0,047	9.879	10.389	0,073	0,198	0,076	0,218	0,083	0,249	0,066	0,129	0,081	0,241	—	—
500	0,037	9.007	9.478	0,060	0,193	0,063	0,208	0,069	0,240	0,054	0,124	0,067	0,231	—	—

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO NO CONDUTOR

#### INTRODUÇÃO

- Este capítulo tem por finalidade auxiliar os usuários de cabos de potência na determinação das condições de operação do cabo, durante um curto-circuito. Os ábacos fornecidos adiante podem ser usados nas seguintes situações:
  - a) para determinar a máxima corrente de curto-circuito permitida num cabo (condutor e blindagem);
  - b) para determinar a seção do condutor necessária para suportar uma particular condição de curto-circuito;
  - c) para determinar o tempo máximo que um cabo pode funcionar, com uma particular corrente de curto-circuito, sem danificação da isolamento (condutor e blindagem).

#### CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS

- Para a resolução do problema de curto-circuito em cabos isolados foram desenvolvidas duas fórmulas: uma para condutor de cobre e a outra para condutor de alumínio. São baseadas na energia térmica armazenada no material condutor e no limite máximo de temperatura admitida pela isolamento. Admite-se ainda que o intervalo de tempo da passagem de corrente de curto-circuito é pequeno, de forma que o calor desenvolvido durante o curto fica contido no condutor.

condutor

fórmula

cobre

$$\left(\frac{I}{S}\right)^2 \cdot t = 115.679 \log \left[ \frac{T_2 + 234}{T_1 + 234} \right]$$

alumínio

$$\left(\frac{I}{S}\right)^2 \cdot t = 48.686 \log \left[ \frac{T_2 + 228}{T_1 + 228} \right]$$

Referências: ICEA P-32-382 e IEC 949

#### SIMBOLOGIA

**I = corrente de curto-circuito (A)**

**S = seção transversal (mm<sup>2</sup>)**

**t = tempo de duração do curto-circuito (s)**

**T<sub>1</sub> = máxima temperatura admissível no condutor em operação normal (°C)**

**T<sub>2</sub> = máxima temperatura admitida para o condutor no curto-circuito (°C)**

- É importante realçar que a temperatura anormal no condutor persiste por um intervalo de tempo maior do que o de duração do curto. Por exemplo, uma corrente de 36000 ampères num cabo de 240mm<sup>2</sup> eleva a temperatura do cobre num cabo Eprotenax, de 90°C para 250°C, em aproximadamente 1 segundo.
- Enquanto que, com a corrente reduzida a zero, levaria esse cabo 3000 segundos para voltar à temperatura de operação normal do condutor. O tempo de resfriamento variará com a geometria do cabo e local da instalação. Este atraso térmico no resfriamento é de uma especial importância em casos onde os circuitos são protegidos por religadores automáticos e onde um imediato religamento manual às vezes é praticado.
- Geralmente a temperatura inicial do condutor não é precisamente conhecida, pois depende da carga do cabo e das condições ambientais. Por motivos de segurança deve-se adotar a máxima temperatura admissível no condutor, nas condições normais de trabalho do cabo.

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

# Média tensão

## Uso Geral

### CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO NO CONDUTOR

#### CONSIDERAÇÕES SOBRE EMENDAS, TERMINAIS E TERMINAÇÕES

- Na instalação de um cabo de potência, existe a possibilidade das conexões serem executadas com solda estanho-chumbo. Estas soldas têm suas características mecânicas depreciadas com a temperatura; recomenda-se, em geral, que a temperatura não ultrapasse 160°C. Vemos, então, que embora a isolamento admita temperaturas superiores a 160°C, é a emenda ou terminal que fixará a máxima temperatura para as condições de emergência.
- Como, eventualmente, as conexões poderão ser executadas por meio de conectores de compressão ou aparafusados, ou por meio de soldas especiais (soldas a arco ou autógenas), sendo a temperatura máxima de curto-circuito fixada pela isolamento, fornecemos ábacos referentes a cabos instalados com todas as conexões por pressão e por meio de solda de estanho ( $T_2 = 160^\circ\text{C}$ ).

#### FÓRMULAS SIMPLIFICADAS

- As fórmulas apresentadas podem ser simplificadas, uma vez fixadas as temperaturas máximas em regime contínuo e de curto-circuito. A tabela abaixo resume estas fórmulas, para todos os cabos de potência de média tensão.

T <sub>1</sub> (°C)	fórmula baseada na máxima temperatura de curto-circuito							
	condutor de cobre				condutor de alumínio			
	conexões prensadas		conexões soldadas		conexões prensadas		conexões soldadas	
T <sub>2</sub> (°C)	fórmula	T <sub>2</sub> (°C)	fórmula	T <sub>2</sub> (°C)	fórmula	T <sub>2</sub> (°C)	fórmula	
90	250	$I\sqrt{t} = 142 S$	160	$I\sqrt{t} = 99 S$	250	$I\sqrt{t} = 93 S$	160	$I\sqrt{t} = 65 S$
105		$I\sqrt{t} = 134 S$		$I\sqrt{t} = 87 S$		$I\sqrt{t} = 88 S$		$I\sqrt{t} = 57 S$

A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

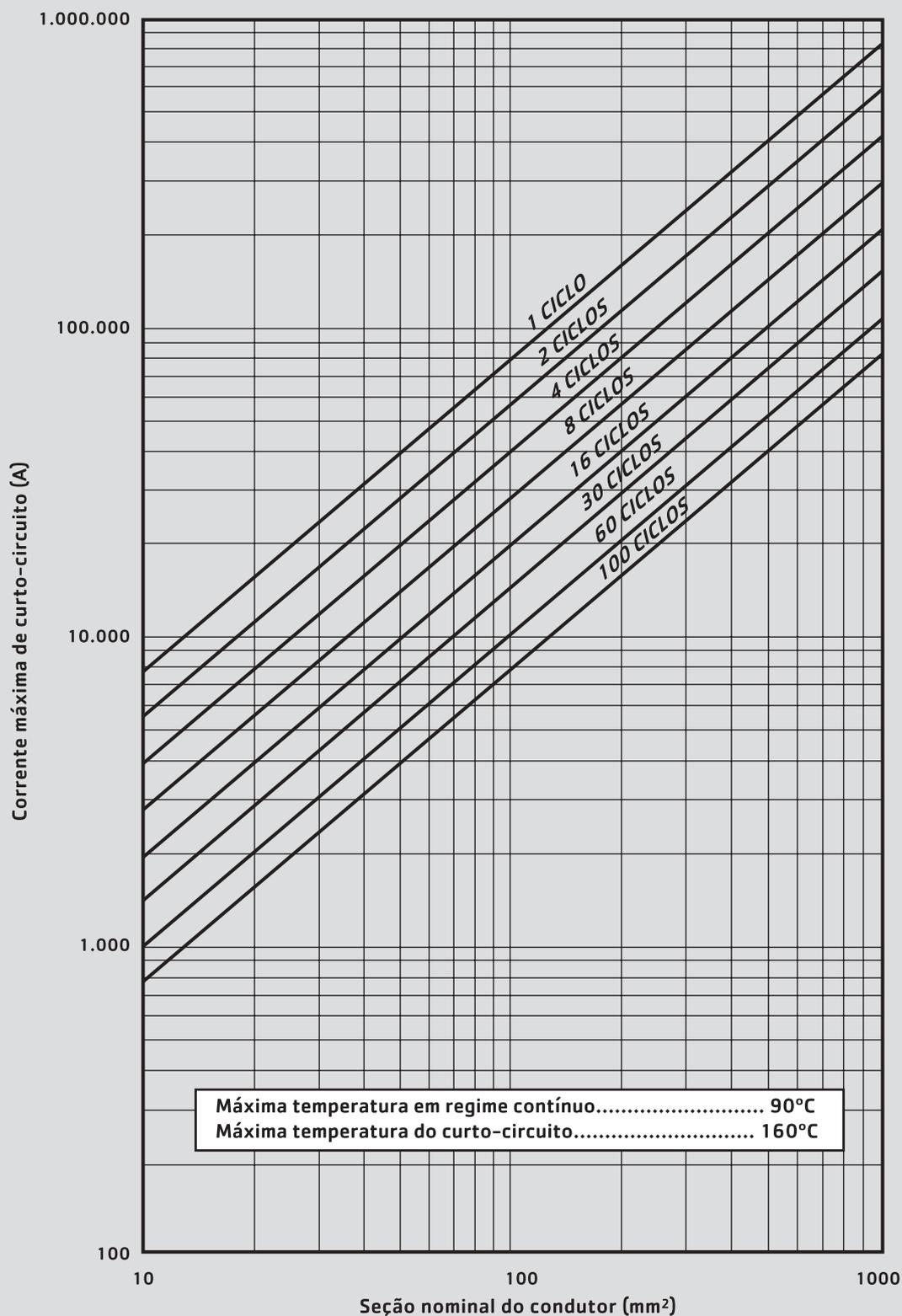
# Média tensão

## Uso Geral

### CORRENTES MÁXIMAS DE CURTO-CIRCUITO NO CONDUTOR

➤ EPROTENAX COMPACT, EPROTENAX E VOLTALENE  
CONDUTOR - COBRE

CONEXÕES SOLDADAS



A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

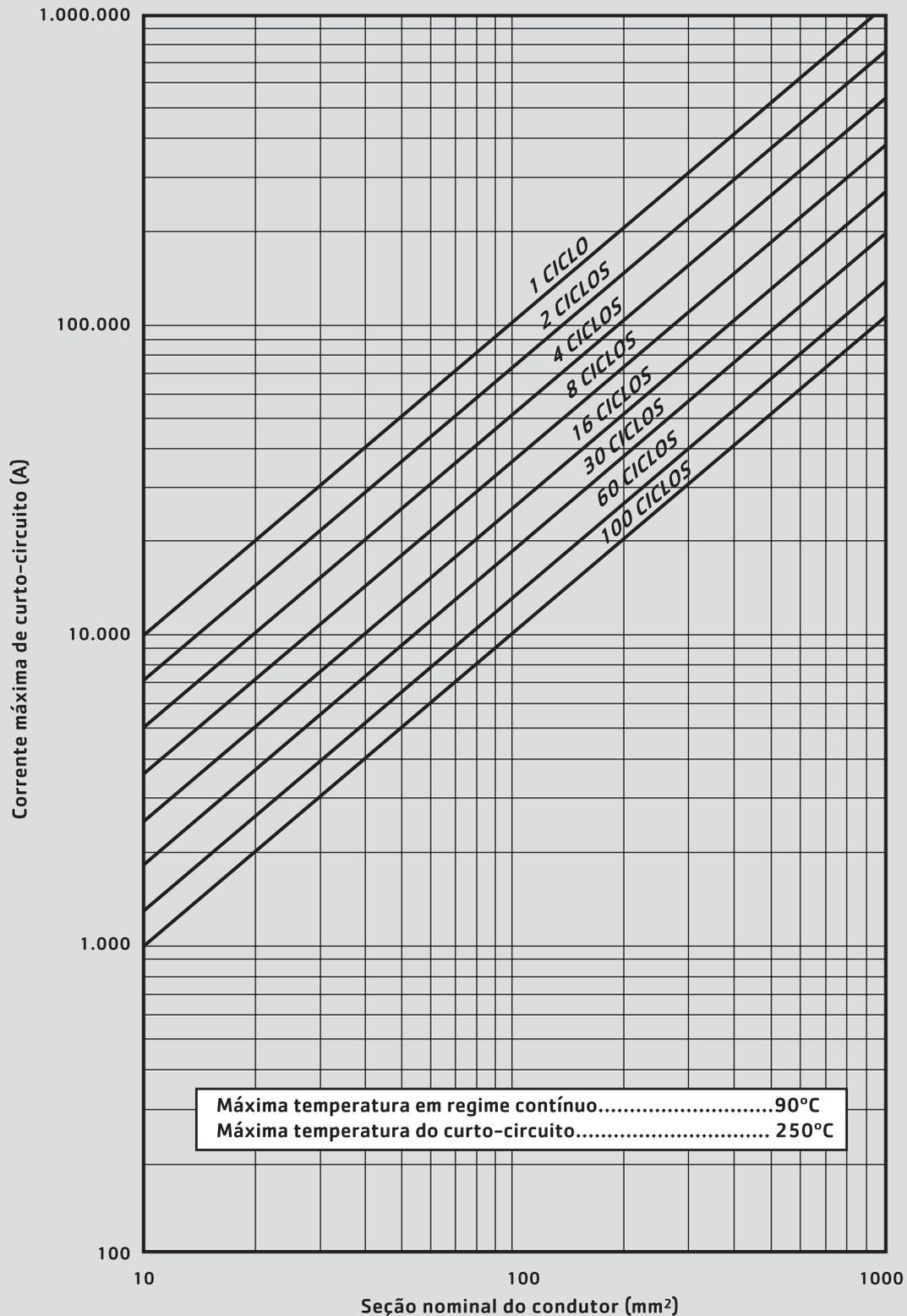
# Média tensão

## Uso Geral

### CORRENTES MÁXIMAS DE CURTO-CIRCUITO NO CONDUTOR

➤ EPROTENAX COMPACT, EPROTENAX E VOLTALENE  
CONDUTOR - COBRE

CONEXÕES PENSADAS



A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

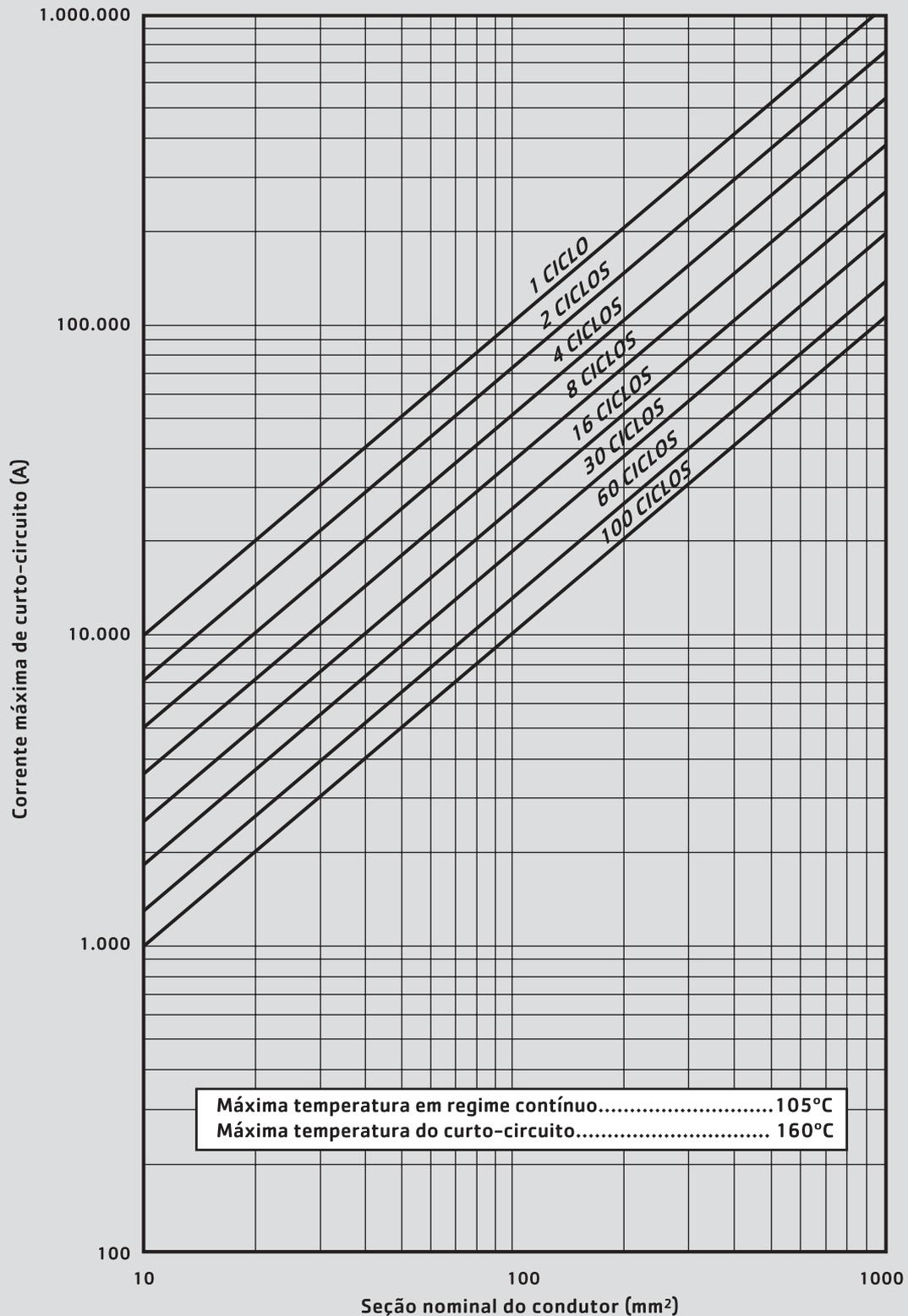
# Média tensão

## Uso Geral

### CORRENTES MÁXIMAS DE CURTO-CIRCUITO NO CONDUTOR

➤ EPROTENAX COMPACT 105  
CONDUTOR - COBRE

CONEXÕES SOLDADAS



A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

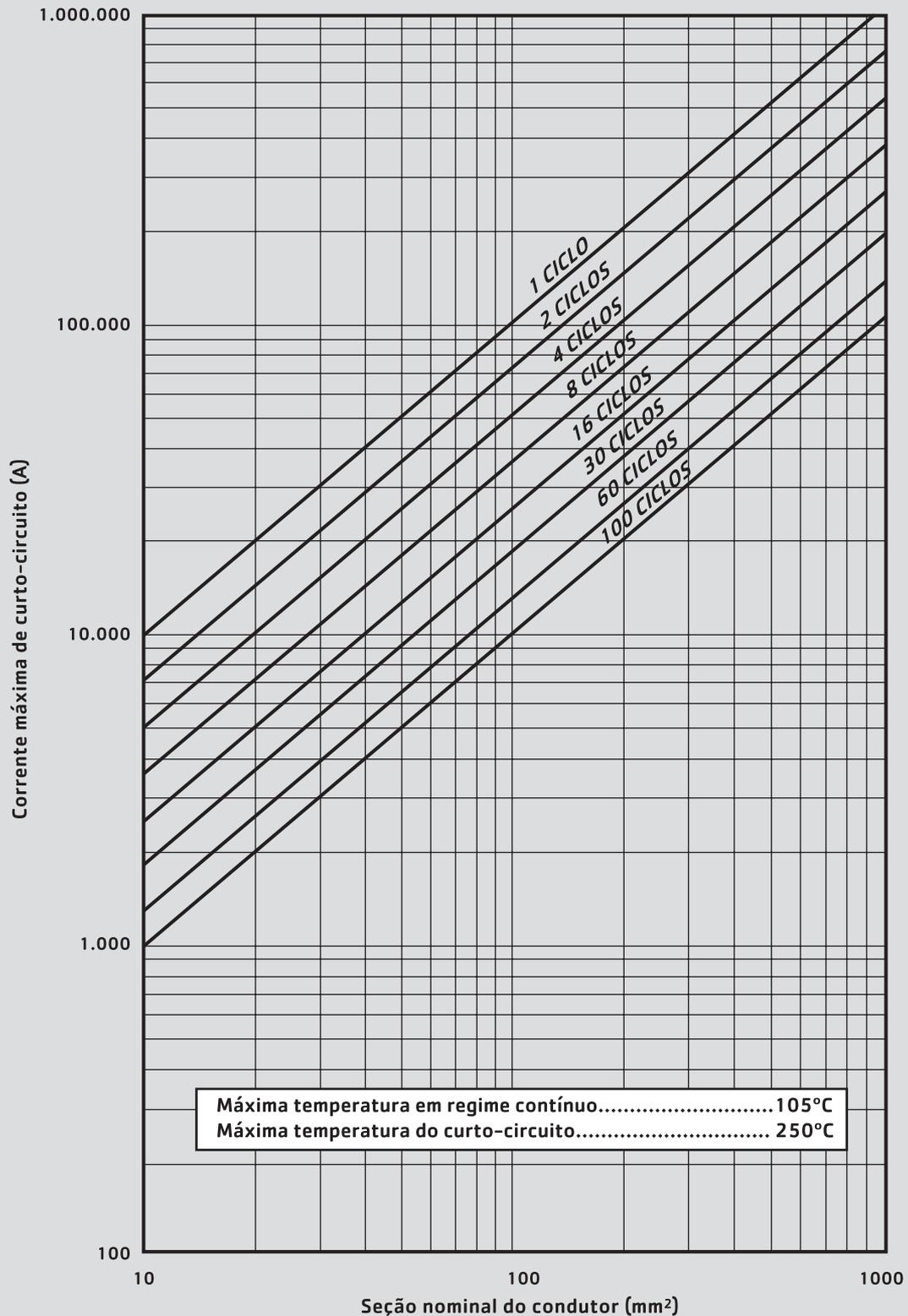
# Média tensão

## Uso Geral

### CORRENTES MÁXIMAS DE CURTO-CIRCUITO NO CONDUTOR

➤ EPROTENAX COMPACT 105  
CONDUTOR - COBRE

CONEXÕES PENSADAS



A Prysmian reserva-se ao direito de modificar sem aviso prévio as características técnicas, pesos e dimensões apresentadas neste catálogo, sempre respeitando os valores previstos nas normas citadas. A Prysmian não se responsabiliza por danos pessoais ou materiais decorrentes do uso inadequado e/ou negligente das informações contidas neste catálogo.

**Anexo III – Dados  
dos Motores de  
37kW**



No.:

Data: 07-DEZ-2015

## FOLHA DE DADOS

### Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente : SÉRGIO ROCHA  
Linha do produto : W22 IR4 Super Premium

Carcaça : 200L  
Potência : 37 kW  
Frequência : 60 Hz  
Polos : 4  
Rotação nominal : 1780  
Escorregamento : 1,11 %  
Tensão nominal : 440 V  
Corrente nominal : 62,8 A  
Corrente de partida : 465 A  
Ip/In : 7,4  
Corrente a vazio : 31,4 A  
Conjugado nominal : 146 lb.ft  
Conjugado de partida : 260 %  
Conjugado máximo : 300 %  
Categoria : ---  
Classe de isolamento : F  
Elevação de temperatura : 80 K  
Tempo de rotor bloqueado : 20 s (quente)  
Fator de serviço : 1,25  
Regime de serviço : S1  
Temperatura ambiente : -20°C - +40°C  
Altitude : 1000  
Proteção : IP55  
Massa aproximada : 598 lb  
Momento de inércia : 9,4044 sq.ft.lb  
Nível de ruído : 65 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6312 C3	6212 Z-C3	100%	0,81	95,4
Intervalo de lubrificação	20000 h	20000 h	75%	0,73	95,0
Quantidade de graxa	21 g	13 g	50%	0,62	94,1

Observações:

Executor

Verificado

**Anexo IV – Dados  
dos Motores de  
55kW**



No.:

Data: 07-DEZ-2015

## FOLHA DE DADOS

### Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente : SÉRGIO ROCHA  
Linha do produto : W22 IR4 Super Premium

Carcaça : 225S/M  
Potência : 55 kW  
Frequência : 60 Hz  
Polos : 4  
Rotação nominal : 1780  
Escorregamento : 1,11 %  
Tensão nominal : 440 V  
Corrente nominal : 90,8 A  
Corrente de partida : 699 A  
Ip/In : 7,7  
Corrente a vazio : 39,7 A  
Conjugado nominal : 30,1 kgfm  
Conjugado de partida : 280 %  
Conjugado máximo : 320 %  
Categoria : ---  
Classe de isolamento : F  
Elevação de temperatura : 80 K  
Tempo de rotor bloqueado : 16 s (quente)  
Fator de serviço : 1,25  
Regime de serviço : S1  
Temperatura ambiente : -20°C - +40°C  
Altitude : 1000  
Proteção : IPW55  
Massa aproximada : 417 kg  
Momento de inércia : 0,71013 kgm<sup>2</sup>  
Nível de ruído : 70 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6314 C3	6314 C3	100%	0,83	95,8
Intervalo de lubrificação	12000 h	12000 h	75%	0,78	95,4
Quantidade de graxa	27 g	27 g	50%	0,68	94,5

Observações:

Executor

Verificado

**Anexo V – Dados  
dos Motores de  
200kW**



No.:

Data: 07-DEZ-2015

## FOLHA DE DADOS

### Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente : SÉRGIO ROCHA  
Linha do produto : W50 - Alta tensão

Carcaça : 315H/G  
Potência : 220 kW  
Frequência : 60 Hz  
Polos : 4  
Rotação nominal : 1782  
Escorregamento : 1,00 %  
Tensão nominal : 4160 V  
Corrente nominal : 38,3 A  
Corrente de partida : 203 A  
Ip/In : 5,3  
Corrente a vazio : 12,1 A  
Conjugado nominal : 1180 Nm  
Conjugado de partida : 110 %  
Conjugado máximo : 210 %  
Categoria : ---  
Classe de isolamento : F  
Elevação de temperatura : 80 K  
Tempo de rotor bloqueado : 19 s (quente)  
Fator de serviço : 1,00  
Regime de serviço : S1  
Temperatura ambiente : -20°C - +40°C  
Altitude : 1000  
Proteção : IP55  
Massa aproximada : 1590 kg  
Momento de inércia : 4,4816 kgm<sup>2</sup>  
Nível de ruído : 79 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6320 C3	6316 C3	100%	0,85	93,9
Intervalo de lubrificação	6384 h	8569 h	75%	0,83	93,9
Quantidade de graxa	51 g	34 g	50%	0,75	93,0

Observações:

Executor

Verificado

**Anexo VI – Dados  
dos Motores de  
370kW**



No.:

Data: 07-DEZ-2015

## FOLHA DE DADOS

### Motor trifásico de indução - Rotor de gaiola

Cliente : SÉRGIO ROCHA  
Linha do produto : W50 - Alta tensão

Carcaça : 355J/H  
Potência : 370 kW  
Frequência : 60 Hz  
Polos : 4  
Rotação nominal : 1787  
Escorregamento : 0,72 %  
Tensão nominal : 4160 V  
Corrente nominal : 63,5 A  
Corrente de partida : 387 A  
Ip/In : 6,1  
Corrente a vazio : 23,2 A  
Conjugado nominal : 1978 Nm  
Conjugado de partida : 140 %  
Conjugado máximo : 220 %  
Categoria : ---  
Classe de isolamento : F  
Elevação de temperatura : 80 K  
Tempo de rotor bloqueado : 25 s (quente)  
Fator de serviço : 1,00  
Regime de serviço : S1  
Temperatura ambiente : -20°C - +40°C  
Altitude : 1000  
Proteção : IP55  
Massa aproximada : 2460 kg  
Momento de inércia : 10,999 kgm<sup>2</sup>  
Nível de ruído : 82 dB(A)

	Dianteiro	Traseiro	Carga	Fator potência	Rendimento (%)
Rolamento	6322 C3	6319 C3	100%	0,85	95,2
Intervalo de lubrificação	5138 h	7038 h	75%	0,80	95,0
Quantidade de graxa	60 g	45 g	50%	0,75	93,9

Observações:

Executor

Verificado