

## Capítulo VIII

# Métodos de conexão externa e requisitos de desempenho

Por Nunziane Graziano\*

Prezado leitor, este fascículo pretende apresentar em detalhes o projeto de revisão da norma brasileira para construção de quadros elétricos e barramentos blindados de baixa tensão.

No capítulo inicial deste fascículo apresentamos ao leitor os objetivos deste trabalho, que contemplou a apresentação do panorama atual da ABNT NBR IEC 60439 vigente no Brasil, suas subdivisões, principais pontos de interesse, como a classificação dos painéis em TTA e PTTA, suas interpretações e seus abusos.

No segundo capítulo, iniciamos a análise das principais definições e dos termos usuais. No seguinte, continuamos a análise das principais definições, condições de instalação, características de isolamento, proteção contra os choques elétricos e características nominais.

No quarto capítulo, finalizamos a apresentação de todas as características construtivas, requisitos de marcação, condições da instalação dos conjuntos e iniciamos os requisitos de construção, apresentando resistência dos materiais e das partes, verificação dos materiais no tocante à corrosão, entre outras propriedades. No quinto capítulo da série, analisamos as principais condições de verificação, construção e performance, quais sejam: grau de proteção,

distâncias de isolamento e escoamento, proteção contra choques elétricos.

No capítulo sexto, analisamos as condições para proteção contra choques

elétricos e os métodos de incorporação de dispositivos de manobra e de componentes conjuntos. Na última edição, abordamos os circuitos elétricos internos, as conexões

**TABELA 1 – SEÇÃO DE CONDUTORES DE COBRE ADEQUADAS PARA CONEXÃO AOS TERMINAIS PARA CONDUTORES EXTERNOS**

Corrente nominal	Condutores sólidos ou encordoados		Condutores flexíveis	
	Seções		Seções	
	mínima	máxima	mínima	máxima
A	mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>	
6	0,75	1,5	0,5	1,5
8	1	2,5	0,75	2,5
10	1	2,5	0,75	2,5
13	1	2,5	0,75	2,5
16	1,5	4	1	4
20	1,5	6	1	4
25	2,5	6	1,5	4
32	2,5	10	1,5	6
40	4	16	2,5	10
63	6	25	6	16
80	10	35	10	25
100	16	50	16	35
125	25	70	25	50
160	35	95	35	70
200	50	120	50	95
250	70	150	70	120
315	95	240	95	185

Se os condutores externos são conectados diretamente aos dispositivos incorporados, as seções indicadas nas especificações pertinentes são válidas.

Nos casos em que é necessário utilizar condutores de seções diferentes dos especificados na tabela, um acordo especial deve ser firmado entre o fabricante de conjunto e o usuário.

e a refrigeração e este capítulo tratará das conexões externas e iniciará o debate sobre a avaliação dos requisitos de desempenho.

O montador do conjunto deve indicar se os bornes são apropriados para conexão de condutores de cobre ou de alumínio, ou ambos. Os bornes devem ser de tal modo que os condutores externos possam ser conectados por meios (parafusos, conectores, etc.) que assegurem que a pressão de contato necessária correspondente à corrente nominal e a corrente de curto-circuito do dispositivo ao circuito sejam mantidos. Na ausência de um acordo especial entre o montador do conjunto e o usuário, os bornes devem ser capazes de acomodar condutores da menor à maior seção correspondente à corrente nominal.

A utilização de condutores de alumínio, o tipo, as dimensões e o método de terminação dos condutores devem estar conforme acordado entre o montador do conjunto e o usuário. No caso em que os condutores externos para circuitos eletrônicos com baixos níveis de correntes e tensões (menos que 1 A e menos de 50 Vca ou 120 Vcc) tenham que ser conectados a um conjunto, a tabela 1 não se aplica.

O espaço disponível para ligações elétricas deve permitir conexão adequada dos condutores externos do material

indicado e, no caso de cabos com múltiplos condutores, acomodar adequadamente os condutores, pois os condutores não podem ser submetidos a esforços que podem reduzir sua expectativa de vida normal.

Salvo acordo em contrário entre o montador do conjunto e o usuário, em circuitos trifásicos e com neutro, os bornes do condutor neutro devem permitir a conexão de condutores de cobre que têm uma seção mínima igual à metade da seção do condutor de fase, com um mínimo de 16 mm<sup>2</sup>, se a seção do condutor de fase excede 16 mm<sup>2</sup>, ou igual à seção do condutor de fase, se a seção do último for menor ou igual a 16 mm<sup>2</sup>.

Para certas aplicações, as quais levam a altos valores de harmônicas de sequência zero (por exemplo, as harmônicas de 3ª ordem), maiores seções do condutor de N podem ser necessárias na medida em que essas harmônicas de fases são adicionadas no condutor de N e resultam em uma alta corrente às frequências mais elevadas. Esses requisitos são submetidos a um acordo particular entre o fabricante do conjunto e o usuário.

Se forem providos meios de conexão de neutro de entrada e de saída, de condutores de proteção e de condutores PEN, eles devem ser dispostos próximos dos bornes dos condutores de fase correspondentes.

Aberturas para cabos de entrada, placas

de fechamento, etc., devem ser projetadas de tal forma que, quando os cabos são instalados corretamente, as medidas de proteção especificadas contra contato e grau de proteção devem ser obtidas. Isto implica na seleção de meios de entrada apropriados para a aplicação, como especificado pelo montador do conjunto.

Os bornes para condutores de proteção externos devem ser marcados de acordo com a IEC 60445. Como um exemplo, ver símbolo gráfico N° 5019 da IEC 60417. Este símbolo não é requerido onde é pretendido que o condutor de proteção externo seja conectado a um condutor de proteção interno, que é claramente identificado com as cores verde ou verde e amarelo. Os bornes para condutores de proteção externos (PE, PEN) e blindagem de metal de cabos de conexão (eletroduto de aço, etc.) devem, onde exigido, ser nus e, salvo especificação em contrário, apropriados para a conexão de condutores de cobre. Um borne separado de tamanho adequado deve ser provido para o(s) condutor(es) de proteção de saída de cada circuito.

Exceto acordo em contrário entre o montador do conjunto e o usuário, os bornes para condutores de proteção devem permitir a conexão de condutores de cobre que têm uma seção que depende da seção dos condutores de fase correspondentes de acordo com a Tabela 2.

**Rittal – The System.**  
Faster – better – everywhere.

**Ri4Power - Sistemas de Distribuição de Energia. Soluções para todos os tamanhos e aplicações.**

Rittal Sistemas Eletromecânicos Ltda.  
Av. Cândido Portinari, 1174 • 05114-001 • Vila Jaguara • São Paulo - SP - Brasil  
Tel: 55 11 3622 2377 • info@rittal.com.br • www.rittal.com.br

ENGINEERED POWER DISTRIBUTION CLIMATE CONTROL IT INFRASTRUCTURE SOFTWARE & SERVICES

FRIEDRICH LÖH GROUP

**TABELA 2 – CAPACIDADE MÍNIMA PARA CONDUTORES DE PROTEÇÃO DE COBRE (PE, PEN) (8.8)**

Seção dos condutores fase S	Seção mínima do condutor de proteção correspondente (PE, PEN) $S_p^a$
mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	S/2
$400 < S \leq 800$	200
$800 < S$	S/4

No caso de invólucros e condutores de alumínio ou liga de alumínio, deve ser dada consideração particular ao perigo de corrosão eletrolítica. Os meios de conexão para assegurar a continuidade das partes condutivas com condutores de proteção externos não devem ter nenhuma outra função.

Analizados todos os conceitos de construção, passaremos agora à parte mais importante da revisão da ABNT NBR IEC 60439, o polêmico assunto TTA. Uma das principais razões da atualização e modernização da norma foi o uso inadequado e, por vezes, impróprio dos conceitos de TTA e PTTA. Na versão vigente no Brasil, um TTA só é obtido quando se realizam os sete ensaios de tipo em um determinado corpo de prova, assim como um PTTA será obtido por variações significativas em um TTA, mas que não o desconfigure por completo. Uma outra interpretação errada do PTTA muito utilizada foi a de se realizar alguns ensaios de tipo em um corpo de prova e chamá-lo de parcialmente testado, o que é uma falácia, visto que a norma é taxativa em dizer que para que exista um PTTA, antes existiu um TTA.

Para tentar frear esses abusos sem perder o grande serviço prestado pela ABNT NBR IEC 60439, que é conscientizar sobre a importância da certificação de painéis de baixa tensão, a norma inovou na forma de se abordar o que pode ser exigido para que se caracterize um painel em conformidade com a norma. Assim, são abordadas as características de desempenho, que só podem ser garantidas se ensaios forem realizados com o intuito de

se comprovar que a performance declarada pelo fabricante realmente será obtida pelo produto em questão. O leitor verá que essas características de performance são os nossos velhos conhecidos “ensaios de tipo”, com o codinome de requisitos de performance. Então, vejamos:

#### • **Propriedades dielétricas**

Cada circuito do conjunto deve ser capaz de suportar as sobretensões temporárias e transitórias a que se pode submeter o conjunto em serviço.

A capacidade para suportar as sobretensões temporárias e a integridade de isolamento sólida são verificadas pela tensão suportável à frequência industrial e a capacidade para suportar as sobretensões transitórias é verificada pela tensão de impulso suportável.

#### *Tensão suportável à frequência industrial*

– Os circuitos do conjunto devem ser capazes de suportar a tensão suportável à frequência industrial dada nas Tabelas 8 e 9 da norma (ver 10.9.2.1). A tensão nominal de isolamento de qualquer circuito do conjunto deve ser igual ou superior à sua tensão máxima de utilização.

#### *Tensões de impulso suportável de circuitos principais*

– A distância de isolamento entre as partes vivas e suas partes condutivas expostas, assim como entre as partes vivas de potencial diferente, deve ser capaz de suportar a tensão de ensaio indicada na Tabela 10 da norma em função da tensão nominal de impulso suportável. A tensão nominal de impulso suportável para uma determinada tensão nominal de utilização não deve ser menor do que o

correspondente no Anexo G para a tensão nominal do sistema de alimentação do circuito no ponto em que o conjunto deve ser utilizado e a categoria de sobretensão apropriada.

**Tensões de impulso suportável de circuitos auxiliares** – Os circuitos auxiliares que são conectados ao circuito principal e que funcionam à tensão nominal de utilização sem qualquer dispositivo para redução das sobretensões, devem atender aos requisitos do circuito principal, enquanto os circuitos auxiliares que não são conectados ao circuito principal podem ter uma capacidade de suportar sobretensões diferentes daquela do circuito principal. As distâncias de isolamento destes circuitos CA ou CC devem ser capazes de resistir à tensão de impulso suportável estabelecida na norma, cuja tabela de tensões está presente no anexo G da publicação.

#### *Proteção de dispositivos de proteção contra surto*

– Quando as condições de sobretensão requerem dispositivos de proteção contra surto (DPS) para serem conectados aos circuitos principais, os DPS devem ser protegidos para prevenir condições de curto-circuito conforme especificado pelo fabricante do DPS.

#### • **Limites de elevação de temperatura**

O conjunto e os seus circuitos devem ser capazes de conduzir suas correntes nominais nas condições especificadas como corrente nominal do conjunto ( $I_n$ ), corrente nominal de um circuito ( $I_{nc}$ ) e corrente nominal de pico admissível ( $I_{pk}$ ), levando-se em conta as características dos componentes, a sua disposição e aplicação, sem exceder os limites indicados na Tabela 6 da referida norma, quando são verificados em conformidade com os limites de elevação estabelecidos. Esses limites de elevação de temperatura indicados na Tabela 6 aplicam-se à temperatura média do ar ambiente inferior ou igual a 35 °C.

A elevação de temperatura de um elemento ou parte é a diferença entre a temperatura deste elemento ou da parte medida e a temperatura do ar ambiente fora

do conjunto. Termopares ou termômetros devem ser utilizados para medições de temperatura. Para enrolamentos, o método de medição da temperatura por variação da resistência deve, geralmente, ser utilizado. Os termômetros ou termopares devem ser protegidos contra as correntes de ar e a radiação de calor.

A temperatura deve ser medida em todos os pontos em que um limite de elevação de temperatura deve ser observado. Uma atenção particular deve ser prestada nas junções de condutores e bornes dos circuitos principais. Para a medição da temperatura do ar no interior do conjunto, devem ser dispostos vários dispositivos de medição em locais apropriados.

Se a temperatura média do ar ambiente é superior a 35 °C, então, os limites de elevação de temperatura devem ser adaptados para essa condição especial de serviço, de forma que a soma da temperatura ambiente e os limites de elevação individuais permaneçam idênticos. Se a temperatura média do ar ambiente é inferior a 35°C, a mesma adaptação dos limites de elevação de temperatura é admitida sujeito a um acordo entre o usuário e o fabricante do conjunto.

A elevação de temperatura não pode causar danos para as partes condutoras de corrente ou partes adjacentes do conjunto. Em particular, para materiais isolantes, o fabricante original deve demonstrar a conformidade por referência ao índice de temperatura de isolamento (determinado, por exemplo, pelos métodos definidos na IEC 60216) ou por conformidade com a IEC 60085. Se os limites de elevação de temperatura forem modificados para cobrir uma temperatura ambiente diferente, em consequência, pode ser necessário modificar a corrente nominal de todos os barramentos, todas as unidades funcionais, etc. É conveniente que o fabricante original indique as medidas a serem tomadas, se necessário, a fim de assegurar a conformidade com os limites de temperatura. Para as temperaturas ambientes inferiores ou iguais a 50 °C, isso pode ser realizado através de cálculo,

presumindo que a sobretemperatura de cada componente ou dispositivo seja proporcional à potência dissipada gerada neste componente.

**• Proteção contra os curtos-circuitos e suportabilidade aos curtos-circuitos.**

Os conjuntos devem ser capazes de suportar os esforços dinâmicos e térmicos, resultantes de correntes de curto-circuito não excedendo os valores nominais. É importante salientar que corrente de curto-circuito pode ser reduzida pelo uso de dispositivos limitadores de corrente, por exemplo, indutância, fusíveis limitadores de corrente ou outros dispositivos de manobra limitadores de corrente.

Os conjuntos devem ser protegidos contra as correntes de curto-circuito por meio de, por exemplo, disjuntores, fusíveis ou combinação de ambos, que podem ser incorporados no conjunto ou podem ser dispostos fora dele.

**Relação entre corrente de pico e corrente de curta duração** – Para determinar o esforço eletrodinâmico, o valor da corrente de pico deve ser obtido multiplicando o valor eficaz da corrente de curto-circuito pelo fator n. Os valores do fator n e o fator de potência correspondente são dados na Tabela 3.

**Coordenação dos dispositivos de proteção** - A coordenação dos dispositivos de proteção no interior do conjunto com aqueles a serem utilizados externamente ao conjunto deve ser objeto de acordo entre o montador do conjunto e o usuário. Informações dadas no catálogo do

montador do conjunto podem substituir tal acordo. Se as condições de serviço requerem uma máxima continuidade de alimentação, o ajuste ou a seleção dos dispositivos de proteção contra curto-circuito no interior do conjunto deve, onde possível, ser coordenado de tal forma que a ocorrência de curto-circuito em qualquer circuito de saída seja eliminada pelo dispositivo de manobra instalado no circuito defeituoso, sem afetar os outros circuitos de saída, assegurando, assim, a seletividade do sistema de proteção.

Quando os dispositivos de proteção contra os curtos-circuitos são ligados em série e previstos para funcionarem simultaneamente para atingir a capacidade de interrupção de curto-circuito requerido (isto é, proteção de retaguarda), o montador do conjunto deve informar ao usuário (por exemplo, por uma etiqueta de advertência no conjunto ou nas instruções de funcionamento) que nenhum dos dispositivos de proteção pode ser substituído por outro dispositivo que não seja do tipo e de características nominais idênticas, a menos que tenha sido submetido a ensaio e validado conjuntamente com os dispositivos de retaguarda. Caso contrário, a capacidade de interrupção da combinação dos dispositivos pode ser comprometida.

**Compatibilidade eletromagnética (EMC)** - Para a maior parte das aplicações de conjuntos que entram no escopo desta norma, são considerados dois conjuntos de condições ambientais e são designados como Ambiente A e Ambiente B. Ambiente A refere-se a uma rede de potência

**TABELA 3 – VALORES PARA O FATOR N<sup>a</sup>**

Valor eficaz da corrente de curto-circuito kA	cos φ	n
I ≤ 5	0,7	1,5
5 < I ≤ 10	0,5	1,7
10 < I ≤ 20	0,3	2
20 < I ≤ 50	0,25	2,1
50 < I	0,2	2,2

alimentada por um transformador de alta ou média tensão, dedicada à alimentação de uma instalação de uma unidade fabril ou planta similar, e destinada a funcionar no interior ou próximo de uma área industrial, como descrito a seguir. Esta norma aplica-se também aos dispositivos que funcionam através de baterias e destinados a serem utilizados em áreas industriais. Os referidos ambientes são do tipo industrial, interno ou externo. As áreas industriais são caracterizadas pela existência de um ou mais dos seguintes exemplos: dispositivos industriais, científicos ou médicos, manobras frequentes de cargas indutivas ou capacitivas elevadas e correntes e campos magnéticos associados elevados.

Já o Ambiente B refere-se a redes públicas de baixa tensão ou dos dispositivos conectados a uma fonte de corrente contínua dedicada destinada a assegurar a interface entre o dispositivo e a rede pública de baixa tensão.

Este ambiente aplica-se também aos dispositivos que funcionam através de baterias ou alimentados por uma rede de distribuição de energia de baixa tensão não pública e não industrial, se os dispositivos são destinados a serem utilizados em locais descritos abaixo. Os referidos ambientes são os locais residenciais, comerciais e levemente industriais, de uso interno e uso externo. A seguinte lista, ainda que não exaustiva, dá uma indicação sobre os locais que são incluídos: propriedades residenciais, por exemplo, casas, apartamentos; pontos de venda ao varejo, como lojas, supermercados; escritórios, bancos, cinemas, bares, salão de dança, postos de combustíveis, estacionamentos para veículos, parque de diversões e centros esportivos, oficinas, laboratórios, centros de serviços. Os locais caracterizados pela alimentação direta em baixa tensão provenientes da rede pública são considerados como residenciais,

comerciais ou levemente industriais.

A condição ambiental A e/ou B para o qual o conjunto é apropriado deve ser indicado pelo montador do conjunto.

No próximo capítulo deste fascículo continuaremos a análise da IEC 61439-1 em seus requisitos de verificação de projeto, mais uma inovação em relação à versão atual. Até lá!

*\*Nunziane Graziano é engenheiro eletricista, mestre em energia, redes e equipamentos pelo Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP), Doutor em Business Administration pela Florida Christian University, membro da ABNT/CB-003/CE 003 121 002 – Conjuntos de Manobra e Comando de Baixa Tensão e diretor da Gimi Pogliano Blindosbarra Barramentos Blindados e da GIMI Quadros elétricos.*

#### CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)  
 Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para [redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)



Fornecemos Painéis Elétricos para comando, automação segura e standard de baixa e extra baixa tensão montados e testados conforme normas vigentes NR-10, NR-12, IEC-60204-1 e NBR-5410.

#### Vantagens

- › Painel de alta qualidade
- › Mão de obra especializada
- › Suporte para instalação e start up
- › Utilização de componentes de qualidade
- › Testado conforme norma IEC 60204-1
- › Segurança em cumprir as normas vigentes

Pilz do Brasil  
 +55 11 4126-7290  
[vendas@pilz.com.br](mailto:vendas@pilz.com.br), [www.pilz.com.br](http://www.pilz.com.br)

**Montagem de Painéis Elétricos**  
 Comando | Automação Segura | Automação Standard

**PILZ**  
 THE SPIRIT OF SAFETY