

## Capítulo V

# Ensaaios de tipo e de rotina

Por Luiz Felipe Costa\*

Além de todos os cuidados mencionados em capítulos anteriores quanto a interação de um equipamento com o sistema elétrico, em que ele vai ser instalado, toda e qualquer aplicação de um Conjunto de Manobra e Controle (CMC) de média tensão (MT) demanda que este produto tenha todos os ensaios de tipo, conforme as normas aplicáveis; devendo estar em consonância com as condições existentes na aplicação.

Para a norma IEC 62271-200 e sua NBR equivalente, a lista de ensaios de tipo requeridos é a seguinte:

### **1 - Obrigatórios:**

- 1.1. Verificação do nível de isolamento;
- 1.2. Verificação da elevação de temperatura das diversas partes e medição da resistência dos circuitos;
- 1.3. Verificação da suportabilidade dos circuitos principal e de aterramento à corrente de curta duração nominal e seu respectivo valor de pico;
- 1.4. Verificação da capacidade de estabelecimento e interrupção dos dispositivos de manobra;

- 1.5. Verificação da operação satisfatória dos dispositivos de manobra e partes removíveis;
- 1.6. Verificação do grau de proteção (testes para o primeiro numeral e uma possível letra adicional para segurança humana).

### **2 - Obrigatórios, onde aplicáveis:**

- 2.1. Verificação da proteção de pessoas contra efeitos elétricos perigosos;
- 2.2. Verificação dos compartimentos preenchidos a gás quanto a sua resistência mecânica;
- 2.3. Verificação dos compartimentos preenchidos a gás quanto a sua estanqueidade;
- 2.4. Avaliação dos efeitos de um arco devido a uma falha interna (classificação IAC);
- 2.5. Ensaios de compatibilidade eletromagnética (EMC).

### **3 - Opcionais (sujeitos a acordo entre o fabricante e o usuário):**

- 3.1. Verificação da proteção contra os efeitos externos devido a intempéries;
- 3.2. Verificação da proteção contra impacto mecânico;

- 3.3. Verificação do nível de descargas parciais;
- 3.4. Ensaios de poluição artificial;
- 3.5. Ensaios dielétricos para permitir teste com os cabos de força conectados.

Para estas normas, a lista de ensaios de rotina é a seguinte:

- a. Ensaio dielétrico no circuito principal;
- b. Ensaios em circuitos auxiliares e de controle (a inspeção e a verificação de conformidade com os diagramas de circuitos e de fiação, testes funcionais, a verificação da continuidade elétrica das partes metálicas aterradas e ensaios de tensão aplicada à frequência industrial – 1 kV / 60 Hz / 1 s);
- c. Medição da resistência ôhmica do circuito principal (este ensaio está sujeito a acordo entre fabricante e usuário);
- d. Ensaio de estanqueidade (quando aplicável);
- e. Verificações visuais e de projeto;
- f. Medição de descargas parciais (este ensaio está sujeito a acordo entre fabricante e usuário);
- g. Ensaios de operação mecânica (pelo menos cinco operações ou tentativas em cada direção);

- h. Ensaios de pressão de compartimentos preenchidos a gás (quando aplicável);
- i. Verificação dos dispositivos auxiliares (bomba de óleo, solenoide de mecanismo de operação de chave de aterramento, etc.) elétricos, pneumáticos e hidráulicos;
- j. Ensaios depois de montagem no local de uso: deve-se verificar a operação correta do CMC e efetuar ensaio de tensão aplicada no circuito principal (com valor limitado a 80% do aplicado em fábrica). Nos casos aplicáveis, deve-se verificar a estanqueidade e medir a condição do fluido após o preenchimento.

Pela norma ANSI / IEEE C.37.20.2, a lista de ensaios requeridos é a seguinte:

**1 - Ensaios de tipo:**

- 1.1. Testes dielétricos;
- 1.2. Corrente nominal permanente (elevação de temperatura);
- 1.3. Suportabilidade à corrente momentânea;
- 1.4. Suportabilidade à corrente de curta duração;
- 1.5. Suportabilidade à corrente momentânea do sistema de desconexão das partes auxiliares removíveis (gavetas de

transformadores de potencial e transformadores auxiliares de controle);

- 1.6. Operação mecânica;
- 1.7. Materiais isolantes do barramento principal;
- 1.8. Resistência à chama do isolamento aplicado a barramentos;
- 1.9. Teste de qualificação da pintura;
- 1.10. Teste de chuva para equipamentos para uso externo.

Para esta norma ANSI, a relação dos testes que são feitos na produção (ensaios de rotina) é a seguinte:

- a. Teste dielétrico (valor de tensão suportável, aplicada à frequência industrial) no circuito principal;
- b. Testes de operação mecânica;
- c. Medição da resistência ôhmica do circuito principal (este ensaio está sujeito a acordo entre fabricante e usuário);
- d. Teste de verificação do aterramento das carcaças metálicas dos transformadores de instrumento;
- e. Testes de fiação de controle e operação elétrica (verificação da continuidade da fiação de controle, verificação da isolamento da fiação, verificação de polaridade e teste de operação sequencial).

A ANSI C37.20.2 apresenta algumas recomendações para o caso de se realizar testes dielétricos em campo nos circuitos principais (limitar o valor de ensaio a 75% do que é solicitado para o teste em fábrica).

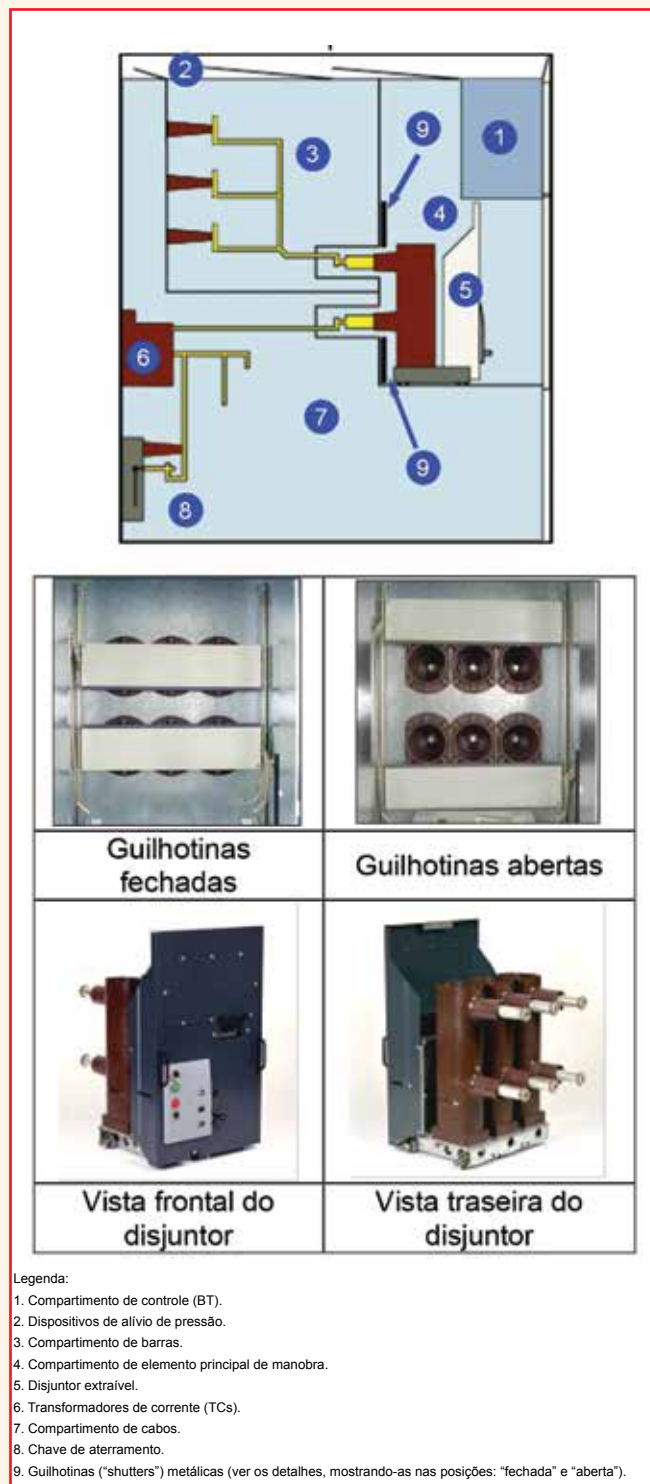
### Arranjos construtivos típicos

Comum na cultura IEC, pode-se observar na Figura 1 uma exemplificação do arranjo típico dos compartimentos e dos componentes usados numa coluna com padrão construtivo utilizando um só disjuntor, montado no compartimento intermediário da parte frontal (também conhecido como arranjo “single-tier” ou “mid-high” ou “one-high”: um elemento de manobra por coluna vertical).

Na Figura 2, podemos ver uma exemplificação da “escola” ANSI com o arranjo típico dos compartimentos e dos componentes usados em uma coluna com padrão construtivo utilizando dois disjuntores, montado nos compartimentos da parte frontal (também conhecido como arranjo “two-high”: dois elementos de manobra por coluna vertical).

O arranjo da Figura 1 permite o uso de montagens com a parte traseira das colunas próxima à parede, pois disponibiliza acesso frontal aos pontos de conexão dos cabos de potência. Apesar de ser uma forma interessante

para aplicações em salas elétricas com pouco espaço no sentido da profundidade das seções dos conjuntos de manobra e controle, ela apresenta problemas relativos ao comprimento do arranjo (por exemplo, um painel para 40 kA e 2.500 A em 13,8 kV, com 10 colunas, precisaria de um local com pelo menos 11 metros de comprimento). Além disso, dependendo do arranjo físico de um possível duto



**Figura 1 – Conjunto de manobra de MT com um disjuntor por coluna (arranjo “One-high” ou “Mid-high”).**

de barras para a conexão ao disjuntor de entrada, podem existir problemas com a acessibilidade para a instalação e manutenção do sistema. Outro ponto de preocupação é a seção reta dos cabos e sua quantidade por fase, tanto nas saídas quanto na entrada (caso não se use duto de barras). Deve-se ter cuidado com o raio de curvatura dos cabos e com a dimensão mínima para a terminação dos cabos e sua passagem por dentro da janela de um possível TC para proteção contra correntes de sequência zero.

A opção pelo arranjo da Figura 2 (cultura “ANSI”) exige a presença de espaço entre a parte traseira das colunas e

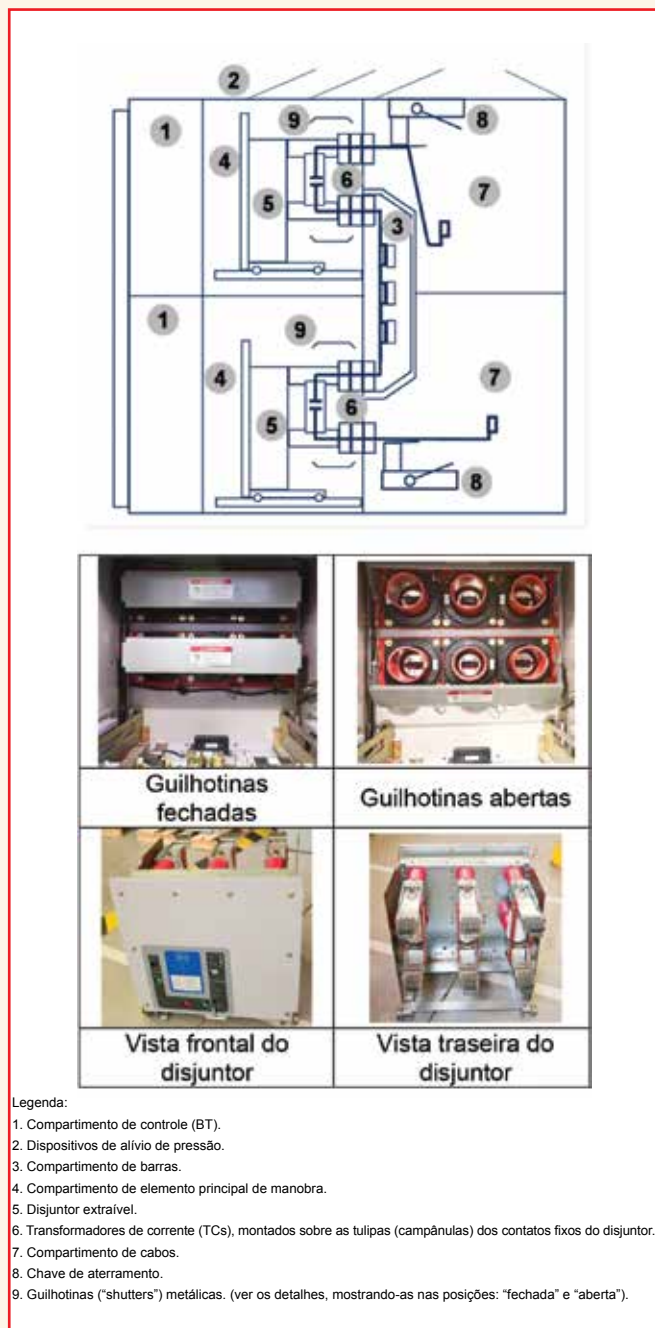
o elemento mais próximo (uma parede, por exemplo) para que se possa permitir o acesso aos cabos de potência. A vantagem deste arranjo surge quando existem limitações no comprimento da sala e com a necessidade de grandes quantidades de cabos de conexão ou a instalação de dutos de barras. Possui também um maior espaço para a instalação de outros dispositivos como: capacitores e supressores de surto, muflas terminais em corpo cerâmico, TC toroidal para proteção contra falhas de sequência zero (“Ground Sensor”), capacitores para correção de fator de potência nas saídas para motores, chaves de aterramento, etc.

Além do contexto dos diferentes tipos construtivos já mencionados, existe também uma discussão atual quanto à filosofia de montagem a ser adotada para os elementos de manobra: fixo ou extraível. Ambos os conceitos são seguros e possuem vantagens e desvantagens quanto à sua adoção. De fato, a escolha final recai sobre as filosofias adotadas pelo usuário para a operação e manutenção da sua instalação.

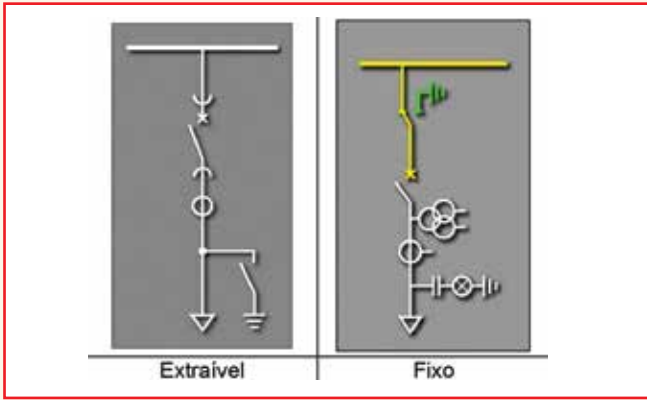
A filosofia de elementos de manobra fixos demanda o uso de chave seccionadora ou equivalente para garantir o seccionamento entre o elemento e rede elétrica. Já, no caso de uso de elementos extraíveis, é eliminada a necessidade de presença de chave seccionadora, desde que o sistema de movimentação do carro extraível e as guilhotinas associadas garantam a distância requerida para o seccionamento.

O uso de guilhotinas metálicas para os tipos extraíveis permite a segregação dos condutores (uso de barreira metálica aterrada entre partes energizadas, de forma que qualquer ocorrência de uma descarga elétrica só possa ocorrer para a terra) no ponto de seccionamento. Já nos sistemas com elementos fixos, a adoção da segregação de condutores só é possível com a instalação de uma chapa metálica temporária entre os contatos abertos da chave seccionadora. Outra vantagem no uso de elementos extraíveis com guilhotinas metálicas é a possibilidade de se conseguir, também, a segregação dos circuitos de saída. No caso de elementos fixos, existe a necessidade de uso de mais uma chave seccionadora e outra chapa metálica (para uso temporário entre os contatos da chave), a fim de se poder garantir a segregação. Porém, esta condição não se faz sempre necessária.

Tanto o sistema fixo para montagem de elementos de manobra quanto o extraível demandam intertravamentos de segurança. Estes dispositivos exigem inspeções e testes periódicos.



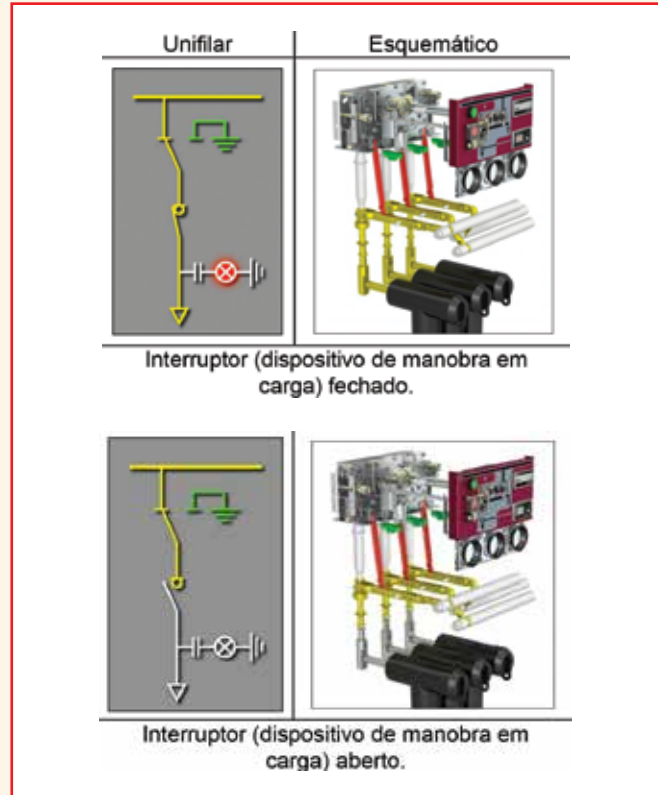
**Figura 2 – Conjunto de manobra e controle de média tensão com dois disjuntores por coluna (arranjo “Two-high”).**



**Figura 3 – Possibilidades de montagem do elemento principal de manobra (neste caso, disjuntor).**

Outra discussão relativa ao tópico do uso de elemento “extraível” versus “fixo” é a preocupação quanto ao uso de contatos móveis. Esta condição existe tanto no caso de elementos extraíveis (contatos das garras principais, fixa e móvel) quanto no caso de fixos (contatos principais do seccionador e os pontos de transferência de corrente na ligação entre a parte móvel e fixa da lâmina).

Em aplicações que usavam tecnologias de interrupção com base no uso do “sopro magnético” ou de “câmaras com jato controlado de óleo mineral” (PVO – Pequeno Volume de



**Figura 4 – Representações das condições de estado de um elemento de manobra fixo (neste caso, interruptor).**

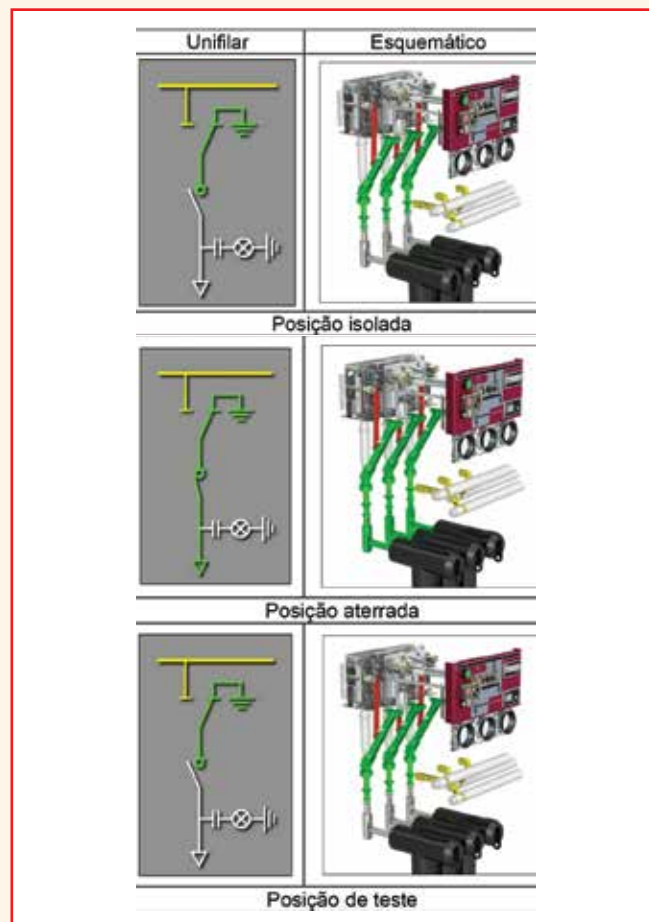
Óleo) era necessário um rápido e fácil acesso para inspeção e manutenção dos polos e das câmaras de extinção, visto que estes tipos de equipamento apresentavam um número limitado de ciclos de operação entre inspeções sucessivas. Logo era imperativo o uso de sistemas de extração para as unidades de manobra, de modo a reduzir o tempo de serviço nas intervenções. Hoje em dia, tal condição se modificou diante das novas tecnologias de interrupção de arco elétrico. Isto é bem relevante no caso de interruptores a vácuo, cujo atual estado de desenvolvimento, associado à baixa energia mecânica necessária para se manobrar os contatos entre as pequenas distâncias de isolamento presentes na condição “aberta”.

Disjuntores com interruptores a vácuo com contatos de liga Cu – Cr (Cobre – Cromo), usando sistema AMF (“Axial Magnetic Field”), têm apresentado uma capacidade de manobra superior a 10.000 ciclos de operação em regime normal. Tais condições têm levado a classificar, normalmente, dos disjuntores a vácuo como sendo de categoria E2 e M2, segundo as definições e testes da norma internacional IEC 62271-100.

Porém, nos casos em que ainda se faz necessária uma rápida troca do elemento principal de manobra, seja por motivos de falha ou de uma manutenção programada, a solução com elemento extraível é a mais eficiente. Estas são condições típicas nos casos de grandes instalações industriais ou das subestações de distribuição de concessionárias de energia. Já nas situações em que a corrente de regime associada ao elemento de manobra é relativamente baixa e se tem uma baixa periodicidade (quantidade de operações de seccionamento), a solução “fixa” é muito confiável tecnicamente e bem viável em termos econômicos, fato comum em centros comerciais ou grandes prédios de escritórios.

Em um arranjo do tipo extraível, existem elementos básicos que compõem as partes fixa e móvel da unidade funcional (UF), conforme exemplificado na Figura 6.

- a. Cella (“module”): também chamado de berço, é o subconjunto de montagem do sistema extraível, a ser fixado na UF.
- b. Campânula (“spout”): bucha isolante, montada na cella, com o contato fixo que permite a interligação elétrica entre o elemento extraível e as barras condutoras da UF. No caso trifásico, existem seis peças: uma para cada ponto de acoplamento (entrada / saída) de cada polo (fase).



**Figura 5 – Representações das posições de operação de um elemento de manobra fixo (neste caso, interruptor).**

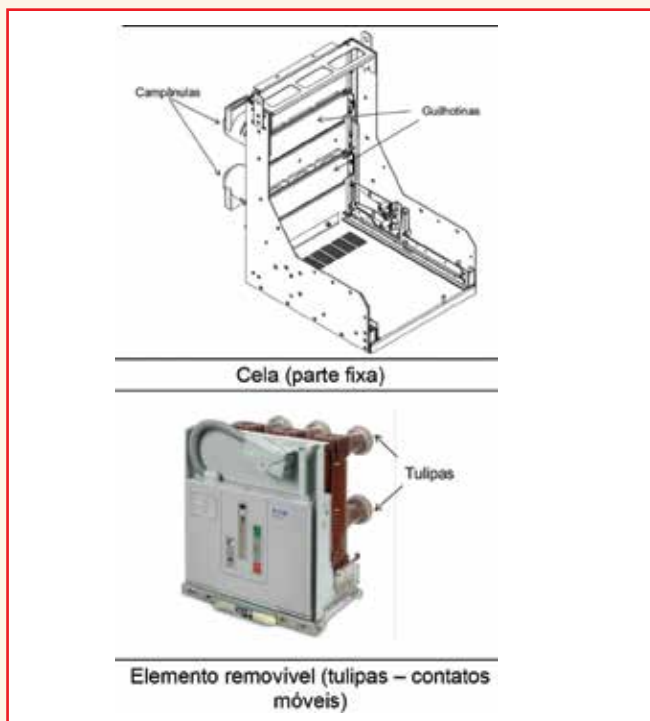
c. Guillotinas (“shutters”): parte da cella que pode ser movida de uma posição, dita “aberta”, onde os contatos fixos estão expostos e podem, então, serem conectados às respectivas partes móveis; para uma outra posição (“fechada”), onde elas, então, segregam os contatos fixos; se tornando, assim, uma partição interna ou parte do invólucro externo.

d Pinças: contatos do tipo “fêmea”, normalmente da parte móvel de um sistema extraível, cujas garras são montadas numa configuração de “dedos paralelos” (conforme mostrado na Figura 27 – a).

e. Tulipas: contatos do tipo “fêmea”, normalmente da parte móvel de um sistema extraível, cujas garras são montadas numa configuração de “coroa” (conforme mostrado na Figura 27 – b).

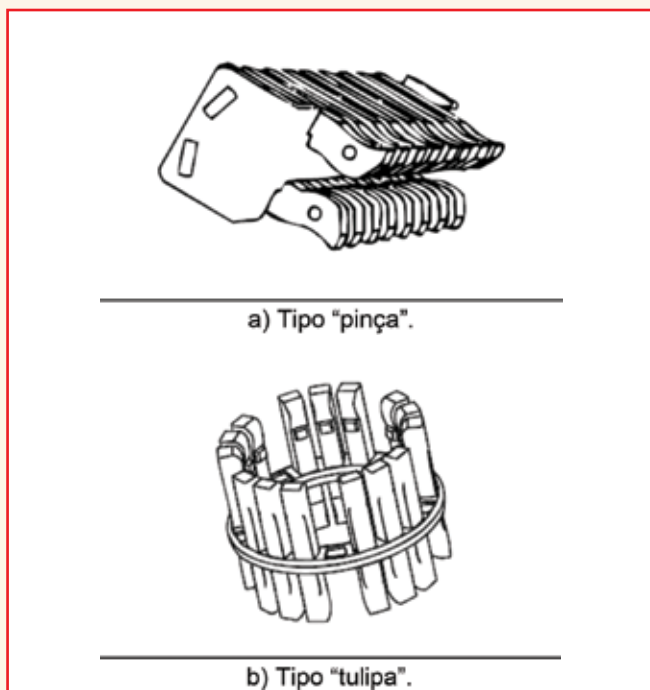
f. Barra: contato do tipo “macho”, normalmente da parte fixa de um sistema extraível, com a forma de barra chata, que trabalha com os contatos do tipo “pinça”.

g. Pino: contato do tipo “macho”, normalmente da parte fixa de um sistema extraível, com a forma cilíndrica, que trabalha com os contatos do tipo “tulipa”.



**Figura 6 – Exemplos de um sistema extraível.**

A escolha, pelo fabricante, tipo de configuração de contatos, pinça ou tulipa, depende de fatores como: níveis esperados para a corrente de regime permanente ou de curto-circuito. Alguns fabricantes preferem usar, basicamente, o tipo tulipa para todas as faixas, enquanto outros usam o tipo pinça até o nível de 2.000 A. Outro fator considerado nesta seleção está relacionado à forma da interligação entre o elemento interruptor e o contato



**Figura 7 – Tipo de contatos móveis.**

móvel: o arranjo de tulipa está, usualmente, associado ao uso de tubos ou cilindros como elementos condutores, os quais têm, em geral, um desempenho melhor quanto às solicitações dielétricas e à facilidade na aplicação de possíveis coberturas isolantes.

### Conclusões

A indústria, de um modo geral, vem ampliando os requisitos do uso de conjuntos de manobra e controle de média tensão de forma a estes equipamentos propiciarem cada vez mais um serviço confiável e uma operação segura, tanto do ponto de vista do sistema elétrico quanto, principalmente, pelo lado do ser humano. Estes requisitos têm sido cada vez mais rigorosos e precisam ser considerados e incluídos nos novos projetos.

Neste contexto, tem-se observado, nas indústrias com instalações e equipamentos elétricos baseados nas normas ABNT e IEC, uma tendência à solicitação de conjuntos de manobra e controle de média tensão com as seguintes características:

- UF com interruptor montado a meia altura da coluna (seção): um elemento por coluna;
- Classe de perda de continuidade de serviço e a categoria de partição: LSC2B – PM para CDC e LSC2A – PI para CCM;
- Compartimento de disjuntor ou demarrador (contator mais fusíveis limitadores) com acessibilidade por intertravamento;
- Compartimento de cabos com acessibilidade por intertravamento ou por procedimento;
- Compartimento de barras principais: não acessível ou com acesso especial (uso de ferramentas).

É importante, também, incorporar as boas práticas e lições aprendidas pelo uso consolidado de conjuntos de manobra e controle em instalações com históricos positivos de segurança, confiabilidade, disponibilidade e continuidade.

A aplicação e o uso de conjuntos de manobra e controle de média tensão demandam análise criteriosa que deve levar em conta os requisitos de sistemas cada vez mais complexos. Neste contexto, devem ser estabelecidas algumas diretrizes básicas:

- Definir as características nominais necessárias para uma

operação confiável e segura;

- Identificar as condições requeridas para o local da instalação: ambientais (temperatura, altitude, umidade, poluentes, etc.) e espaciais (área e altura disponíveis, acessibilidade, etc.);
- Efetuar os estudos de engenharia necessários e de forma completa e consistente (fluxo de carga, queda de tensão, curto-circuito, coordenação e seletividade, energia incidente, aterramento do sistema e transitórios eletromagnéticos);
- Definir as filosofias de operação e manutenção;
- Estabelecer os requisitos construtivos adicionais que permitam o aumento da confiabilidade e da disponibilidade da instalação e, principalmente, a segurança humana e a operacional.

### Referências

- IEC 62271-200. High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for voltages above 1 kV and up to and including 52 kV. IEC, 2003.
- IEC 62271-1. High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications. IEC, 2007.
- IEC 62271-100. High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating-current circuit-breakers. IEC, 2008.
- IEEE Std C37.20.2 – 1999, IEEE Standard for Metal-Clad Switchgear.
- NR 10: Norma regulamentadora Número 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Ministério do Trabalho e Emprego – Governo Federal do Brasil, 2004.
- Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces, NFPA 70E-2009.
- IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations, IEEE Std 1584 – 2002.

---

*\*LUIZ FELIPE COSTA é especialista sênior da Eaton. É formado em engenharia elétrica pela Escola de Engenharia da UFRJ e pós-graduado em Proteção de Sistemas Elétricos pela Universidade Federal de Itajubá.*

#### Continua na próxima edição

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