

**FACULDADE PATOS DE MINAS
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

LEANDRO JÚLIO DE AMORIM

**CONJUNTO DE MANOBRA E CONTROLE DE BAIXA
TENSÃO: CARACTERÍSTICAS E MÉTODOS DE
ENSAIO**

**PATOS DE MINAS
2016**

LEANDRO JÚLIO DE AMORIM

**CONJUNTO DE MANOBRA E CONTROLE DE BAIXA
TENSÃO: CARACTERÍSTICAS E MÉTODOS DE
ENSAIO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade Patos de Minas
como requisito para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof.Me. Guilherme
Fernandes.

**PATOS DE MINAS
2016**

Candidato:
LEANDRO JÚLIO DE AMORIM

Título: CONJUNTO DE MANOBRA E CONTROLE DE BAIXA TENSÃO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Patos de Minas
como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica –
FACULDADE PATOS DE MINAS

Data: 09 de novembro de 2016

Prof. Me. Guilherme Fernandes
Orientador

Prof. Esp. Márcio Arvelos
Examinador

Prof. Esp. Gustavo Aparecido
Examinador

Aprovado ()

Reprovado ()

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus por me dar força ao longo desta caminhada e por não deixar desistir em momento algum, sempre me ajudando superar meus desafios.

Agradeço ao meu pai José Júlio e minha mãe Inês Peres, pela confiança depositada em mim, por estarem sempre ao meu lado me apoiando e proporcionando toda base e estrutura para alcançar meus objetivos e trilhar meu futuro.

Agradeço aos meus irmãos Cássio e Filipe, os quais sempre me inspiram muito por sua grande força de vontade e determinação.

Agradeço a meus familiares, amigos e todos que me apoiaram e compreenderam o motivo de minha ausência, ao longo destes anos.

Agradeço a todas as pessoas que estiveram em minha vida e contribuíram com meu desenvolvimento pessoal, profissional e acadêmico.

Agradeço aos meus colegas de classe e com certeza futuros excelentes profissionais.

Agradeço ao professor orientador Guilherme Fernandes por todo apoio oferecido, proporcionando a conclusão deste trabalho.

AMORIM, Leandro Júlio de. **CONJUNTO DE MANOBRA E CONTROLE DE BAIXA TENSÃO: CARACTERÍSTICAS E MÉTODOS DE ENSAIO**. 2016. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade Patos de Minas, Patos de Minas-mg, 2016.

ESTÁ AUTORIZADA INTEGRAL OU PARCIALMENTE A REPRODUÇÃO DESTE TRABALHO, PARA FINS DE ESTUDO E/OU PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

RESUMO

Os conjuntos de manobra e controle de baixa tensão, mais conhecidos como painéis elétricos de baixa tensão são de fundamental importância, para o sistema elétrico de distribuição, proteção, controle, garantindo segurança para pessoas, conservação do patrimônio e continuidade do processo. Este trabalho visa apresentar e disponibilizar informações básicas sobre a aplicação, projeto, desenvolvimento e verificação das normas aplicáveis aos conjuntos. Como existem várias formas de construção, o mercado fornecedor apresenta grande diversidade de montagens e processos de fabricação. As normas e seus órgãos regulamentadores proporcionam uma padronização e melhoria da qualidade dos produtos, otimização dos processos, e são utilizados como base técnica para orientar projetistas, fornecedores e consumidores a possuírem uma forma de avaliação do produto. Os conjuntos de manobra e controle de baixa tensão são produtos fornecidos obedecendo aos requisitos de diversas normas, onde são apresentados definições, características elétricas, mecânicas, construtivas e métodos para realização de testes e ensaios. As características do local da instalação e forma de operação do conjunto definem requisitos mínimos a serem obedecidos pelo projeto, fabricação, métodos de montagem e escolha dos equipamentos utilizados. Os ensaios são realizados para expor o conjunto às possíveis condições exigidas pelas instalações elétricas, avaliando seu desempenho e corrigindo possíveis falhas de projeto e construção. Após o cumprimento dos critérios para fabricação, o produto fornecido pelos fabricantes será de qualidade e segurança.

Palavras-chave: Conjunto manobra e controle. Painel elétrico baixa tensão. Set TTA and PTTA. Electrical panel project.

ABSTRACT

The sets maneuver and low voltage control, better known as low-voltage electrical panels are of fundamental importance for the electricity distribution system, protection, control, ensuring safety for people, heritage conservation and continuity of the process. This work aims to present and provide basic information about the application, project, development and verification of standards for sets. Because there are several forms of construction, the supplier market presents big diversity of assembly and manufacturing processes. The standards and their regulatory bodies provide standardization and improvement of product quality, process optimization, are used to as a technical basis to guide designers, suppliers and customers to possess a form of product evaluation. The sets maneuver and low voltage control, are products provided meeting the requirements of various standards, where definitions are presented, electrical, mechanical, construction and methods for testing and trials are presented. The local characteristics of the installation and assembly operation so define minimum requirements to be followed by the project, manufacture, assembly methods and choice of equipment used. The tests are carried out to expose all the possible requirements for the electrical installations, evaluating their performance and correct potential design flaws and construction. After meeting the criteria for manufacturing, the product will be provided by manufacturers of quality and safety

Keywords: Set maneuver and control. Low voltage electrical panel. Industry. Project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aplicação Conjuntos.....	19
Figura 2. Conjunto aberto.....	20
Figura 3. Conjunto aberto com proteção frontal.....	21
Figura 4. Conjunto do tipo armário.....	22
Figura 5. Conjunto do tipo multicolunas.....	23
Figura 6. Conjunto tipo mesa de comando.....	24
Figura 7. Partes Fixas.....	25
Figura 8. Conjunto com partes fixas.....	25
Figura 9. Parte extraível.....	26
Figura 10. Conjunto com partes extraíveis.....	26
Figura 11. Distância de isolamento e escoamento.....	28
Figura 12. Graus de proteção em um conjunto.....	31
Figura 13. Símbolos.....	33
Figura 14. Forma de separação 1.....	33
Figura 15. Forma de separação 1.....	34
Figura 16. Forma de separação 2.....	34
Figura 17. Forma de separação 2a.....	35
Figura 18. Forma de separação 2b.....	35
Figura 19. Forma de separação 3.....	36
Figura 20. Forma de separação3a.....	37
Figura 21. Forma de separação3b.....	37
Figura 22. Forma de separação 4.....	38
Figura 23. Forma de separação 4a.....	39
Figura 24. Forma de separação 4b.....	39
Figura 25. Arranjo de um conjunto.....	49
Figura 26. Ensaio verificação limite temperatura.....	51
Figura 27. Tensão de impulso 1,2/50 μ s.....	52
Figura 28. Ensaio verificação das propriedades dielétricas.....	52
Figura 29. Forma de onda da corrente aplicada em ensaio.....	54
Figura 30. Ensaio corrente suportável de curto.....	54
Figura 31. Eficácia do circuito de proteção.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores normalizados para o fator n.....	42
Tabela 2. Distâncias mínimas de isolamento.....	57
Tabela 3. Distâncias mínimas de escoamento.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Formas típicas de separação por barreiras ou divisões.	32
Quadro 2. Lista de verificações e de ensaios de tipo e rotina.	47
Quadro 3. Limites elevação de temperatura.	50

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas.
IEC	- <i>Internacional Electrotechnical Commission.</i>
EN	- <i>Europäische Norm.</i>
ANSI	- <i>American National Standards Institute.</i>
NEMA	- <i>National Electrical Manufacturers Association.</i>
UL	- <i>Underwriters` Laboratories.</i>
DIN	- <i>Deutsches Institut für Normung.</i>
VDE	- <i>Verband Deutscher Elektrotechniker.</i>
TTA	- Totalmente testado.
PTTA	- Parcialmente testado.
NR	- Norma regulamentadora.
CCM	- Centro controle de motores.
QGBT	- Quadro geral de distribuição em baixa tensão.
QDFL	- Quadro de distribuição de força e iluminação.
Uimp	- Tensão nominal de impulso.
Ui	- Tensão nominal de isolamento.
Ue	- Tensão nominal de operação.
In	- Corrente nominal.
Ic	- Corrente de curto-circuito.
Icp	- Corrente presumida de curto-circuito.
Icw	- Corrente suportável nominal de curta duração.
Ipk	- Corrente suportável nominal de crista.
Icc	- Corrente nominal condicional de curto-circuito.
Icf	- Corrente condicional de curto-circuito limitada por fusível.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problemática	12
1.2	Objetivo Geral	13
1.3	Objetivos específicos	13
1.4	Justificativa	13
2	NORMAS	15
2.1	Objetivo das normas	15
2.2	Principais órgãos regulamentadores	15
2.3	Principais normas aplicáveis a painéis	16
3	APLICAÇÃO DOS CONJUNTOS	18
3.1	Definição do conjunto	18
3.2	Aplicação dos conjuntos	18
3.3	Exemplos de conjunto	18
4	TIPOS DOS CONJUNTOS	20
4.1	Exemplos de tipos de conjuntos	20
4.1.1	<i>Tipo aberto</i>	20
4.1.2	<i>Tipo aberto com proteção frontal</i>	21
4.1.3	<i>Tipo armário</i>	21
4.1.4	<i>Tipo multicolunas</i>	22
4.1.5	<i>Tipo mesa de comando</i>	23
4.1.6	<i>Conjunto com partes fixas</i>	24
4.1.7	<i>Conjunto com partes extraíveis</i>	25
5	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS	27
5.1	Características mecânicas	27

5.1.1	<i>Distância de isolação e escoamento</i>	27
5.1.2	<i>Grau de poluição</i>	28
5.1.3	<i>Grau de proteção</i>	29
5.1.4	<i>Forma de separação</i>	31
5.2	Características Elétricas	39
5.2.1	<i>Tensões nominais</i>	40
5.2.2	<i>Tensão nominal de operação (U_e)</i>	40
5.2.3	<i>Tensão nominal de isolamento (U_i)</i>	40
5.2.4	<i>Tensão suportável nominal de impulso (U_{imp})</i>	40
5.2.5	<i>Corrente nominal (I_n)</i>	41
5.2.6	<i>corrente de curto-circuito (I_c)</i>	41
5.2.7	<i>Corrente presumida de curto-circuito (I_{cp})</i>	41
5.2.8	<i>Corrente suportável nominal de curta duração (I_{cw})</i>	41
5.2.9	<i>Corrente suportável nominal de crista (I_{pk})</i>	42
5.2.10	<i>Corrente nominal condicional de curto-circuito (I_{cc})</i>	42
5.2.11	<i>Corrente condicional de curto-circuito limitada por fusível (I_{cf})</i>	42
5.2.12	<i>Frequência nominal</i>	43
6	ENSAIOS	46
6.1	Objetivo dos ensaios	46
6.2	Ensaio de tipo	46
6.3	Ensaio de rotina	47
6.4	Realização dos ensaios	48
6.4.1	<i>Verificação do limite de temperatura</i>	49
6.4.2	<i>Verificação das propriedades dielétricas</i>	51
6.4.3	<i>Verificação da corrente suportável de curto-circuito</i>	53
6.4.4	<i>Verificação da eficácia do circuito de proteção</i>	55
6.4.5	<i>Ensaio de distâncias de isolação e escoamento</i>	56

6.4.6	<i>Ensaio de funcionamento mecânico</i>	58
6.4.7	<i>Ensaio de verificação do grau de proteção</i>	58
7	CONCEITO TTA E PTTA	44
7.1	Conjunto TTA	44
7.2	Conjunto PTTA	44
8	PROJETO E FABRCAÇÃO DE UM CONJUNTO	59
8.1	Projeto elétrico.....	59
8.2	Projeto mecânico	60
8.3	Fabricação.....	60
8.4	Montagem.....	61
8.4.1	<i>Montagem mecânica</i>	61
8.4.2	<i>Montagem elétrica</i>	61
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Para uma análise da execução de Conjuntos de Manobra e Controle de Baixa Tensão, mais conhecidos como painéis elétricos, que são o ponto no qual a energia fornecida se divide em circuitos separados, onde cada circuito é controlado e protegido por equipamentos de manobra que compõem o conjunto. É extremamente importante conhecer as características elétricas, mecânicas o dimensionamento de suas partes integrantes e seus elementos, obtendo o conhecimento de suas aplicações e limitações, para conseguir a máxima qualidade de fabricação e operação.

Neste trabalho serão abordados os tipos de conjuntos mais utilizados, execução e montagem, materiais usados em sua fabricação, ensaios e procedimentos de segurança. A falta de conhecimento e experiência pode levar a situações indesejáveis como explosões, paradas não programadas e principalmente danos físicos e perdas de vidas.

Os conjuntos de manobra e controle de baixa tensão estão entre os mais importantes elementos de uma instalação. Seu projeto e construção devem estar de acordo com normas técnicas aplicáveis aos conjuntos. Desenvolvidos para atender diversos segmentos de mercado, possuem padronização, permitindo facilidade de montagem, instalação, manutenção e ampliações.

Em geral, a fonte de energia é ligada a um conjunto que possui barramentos de distribuição. Os circuitos individuais, os quais são geralmente agrupados de acordo com a função do circuito, são conectados aos barramentos, e assim alimentam as cargas interligadas ao conjunto. Uma prática moderna é montar os conjuntos em uma estrutura metálica, assegurando maior proteção aos componentes internos, contra o ambiente onde será instalado.

Este estudo poderá ser utilizado por projetistas e fabricantes, como base técnica para análise do projeto, qualidade e desempenho, dos conjuntos de diversos fornecedores existentes mercado.

1.1 Problemática

Para analisar a execução de conjuntos de manobra e controle de baixa tensão é fundamental compreender plenamente as normas aplicáveis, características e os parâmetros necessários para o dimensionamento de sua estrutura, componentes e

partes integrantes, tendo em vista: o conhecimento de suas aplicações, limitações, instalação e operação.

1.2 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo apontar informações que ofereçam uma base técnica para elaboração do projeto, execução, fabricação, especificação e métodos de ensaios referentes a conjuntos de manobra e controle de baixa tensão.

1.3 Objetivos específicos

- Abordar os principais itens e padrões estabelecidos pelas normas aplicáveis aos conjuntos citados.
- Diferenciar os conjuntos a partir de sua finalidade e aplicação no sistema elétrico.
- Diferenciar os conjuntos a partir de suas formas construtivas, montagem e separação interna.
- Citar as características elétricas e mecânicas que os conjuntos devem possuir para atender aos requisitos necessários para sua operação e segurança.
- Apresentar métodos para realização dos ensaios e testes que são pré-requisitos necessários para finalização e garantia de perfeito funcionamento do conjunto.

1.4 Justificativa

Este trabalho é direcionado para esclarecimentos de requisitos técnicos destinados a conjuntos de manobra e controle baixa tensão, conceituando e exemplificando alguns tipos de aplicações encontrados em ambientes industriais. Desta forma, este estudo pode ser utilizado por projetistas e usuários como base técnica para análise de qualidade e conformidade.

O estudo refere-se à fabricação de conjuntos seguindo as normas aplicáveis, fornecendo maior confiabilidade e segurança para os envolvidos no setor industrial, proporcionando controle e proteção, confiáveis aos circuitos dos sistemas de distribuição.

Para tanto, neste trabalho serão abordados os tipos de conjuntos mais aplicados, materiais usados em sua fabricação, execução, montagem, testes e ensaios.

2 NORMAS

2.1 Objetivo das normas

Norma é o documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto. (1)

O objetivo da normalização consiste em estabelecer soluções, para assuntos que têm caráter repetitivo, tornando-se uma ferramenta poderosa na autodisciplina dos agentes ativos nos mercados. A operação adequada e segura de qualquer sistema ou equipamento elétrico depende de um compromisso entre fornecedor e cliente. O fabricante deve garantir que o produto esteja de acordo com as normas técnicas aplicáveis, e irá atender o consumidor ou cliente de forma efetiva e segura, para tal, é fundamental que o usuário mantenha o local da instalação em conformidade aos requisitos mínimos para aplicação e operação.

A norma técnica é o principal instrumento que fabricantes e clientes possuem para especificação e verificação de um produto. Seus principais objetivos são:

- Reduzir o número de variações de conjuntos elétricos.
- Padronizar as especificações técnicas relativas ao produto (melhoramento de troca de informações entre fornecedores e clientes).
- Proteger os usuários em geral e consumidores, de produtos com baixa qualidade e segurança.
- Fornecer meios para verificação e avaliação da qualidade dos produtos.
- Compartilhar os avanços tecnológicos e a boa prática de gestão.
- Melhorar relações comerciais entre países. (1,2)

2.2 Principais órgãos regulamentadores

Regulamentação técnica é o meio pelo qual se estabelecem os requisitos de cumprimento das normas. Os regulamentos técnicos podem estabelecer em detalhes as características exigidas para os produtos, estabelecer os métodos de ensaio e outros requisitos técnicos necessários. Cabe ao órgão regulamentador decidir se convém ou não utilizar normas técnicas.

As principais entidades de normas nacionais e internacionais utilizadas para a execução e o projeto dos conjuntos de manobra e controle de baixa tensão são:

- *Associação Brasileira de Normas Técnicas* - ABNT.
- *Internacional Electrotechnical Commission* - IEC.
- *Europäische Norm* - EN.
- *American National Standards Institute* - ANSI.
- *National Electrical Manufacturers Association* - NEMA.
- *Underwriters` Laboratories* - UL.
- *Deutsches Institut für Normung* - DIN.
- *Verband Deutscher Elektrotechniker* - VDE.(3,4)

2.3 Principais normas aplicáveis aos conjuntos

As principais normas referentes aos projetos e fabricação dos conjuntos são:

- ABNT NBR IEC 60439-1 - Conjuntos de Manobra e Controle de Baixa Tensão Parte 1: Conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testado (PTTA).

Esta Norma aplica-se aos CONJUNTOS de manobra e controle de baixa tensão (CONJUNTOS com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e CONJUNTOS com ensaio de tipo parcialmente testado (PTTA)), em que a tensão nominal não exceda 1000 VCA, a frequências que não excedam 1000 Hz, ou 1500 VCC. (5)

- ABNT NBR IEC 60529 (Graus de proteção para invólucros de equipamentos Elétricos (Código IP)).
 “Esta norma estabelece definições para os graus de proteção providos para os invólucros dos equipamentos elétricos.” (5)
- IEC 62208 Ed. 2.0 b (Invólucros vazios destinados a conjunto de manobra e controle de baixa tensão — Requisitos gerais).

Esta Norma aplica-se aos invólucros vazios, antes da incorporação dos dispositivos de manobra e comando pelo usuário, no estado como estão sendo fornecidos pelo fabricante. (5)

- ABNT NBR 5410 (Instalações Elétricas de Baixa Tensão)

A NBR 5410 prescreve as regras para o projeto, execução e verificação das instalações elétricas de baixa tensão. Tais regras são destinadas a garantir a segurança das pessoas, dos animais e dos bens contra os perigos e os danos suscetíveis de ocorrer quando as instalações elétricas são usadas de forma adequada e garantir o funcionamento correto de tais instalações. (6)

- NR – 10 (Instalações e Serviços em Eletricidade);

Estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. (7)

- NR – 12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos).

Esta norma regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais normas regulamentadoras - NR aprovadas pela Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis. (8)

3 APLICAÇÃO DOS CONJUNTOS

3.1 Definição do conjunto

Conjunto de manobra e comando de baixa tensão: Combinação de equipamentos de manobra, controle, medição, sinalização, proteção, regulação, etc., em baixa tensão, completamente montados, com todas as interconexões internas elétricas e estrutura mecânica. (9)

Os conjuntos de manobra e controle de baixa tensão, também conhecidos como painéis elétricos, são constituídos de estruturas com invólucros metálicos para montagens no piso (autossustentáveis) ou em paredes (sobrepostas ou embutidas).

As estruturas fabricadas para montagens em paredes são normalmente denominadas quadros, enquanto as estruturas autossustentáveis são conhecidas como cubículos ou painéis. Dentro destas estruturas, pode-se montar uma diversidade de equipamentos eletroeletrônicos que combinados com a estrutura formam um conjunto. (10)

3.2 Aplicação dos conjuntos

Podemos encontrar os conjuntos de baixa tensão em uma série de aplicações, como: jardins (sistemas de irrigação), interior de casas (tomadas de uso geral, iluminação e chuveiro), supermercados (câmaras frigoríficas, tomadas de uso geral e específico, iluminação interna e externa), escolas (iluminação, tomadas, chuveiros e equipamentos industriais), hospitais (geradores, iluminação e equipamentos como tomógrafos e raio-x), indústrias, aeroportos (iluminação de pistas, distribuição de energia auxiliar (interna) e alimentação e controle de escadas rolantes e plataformas), shopping center (iluminação, tomadas, escadas rolantes e elevadores), agronegócio (pivôs e bombas de irrigação) e mais uma infinidade de setores que utilizam os conjuntos.

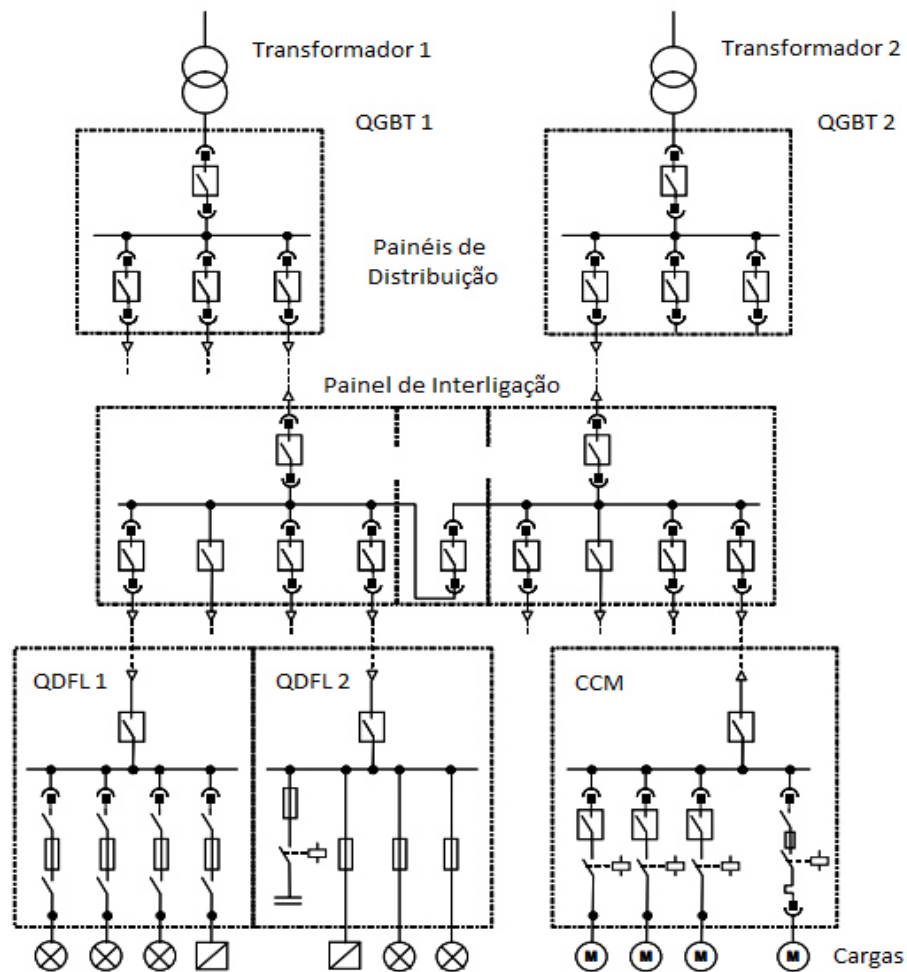
3.3 Exemplos de conjuntos

Dadas as diversas funcionalidades e especificações, os conjuntos mais empregados no mercado são:

- Centro Controle de Motores – CCM.
- Quadro Geral de Distribuição em Baixa Tensão – QGBT.
- Quadro de Distribuição de Força e Iluminação – QDFL.
- Painel de Banco de Capacitores.
- Mesas de Comando.
- Painel Chave de Partida para Motores Elétricos.
- Painel de Automação, Controle e Instrumentação.
- Caixas de Medição de Energia.
- Painéis para Aplicações Especiais.
- Painéis de interligação.

A figura 1 representa alguns exemplos dos conjuntos de manobra e controle de baixa tensão.

Figura 1. Aplicação Conjuntos.



Fonte: (3)

4 TIPOS DOS CONJUNTOS

4.1 Exemplos de tipos de conjuntos

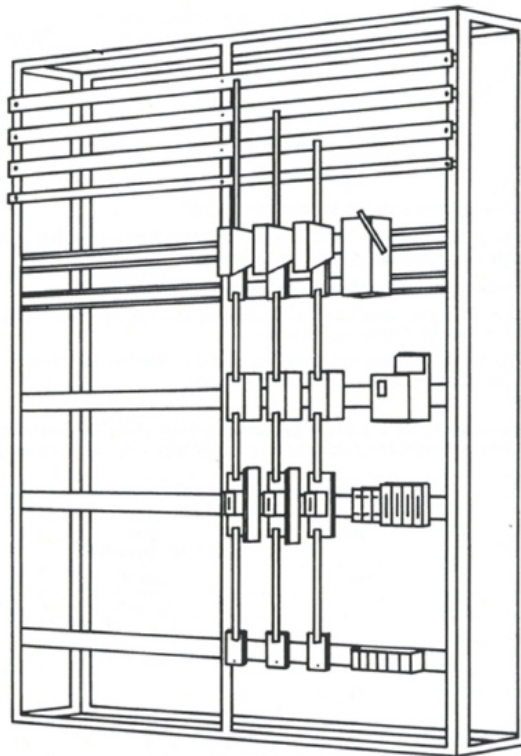
Os conjuntos podem ser encontrados em diversas configurações de montagem, desenhos internos e externos, finalidade de utilização, espaço disponível do segmento onde será utilizado e de suas características construtivas necessárias. (11)

Os principais tipos são:

4.1.1 *Tipo aberto*

Conjunto que consiste de uma estrutura que deve suportar os equipamentos elétricos, suas partes energizadas são facilmente acessadas, como barramentos e conexões expostas. Este tipo de estrutura possui custo reduzido, melhor dissipação de calor pelos componentes, mas existe maior risco pela exposição das partes energizadas. (3)

Figura 2. Conjunto aberto.

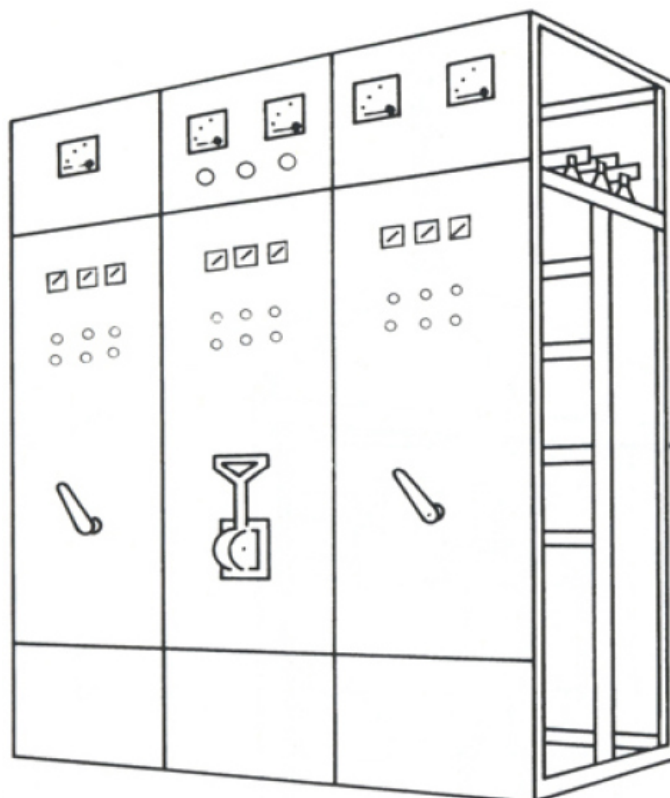


Fonte: (9)

4.1.2 Tipo aberto com proteção frontal

Conjunto aberto com uma proteção frontal (geralmente do mesmo material da estrutura) assegurando maior grau de proteção comparado ao tipo aberto. Através das laterais podem-se acessar as partes energizadas reduzindo sua segurança. (3)

Figura 3. Conjunto aberto com proteção frontal.

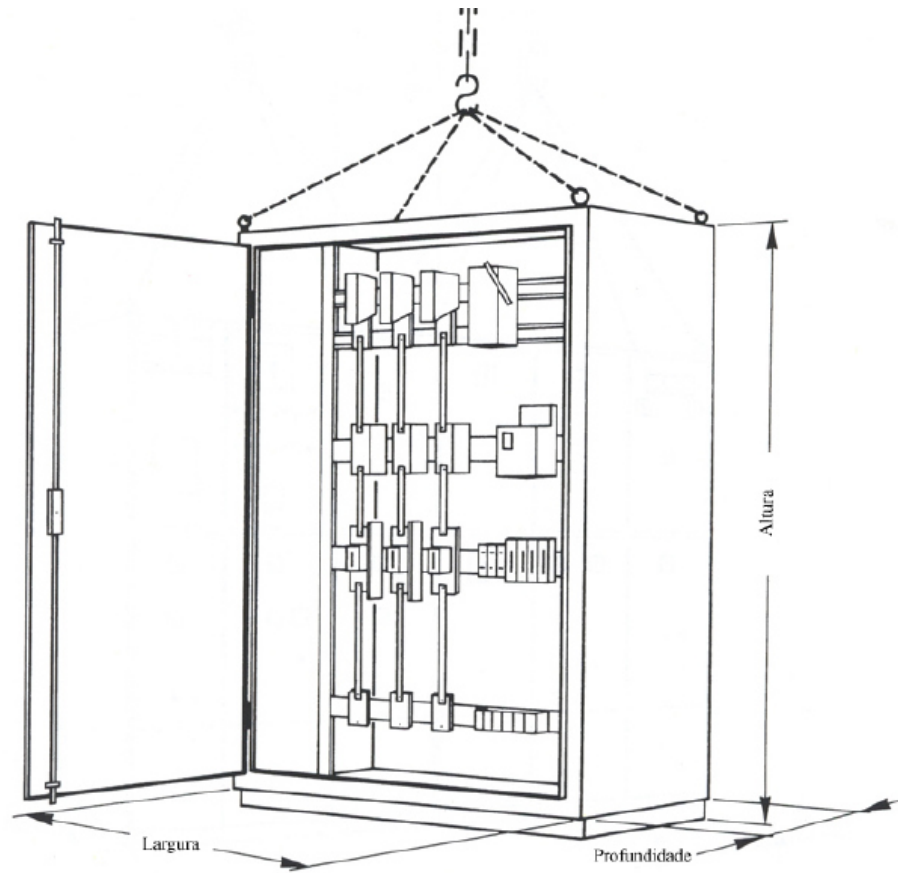


Fonte: (9)

4.1.3 Tipo armário

Possui uma coluna fechada, que pode incluir compartimentos, várias seções e subseções. São conjuntos também denominados autossustentáveis, constituídos de soleiras para contato com o piso, podendo ser fixados no piso em base de concreto ou somente instalados sem fixação da base. (11)

Figura 4. Conjunto do tipo armário.

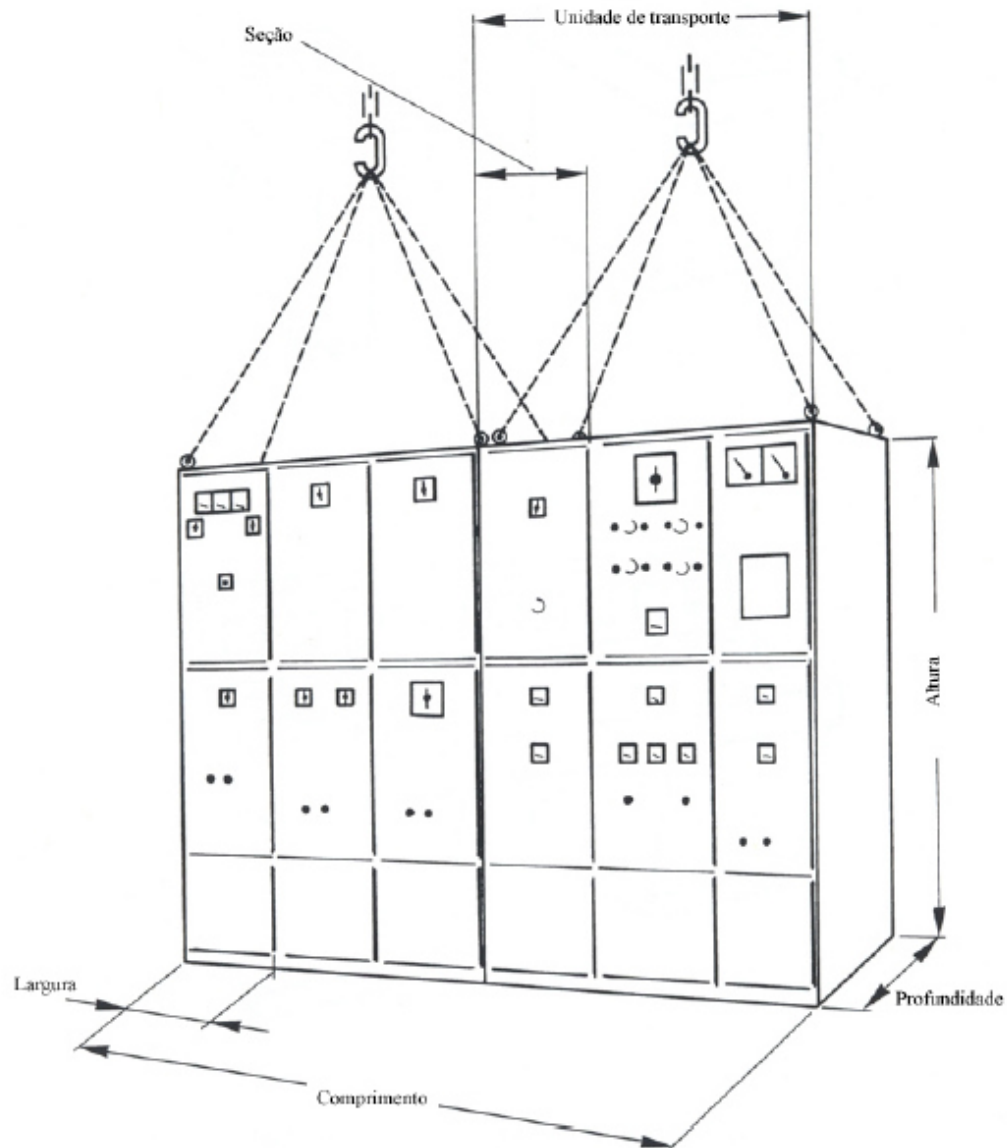


Fonte: (9)

4.1.4 Tipo multicolunas

Fabricado com estrutura em multicolunas é a união de várias estruturas do tipo armário, mecanicamente acopladas e fixadas. Geralmente são utilizados quando há um grande número de cargas, possibilitando a concentração da distribuição de energia em um único conjunto. (11)

Figura 5. Conjunto do tipo multicolumnas.

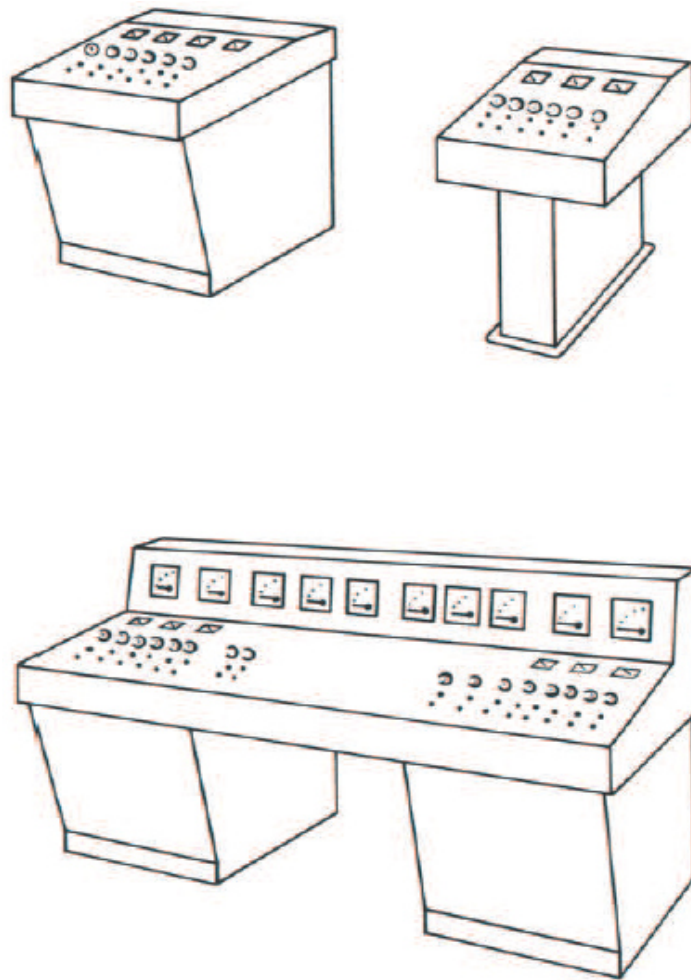


Fonte: (9)

4.1.5 Tipo mesa de comando

O conjunto de comando e montagem tipo mesa é desenvolvido para acionamento e controle de máquinas, se tornando um centro de operação. Construído de forma inclinado, horizontal ou uma combinação de ambos, facilitando o manuseio, podendo ser incorporado com dispositivos de controle, medição, sinalização e sistemas supervisórios. (11)

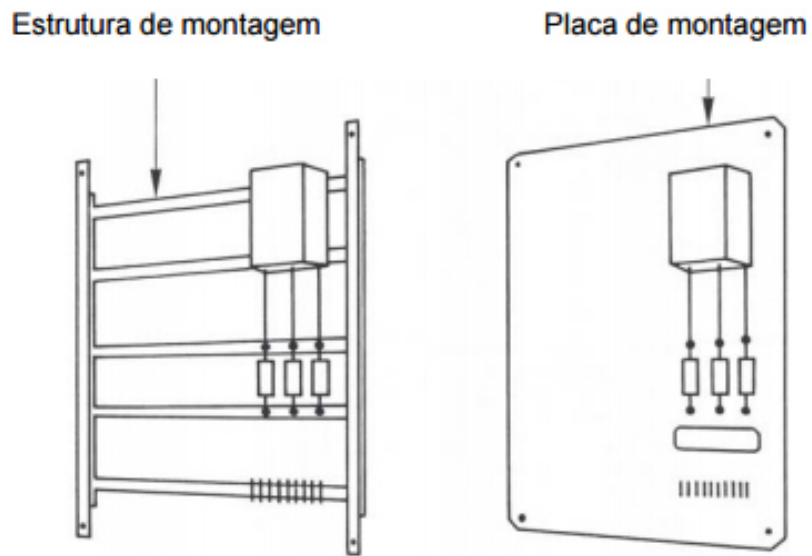
Figura 6. Conjunto tipo mesa de comando.



Fonte: (9)

4.1.6 Conjunto com partes fixas

Os conjuntos com partes fixas compreendem-se de várias subseções onde possuem estruturas ou placas de montagem para instalação dos componentes elétricos. As subseções podem possuir dimensões diferentes e seus componentes definidos de acordo com sua aplicação. (11)

Figura 7. Partes Fixas.

Fonte: (9)

Figura 8. Conjunto com partes fixas.

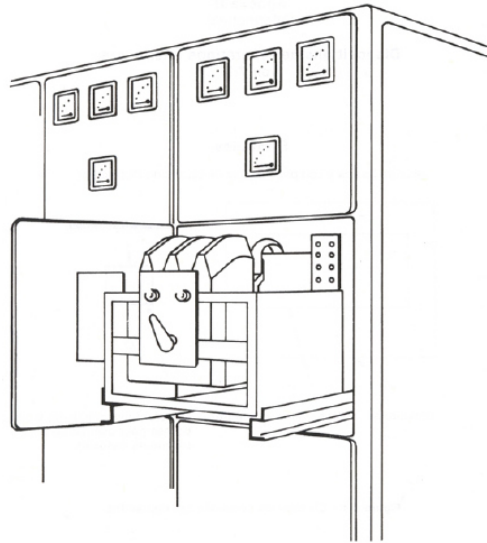
Fonte: Setta Energy Ltda.

4.1.7 Conjunto com partes extraíveis

Os conjuntos podem apresentar características de extração dos circuitos de força e controle e em muitas vezes sem a necessidade de uma ferramenta. Esta

funcionalidade aumenta a segurança, facilita os trabalhos de manutenção, reduz os tempos de parada em casos que necessitam substituir ou reparar partes integrantes. Na maioria dos casos as operações de inserção e extração se dão com o circuito energizado, limitando a desconexão de energia somente ao ramal que necessita de intervenção. (3)

Figura 9. Parte extraível.



Fonte: (9)

Figura 10. Conjunto com partes extraíveis



Fonte: (3)

5 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

5.1 Características mecânicas

“Os conjuntos devem ser construídos somente com materiais capazes de resistir esforços mecânicos, elétricos e térmicos, bem como aos efeitos da umidade, que provavelmente serão encontrados em serviço normal”. (9)

5.1.1 Distância de isolamento e escoamento

A aplicação das distâncias de isolamento e de escoamento é destinada a assegurar uma eficácia do isolamento na instalação. As distâncias de isolamento e escoamento dos equipamentos que constituem um conjunto devem cumprir os requisitos da norma NBR IEC 60439-1. Quando os equipamentos utilizados na montagem estão incorporados ao conjunto, as distâncias especificadas nas condições normais de serviço devem ser mantidas. Para o dimensionamento das distâncias de isolamento e escoamento entre circuitos distintos deve ser utilizado à tensão nominal mais elevada, com seu valor definido pela norma.

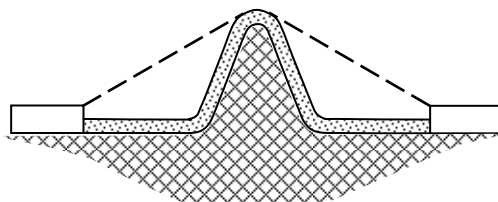
Estas distâncias definem os níveis máximos de tensão pelos quais os painéis podem ser submetidos, sem apresentar falhas como descargas elétricas entre componentes e estrutura. Para comprovação da eficácia destas distâncias os ensaios de Verificação de Propriedades Dielétricas e Distância e isolamento e escoamento são realizados. (12)

Distância de isolamento: menor distância entre duas partes condutoras em linha reta, desconsiderando superfícies sólidas contínuas. A Tensão Nominal de Impulso (U_{imp}) é utilizada para realização dos ensaios que o conjunto pode ser submetido.

Distância de escoamento: diferente da distância de isolamento é definida pela menor distância através da superfície de um material isolante sólido entre duas partes condutoras. Relaciona-se à Tensão Nominal de Isolamento do Conjunto (U_i).

A figura 11 mostra a distância de isolamento representada pelo caminho mais curto entre as duas partes vivas, demonstrada pelos dois retângulos nas laterais. A distância de escoamento é o caminho através da superfície do isolador. (12)(13)(14)

Figura 11. Distância de isolamento e escoamento.



Fonte: (13)

5.1.2 Grau de poluição

O Grau de Poluição é um número convencional baseado na quantidade de poeira condutiva ou higroscópica, gás ionizado ou sal e, também, na umidade relativa e sua frequência de ocorrência, que resulta em absorção higroscópica ou condensação de umidade, que conduz à redução da rigidez dielétrica e/ou resistividade superficial. (15)

O grau de poluição dos dispositivos, materiais isolantes e componentes no interior do conjunto podem ser diferentes daqueles do ambiente externo, por isso o grau de poluição a ser considerado é o interno.

O grau de poluição refere-se diretamente às condições ambientais para as quais o conjunto é aplicado. O Grau de poluição é dividido em quatro níveis:

Grau de poluição 1 : Não ocorre poluição ou apenas uma poluição seca não condutora.

Grau de poluição 2 : Ocorre, normalmente, somente poluição não condutora. Porém, pode ser esperada condutividade temporária causada por condensação.

Grau de poluição 3: Ocorre poluição condutora ou poluição seca não condutora tornando-se condutora devido à condensação.

Grau de poluição 4: A poluição provoca uma condutividade constante causada, por exemplo, por pó condutivo ou pela chuva ou neve.

O grau de poluição geralmente utilizado pelas aplicações industriais é o número 3. (15,16)

5.1.3 Grau de proteção

“Uma das principais características construtivas de um equipamento elétrico a ser analisada em um projeto, instalação ou manutenção, como luminárias, painéis, motores, é o grau de proteção” (17). Um produto de alta qualidade e fabricado de acordo com as normas deve evitar acidentes e assegurar que pessoas não sofram danos físicos, choque elétrico, ferimentos causados por partes móveis, queimaduras, e ainda evitar danos ao próprio equipamento.

O Grau de Proteção fornecido pelo conjunto é indicado pela designação IPXX, e seus principais objetivos são a proteção de pessoas contra contato com partes energizadas ou em movimento, proteção contra a penetração de corpos sólidos estranhos e de líquidos.

O código utilizado para indicar o grau de proteção é formado pelas letras IP, seguidas de dois números que indicam a conformidade com as condições de proteção exigida pelo projeto. O primeiro algarismo indica o grau de proteção proporcionado a pessoas e também às partes do interior dos conjuntos contra objetos sólidos (0 a 6 ou X, quando omitido). O segundo algarismo indica o grau de proteção proporcionado contra efeitos prejudiciais da penetração de líquidos (0 a 8 ou X, quando omitido). as descrições dos algarismos são:

Primeiro algarismo:

0 - Não protegido

1 - Proteção contra objetos sólidos com diâmetro mínimo de 50 mm.

2 - Proteção contra objetos sólidos com diâmetro mínimo de 12 mm.

3 - Proteção contra objetos sólidos com diâmetro mínimo de 2,5 mm.

4 - Proteção contra objetos sólidos com diâmetro mínimo de 1,0 mm.

5 - Proteção contra poeira.

6 - À prova de poeira.

Segundo algarismo:

0 - Não protegido

1 - Protegido contra gotas na vertical.

2 - Protegido contra na vertical com corpo inclinado a até 15°.

3 - Protegido contra borrfio de água.

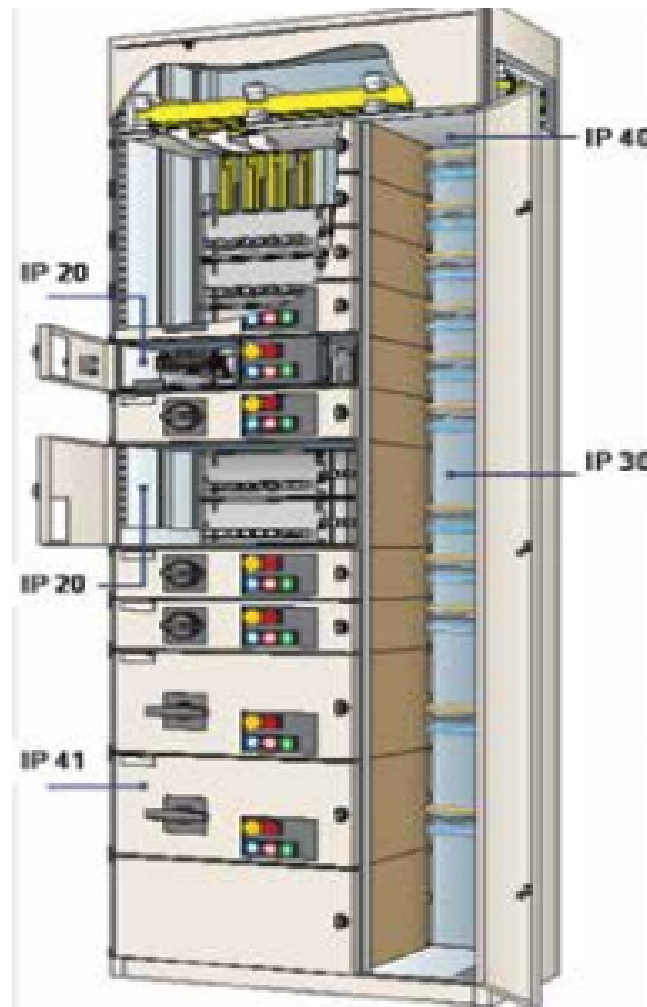
- 4 - Protegido contra jorro de água.
- 5 - Protegido contra jatos de água.
- 6 - Protegido contra jatos potentes de água.
- 7 - Protegido contra imersão temporária em água de até 1 metro por 30 minutos.
- 8 - Protegido contra a imersão contínua em água

Os componentes do conjunto são montados dentro de um invólucro que é a “parte que assegura a proteção de equipamento contra certas influências externas e proteção contra contato direto, em qualquer direção, a um grau de proteção mínima igual a IP2X” (9). Para conjuntos de uso ao tempo, onde não há nenhuma proteção adicional (teto), é recomendável que o segundo algarismo seja pelo menos 3 (IP23).

É importante observar que um mesmo equipamento pode apresentar diferentes graus de proteção. Os componentes que possuem acesso externo (manoplas de acionamento, sinaleiros, botoeiras e etc.) montados ao conjunto devem possuir o mesmo grau de proteção especificado. (3,8,23)

A figura 12 representa um conjunto com diferentes graus de proteção em seu interior.

Figura 12. Graus de proteção em um conjunto.



Fonte: (18)

5.1.4 Forma de separação

Forma de separação é a característica construtiva que o conjunto possui de acordo com a divisão interna entre os barramentos principais, pontos de conexão externa e unidades funcionais que são a “parte de um conjunto compreendendo todos os elementos elétricos e mecânicos que contribuem para execução de uma mesma função”. (9)

De acordo com a norma os conjuntos são classificados com as formas de separação 1, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A e 4B. Para determinar estas possibilidades de montagem, devemos nos atentar pelos pontos de conexão dos cabos externos, formato e localização dos barramentos gerais e das unidades funcionais.

Por meio de divisões ou barreiras (metálica ou não metálica) podem possuir divisões internas em compartimentos espaçados ou separados contendo proteções.

Estas formas de separação permitem a escolha da estrutura que melhor atende aos requisitos de continuidade de serviço e segurança, conforme a instalação existente.

Desta forma é possível obter características de proteção contra contato com partes perigosas e contra a passagem de corpos estranhos sólidos de uma unidade de um conjunto para outras unidades adjacentes. O quadro abaixo representa as formas típicas de separação por divisões ou barreiras:

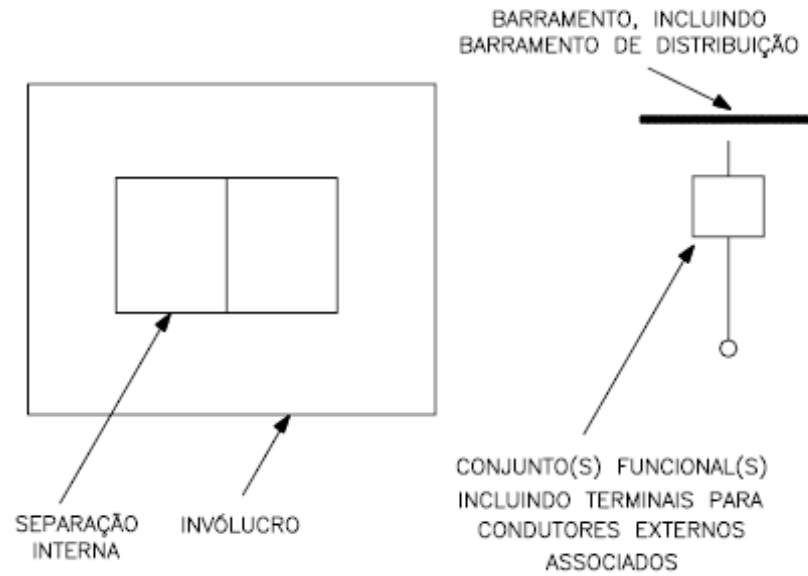
Quadro 1. Formas típicas de separação por barreiras ou divisões.

Critério principal	Subcritério	Forma
Nenhuma separação		Forma 1
Separação de barramentos das unidades funcionais	Terminais para condutores externos não separados do barramento	Forma 2a
	Terminais para condutores externos, separados do barramento	Forma 2b
Separação de barramentos das unidades funcionais e separação de todas as unidades funcionais entre si. Separação dos terminais para condutores externos das unidades funcionais, mas não entre elas.	Terminais para condutores externos não separados do barramento	Forma 3a
	Terminais para condutores externos separados do barramento	Forma 3b
Separação de barramentos das unidades funcionais e separação de todas as unidades funcionais entre si, inclusive os terminais para condutores externos que são partes integrantes da unidade funcional.	Terminais para condutores externos no mesmo compartimento, bem como a unidade funcional associada.	Forma 4a
	Terminais para condutores externos não no mesmo compartimento que a unidade funcional associada, mas em espaços protegidos ou compartimentos individuais, separados e fechados.	Forma 4b

Fonte: (9)

A figura 13 representa a simbologia das formas de separação entre partes ativas dos conjuntos funcionais.

Figura 13. Símbolos.

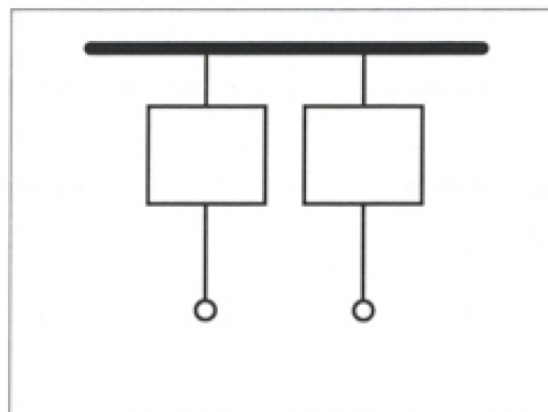


Fonte: (9)

Forma 1 – Todos os pontos de referência e distribuição estão dentro do mesmo conjunto, mas não existe nenhuma separação entre eles.

Figura 14. Forma de separação 1.

Sem separação interna



Fonte: (9)

Figura 15. Forma de separação 1.



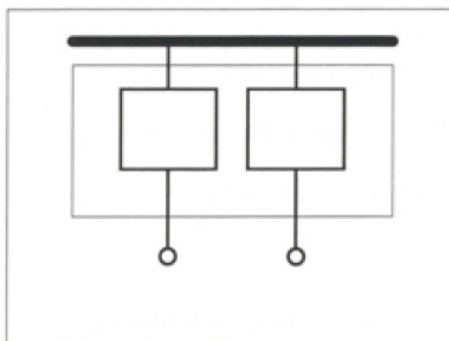
Fonte: (16)

Forma 2A – Todos os pontos de referência e distribuição estão dentro do mesmo conjunto, mas as unidades funcionais estão separadas dos barramentos e pontos de conexão, mas não entre si.

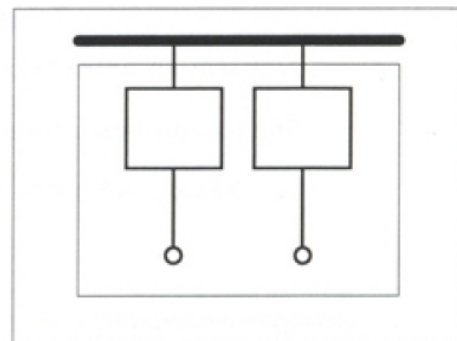
Forma 2B – Todos os pontos de referência e distribuição estão dentro do mesmo conjunto, mas as unidades funcionais e pontos de conexão estão separados dos barramentos, mas não entre si

Figura 16. Forma de separação 2.

Separação dos barramentos das unidades funcionais



Forma 2a:
Terminais não separados do barramento



Forma 2b:
Terminais separados do barramento

Fonte: (9)

Figura 17. Forma de separação 2a.

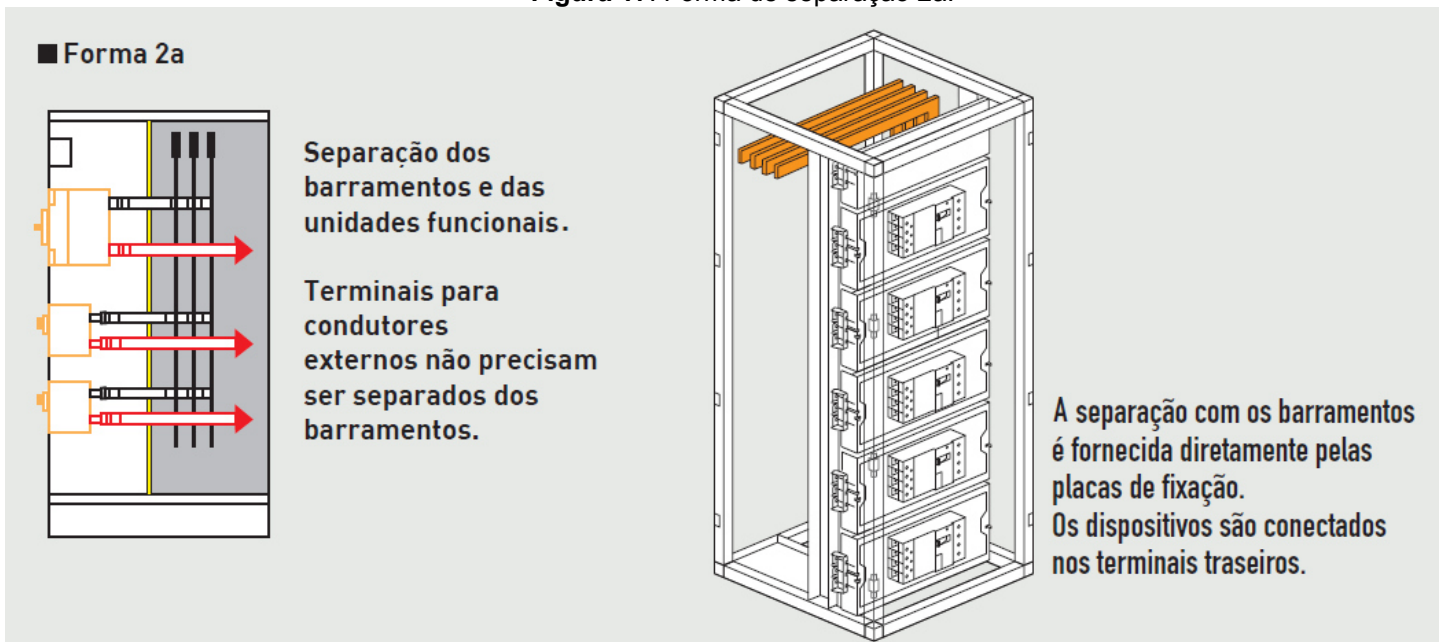
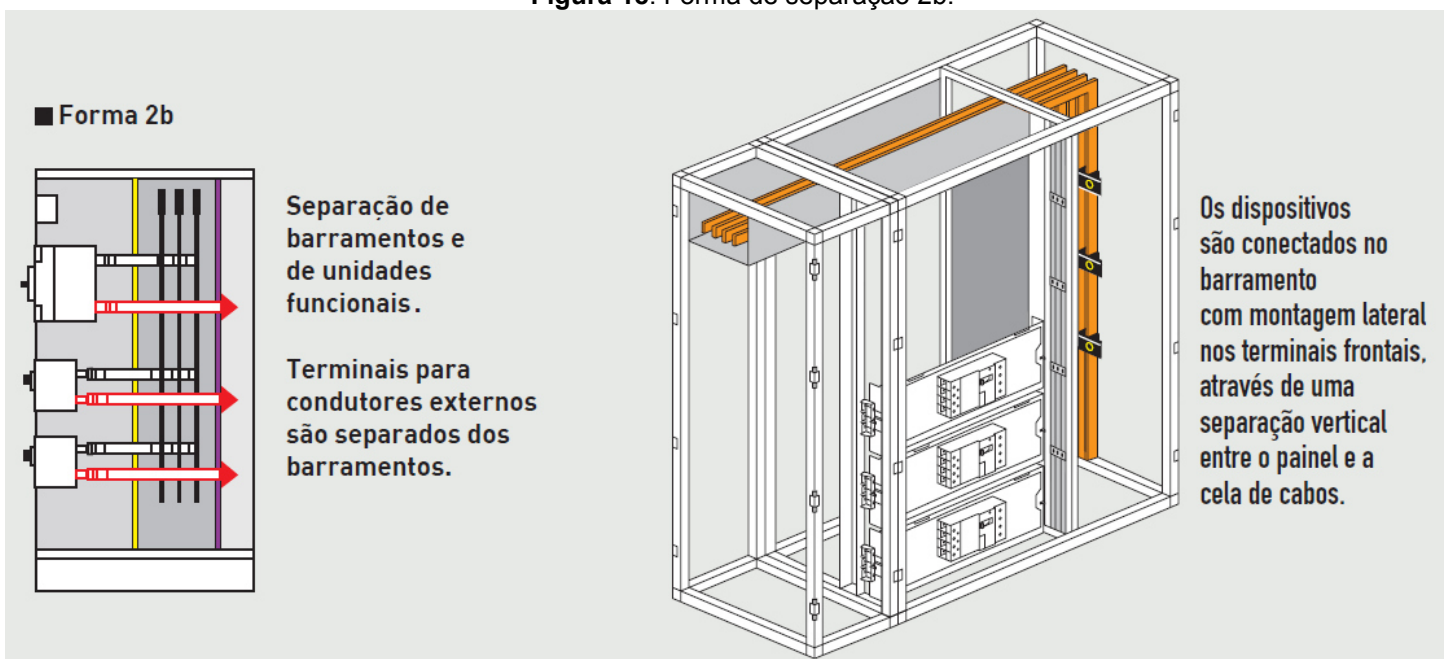


Figura 18. Forma de separação 2b.



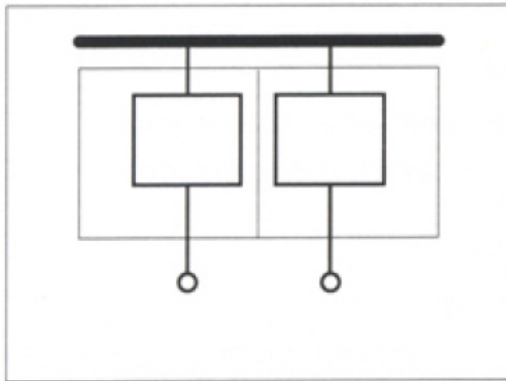
Forma 3A – Todos os pontos de referência e distribuição estão dentro do mesmo conjunto, mas as unidades funcionais estão separadas dos barramentos e pontos de conexão, que também estão separadas entre si, mas barramentos e pontos de conexão estão no mesmo compartimento.

Forma 3B – Todos os pontos de referência e distribuição estão dentro do mesmo conjunto, mas as unidades funcionais estão separadas dos barramentos e pontos de

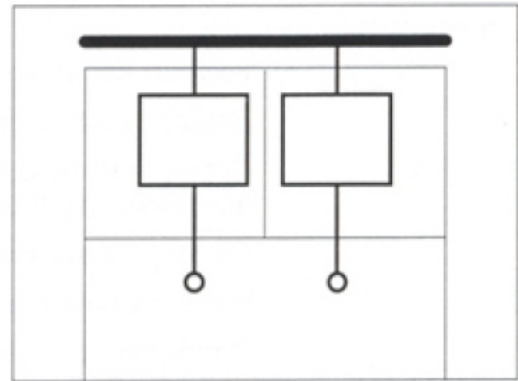
conexão, que também estão separadas entre si e pontos de conexão e barramentos estão em compartimentos diferentes.

Figura 19. Forma de separação 3.

Separação do barramento das unidades funcionais
+
Separação de unidades funcionais uma das outras
+
Separação de terminais das unidades funcionais



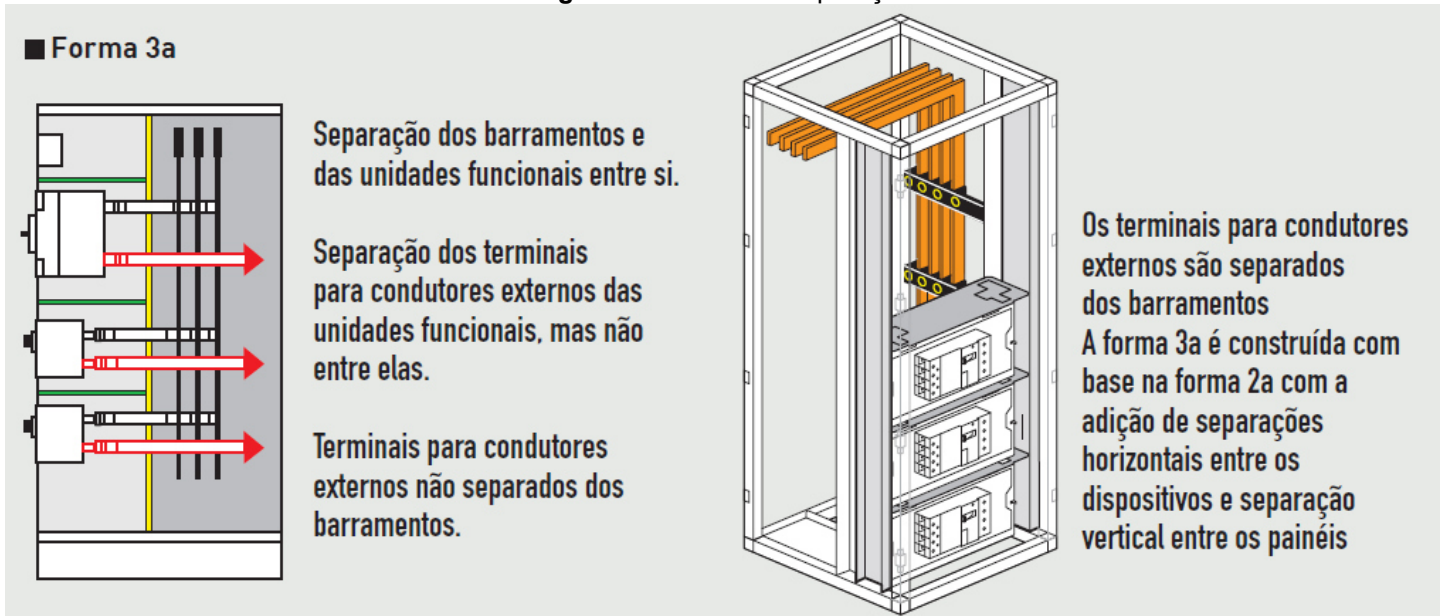
Forma 3a:
Terminais não separados do barramento



Forma 3b:
Terminais separados do barramento

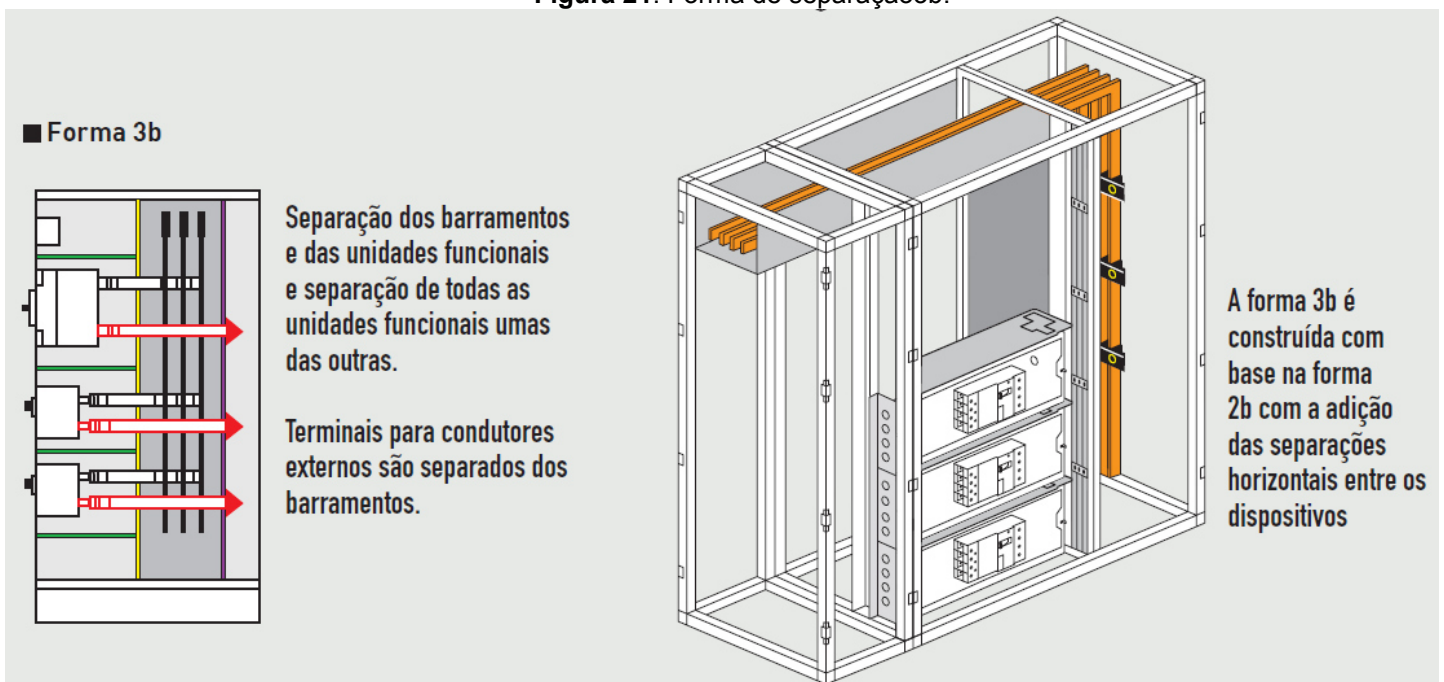
Fonte: (9)

Figura 20. Forma de separação3a.



Fonte: (27)

Figura 21. Forma de separação3b.



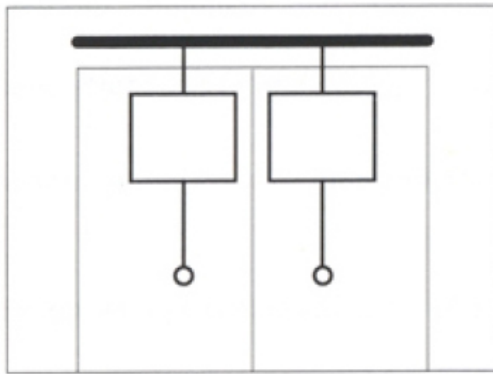
Fonte: (27)

Forma 4A – Todos os pontos de referência e distribuição estão dentro do mesmo conjunto, mas as unidades funcionais e pontos de conexão estão separados dos barramentos, sendo que unidades funcionais e pontos de conexão estão juntos no mesmo compartimento, que são individuais.

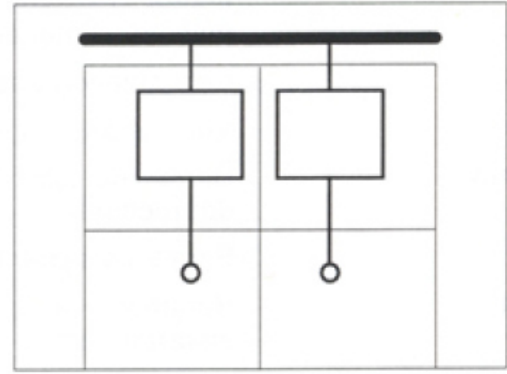
Forma 4B – Todos os pontos de referência e distribuição estão dentro do mesmo conjunto, mas as unidades funcionais e pontos de conexão estão separados dos barramentos, sendo que unidades funcionais e pontos de conexão estão separados entre si, em compartimentos individuais. (9,13,19)

Figura 22. Forma de separação 4.

Separação do barramento das unidades funcionais
 +
Separação de unidades funcionais uma das outras
 +
Separação de terminais das unidades funcionais



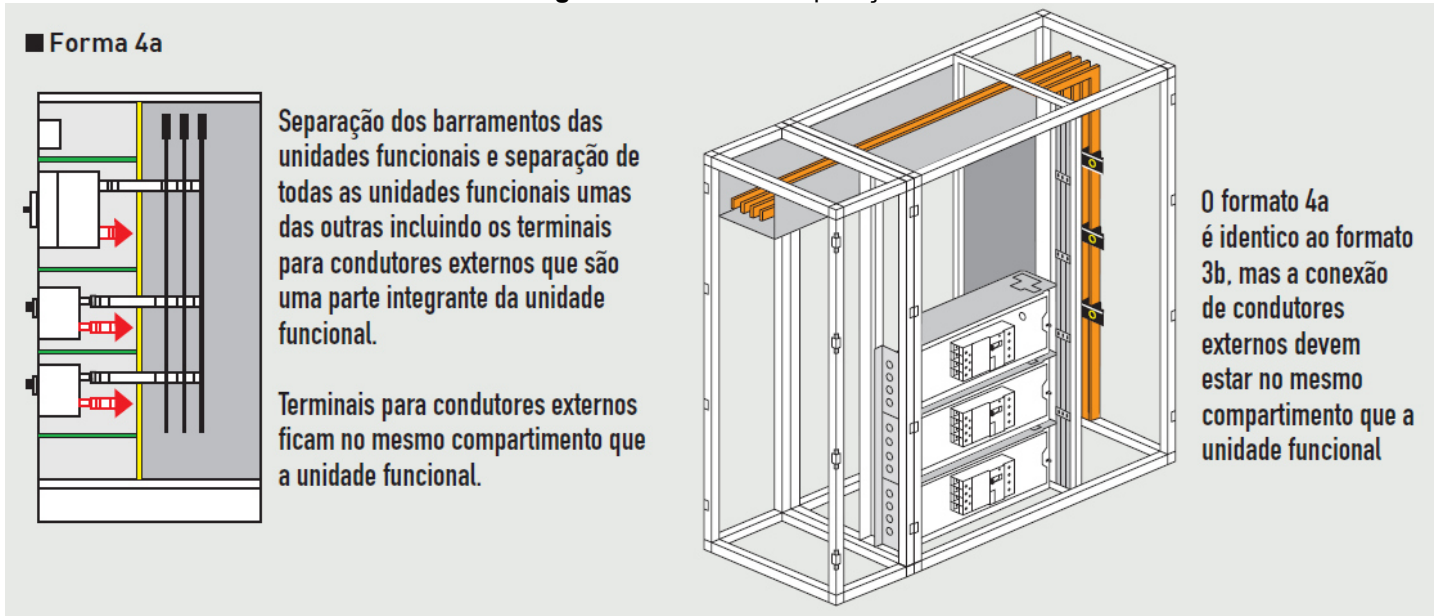
Forma 4a:
 Terminais no mesmo compartimento
 que a unidade funcional associada



Forma 4b:
 Terminais que não estão no mesmo
 compartimento que a unidade funcional
 associada

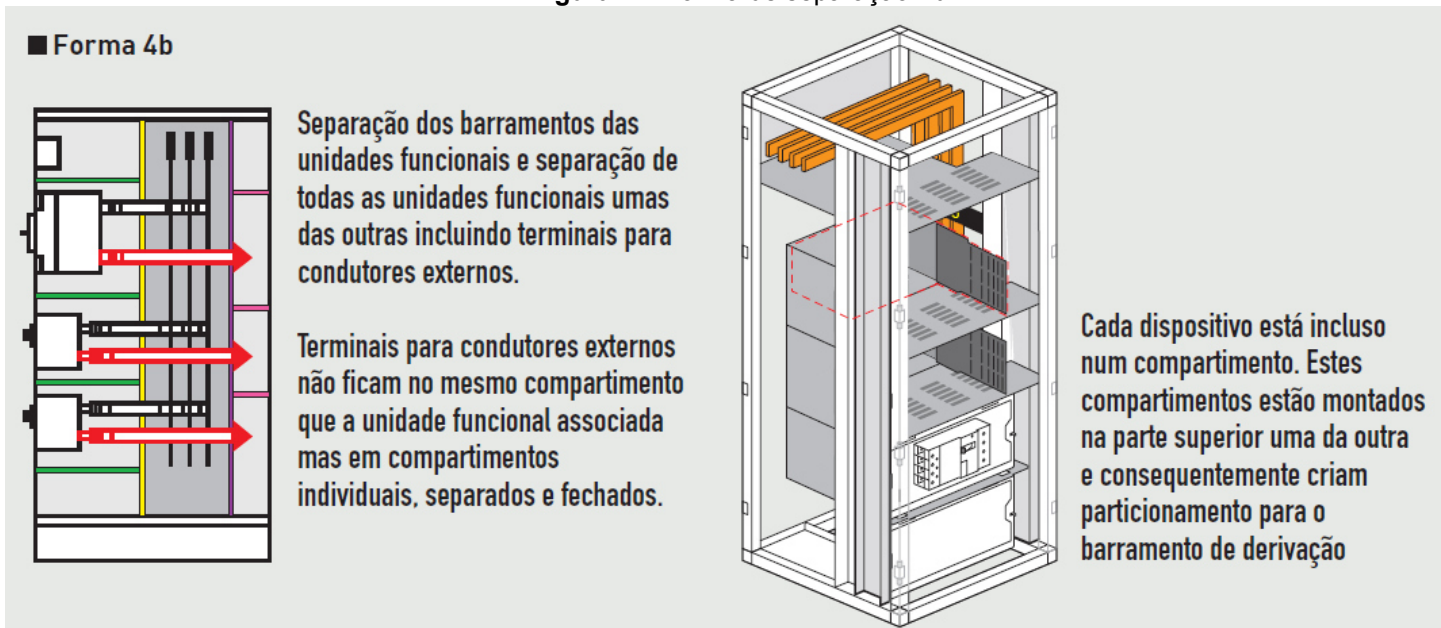
Fonte: (9)

Figura 23. Forma de separação 4a.



Fonte: (27)

Figura 24. Forma de separação 4b.



Fonte: (27)

5.2 Características Elétricas

As características elétricas são de grande importância para construção, utilização e montagem de um conjunto de manobra e controle baixa tensão.

5.2.1 Tensões nominais

Indica a tensão de trabalho do conjunto em regime permanente, é definido pelas tensões nominais de seus diferentes circuitos, sendo fabricado para atender a tensão nominal do sistema onde será interligado. (14)

5.2.2 Tensão nominal de operação (U_e)

A tensão nominal de operação (U_e) de um circuito do conjunto é o valor de tensão entre fases dos circuitos.

O fabricante do conjunto deve indicar os limites de tensão necessários para funcionamento correto dos circuitos principais e auxiliares. Estes limites devem ser tais que a tensão nos terminais do circuito de controle de componentes incorporados é mantida sob condições normais de carga, dentro dos limites especificados nas normas pertinentes. Em conjuntos de baixa tensão as tensões usuais mais utilizadas nos circuitos principais são de 220Vca, 380Vca, 440Vca, 460Vca e 480Vca. (9,14)

5.2.3 Tensão nominal de isolamento (U_i)

A tensão nominal de isolamento (U_i) de um circuito do conjunto é o valor eficaz da tensão suportável indicado pelo fabricante do conjunto dos equipamentos utilizados. Utilizada como o valor da tensão que será referência para as tensões de ensaio dielétricas e distâncias de isolação e escoamento. A tensão nominal de isolamento (U_i), não deverá ser inferior a tensão nominal de operação (U_e). (9,14)

5.2.4 Tensão suportável nominal de impulso (U_{imp})

Valor de tensão de impulso suportável (U_{imp}) de um conjunto é caracterizado pela capacidade de isolação, quando exposto a sobretensões transitórias. O valor da tensão será declarado pelo fabricante do conjunto. (14,16)

5.2.5 Corrente nominal (I_n)

A corrente nominal (I_n) de um circuito de um conjunto é definida pelo fabricante, considerando a potência nominal dos componentes e equipamentos dentro do conjunto, carga instalada, demanda da instalação, fator de diversidade e sua aplicação.

A corrente deve ser especificada para que não ocorra elevação de temperatura no conjunto e em seus componentes internos, acima da definida pela norma NBR IEC 60439-1. (20)

5.2.6 corrente de curto-circuito (I_c)

Corrente de curto-circuito (I_c) é uma sobrecorrente resultante de um curto-circuito devido uma conexão incorreta ou uma falta em um circuito elétrico, podendo provocar danos ao circuito elétrico. (9,14)

5.2.7 Corrente presumida de curto-circuito (I_{cp})

Corrente presumida de curto-circuito (I_{cp}) é o valor eficaz da corrente com os condutores de alimentação do circuito curto-circuitados através de um condutor de impedância desprezível conectado o mais próximo possível dos bornes de alimentação, onde os valores encontrados resultam na corrente de curto-circuito do ponto da instalação onde será instalado o conjunto. (14)

5.2.8 Corrente suportável nominal de curta duração (I_{cw})

Corrente de curta duração (I_{cw}) é o valor eficaz da corrente, declarado pelo montador, que o conjunto pode suportar em condições especificadas de ensaio. Sendo o tempo para o ensaio geralmente utilizado de 1 s. Se o tempo for menor que 1 s, a corrente suportável nominal de curta duração e o tempo devem ser indicados, por exemplo, 20 kA, 0,2 s.

Os valores normalmente utilizados pelos fabricantes de corrente suportável de curta duração para o circuito principal são: 20 kA, 25 kA, 31,5 kA, 40 kA, 50 kA, 65 kA. (14,18)

5.2.9 Corrente suportável nominal de crista (I_{pk})

Corrente suportável de crista (I_{pk}) é o valor instantâneo de pico associado ao primeiro semi-ciclo da corrente suportável nominal de curta duração, declarada pelo montador do conjunto, onde o circuito ensaiado deve suportar satisfatoriamente as condições especificadas de ensaio, definidas na norma NBR IEC 60439-1.

O valor da corrente I_{pk} é definido através da relação entre a corrente I_{cw} multiplicado pelo fator n , de acordo com a tabela 1.(9,21)

Tabela 1. Valores normalizados para o fator n .

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

Os valores desta tabela representam a maioria das aplicações. Em locais especiais, por exemplo, próximos de transformadores ou geradores, podem ser encontrados valores menores de fator de potência, onde a corrente de pico presumida pode vir a ser o valor limite ao invés do valor eficaz da corrente de curto-circuito.

Fonte: (9)

5.2.10 Corrente nominal condicional de curto-circuito (I_{cc})

Corrente condicional de Curto-Circuito (I_{cc}) é o valor da corrente de curto-circuito presumida (I_{cp}), que um dispositivo de proteção de um circuito pode suportar durante o tempo total de funcionamento, e assim estabelecendo sua condição de operação do dispositivo. Os detalhes de proteção contra curto-circuito devem ser declarados pelo fabricante do dispositivo. (14,18)

5.2.11 Corrente condicional de curto-circuito limitada por fusível (I_{cf})

A corrente nominal de curto-circuito limitada por fusível (I_{cf}) de um circuito de um conjunto é a corrente condicional quando o dispositivo de proteção do circuito contra curto-circuito é um fusível. (9,18)

5.2.12 *Frequência nominal*

A frequência nominal é o valor de frequência, declarado pelo fabricante do conjunto, para o qual um circuito é projetado referente às condições de funcionamento e utilização. Se os circuitos forem projetados para diferentes valores de frequência, deve ser dada a frequência nominal de cada circuito. A menos que seja especificado pelo fabricante do conjunto, são assumidos os limites de 98% e 102% da frequência nominal. (9,14)

6 CONCEITO TTA E PTTA

O termo TTA vem do inglês “Type Tested Assembly” e significa ensaios de Tipo Totalmente Testados. Os ensaios TTA reproduzem uma condição severa para aplicação dos conjuntos. O termo PTTA vem do inglês “Partially Type Tested Assembly” e significa Ensaios de Tipo Parcialmente Testados.

A terminologia TTA/PTTA é utilizada aos conjuntos que atendem aos critérios da norma NBR IEC 60439-1. Os painéis TTA são aqueles que passaram por todos os testes e ensaios de tipo e rotina, realizados em laboratórios certificados. Já os painéis PTTA, possuem toda lista de ensaios dos painéis TTA, porém para os ensaios de Curto-Circuito e Elevação de Temperatura podem ser realizados por meio de cálculos (extrapolação). (23)

6.1 Conjunto TTA

Conjunto de manobra e comando de baixa tensão em conformidade com um tipo ou sistema estabelecidos, sem desvios que influenciem significativamente o desempenho em relação àquele conjunto típico verificado que está em conformidade com os ensaios prescritos nas normas. (9)

Os conjuntos TTA são fabricados e montados de acordo com um projeto elétrico e mecânico padrões, onde os ensaios de tipo definidos pela norma NBR IEC 60439-1, são realizados em todo o conjunto e seu desempenho é verificado individualmente em seus componentes (barramentos, circuitos de entrada, circuitos de saídas, partidas, alimentadores e etc.) ou nos conjuntos completos. Normalmente os ensaios são executados sobre um conjunto no qual se deseja obter certificação. (3,24)

6.2 Conjunto PTTA

Conjunto de manobra e comando de baixa tensão contendo disposições de tipo ensaiado e disposições de tipo não ensaiado, contanto que o último é derivado (por exemplo, por meio de cálculo) de disposições de tipo ensaiado que satisfizeram os ensaios pertinentes. (conjunto parcialmente testado). (9)

Os conjuntos PTTA são fabricados e montados de acordo com projetos elétrico e mecânico padrões, isto quer dizer que um conjunto é designado PTTA quando é fabricado através de um padrão de um conjunto TTA onde já foram realizados os ensaios, não havendo necessidade de que todos os ensaios sejam realizados novamente. Os ensaios não realizados deverão ter sua eficácia garantida por cálculos e fabricados de acordo com unidades similares que foram ensaiadas. Os painéis PTTA são utilizados devido à grande dificuldade de se testar todas as variações que podem ser implementadas nos conjuntos, pois existe uma infinidade de aplicações, onde muitas vezes apresenta requisitos distintos para diferentes usuários.

O conceito da conversão de projetos TTA (totalmente testados) em PTTA (parcialmente testados) substitui a prática de realizar todos os ensaios, pela utilização aceitável de cálculos e simulações. Isto pode ser feito, dentro das regras e normas, desde que bem documentado. (3,24,25)

7 ENSAIOS

7.1 Objetivo dos ensaios

Os ensaios têm como objetivo assegurar o desempenho do conjunto, minimizando possibilidades falhas e erros de projeto. Alguns riscos pela utilização de conjuntos não ensaiados são: redução da vida útil e falhas prematuras dos componentes, riscos de incêndio, falhas de operação, riscos de danos físicos às estruturas dos conjuntos, aos componentes riscos de ocorrer arcos elétricos e risco de morte.

Estes ensaios não são obrigatórios, mas vem sendo exigidos com maior frequência pelas grandes empresas, pois classifica o conjunto quanto à proteção do equipamento e também das pessoas. (3,20)

7.2 Ensaio de tipo

Os ensaios de tipo têm o objetivo de verificar a conformidade com os requisitos definidos pela norma NBR IEC 60439-1. São realizados em laboratório em uma amostra ou em partes do conjunto, fabricado a partir do mesmo projeto ou de um projeto semelhante. Alguns ensaios podem ser destrutivos, inutilizando o conjunto.

O fabricante do conjunto tem responsabilidade de solicitar a realização dos ensaios. Na norma são prescritos a metodologia de ensaio e principalmente os requisitos mínimos para o resultado de cada ensaio realizado. Os ensaios de tipo incluem a verificação:

- 1) Limites de elevação de temperatura.
- 2) Propriedades dielétricas.
- 3) Corrente suportável de curto-circuito.
- 4) Eficácia do circuito de proteção.
- 5) Distâncias de isolamento e escoamento.
- 6) Funcionamento mecânico.
- 7) Grau de proteção. (18,22)

7.3 Ensaaios de rotina

Os ensaios de rotina em são realizados com o intuito de detectar falhas na fabricação, métodos de montagem e materiais. Eles são realizados em todos os conjuntos, após a finalização da montagem, sendo o fabricante o responsável pela realização dos ensaios.

A empresa responsável pela instalação do conjunto deve realizar os ensaios após seu transporte e instalação. Os ensaios de rotina incluem a verificação:

- 1) Conexões dos condutores, funcionamento elétrico.
- 2) Isolação.
- 3) Medidas de proteção.
- 4) Resistência de Isolação. (11,18)

O quadro 2 indica as características dos ensaios de tipo e rotina.

Quadro 2. Lista de verificações e de ensaios de tipo e rotina.

Nº	Características a serem conferidas	Ensaio	TTA	PTTA
1	Limites de elevação da temperatura	Ensaio de Tipo	Verificação dos limites de elevação da temperatura por ensaio	Verificação dos limites de elevação da temperatura por ensaio ou extrapolação
2	Propriedades dielétricas	Ensaio de Tipo	Verificação das propriedades dielétricas por ensaio	Verificação das propriedades dielétricas por ensaio, de acordo com 8.2.2 ou 8.3.2, ou verificação de resistência de isolação, de acordo com 8.3.4 (ver nos 9 e 11)
3	Corrente suportável de curto-circuito	Ensaio de Tipo	Verificação da corrente suportável de curto-circuito por ensaio	Verificação da corrente suportável de curto-circuito por ensaio ou por extrapolação de arranjos típicos ensaiados de forma similar
4	Eficácia do circuito de Proteção Conexão eficaz entre as partes condutoras do CONJUNTO e o circuito de Proteção Corrente suportável de curto-circuito do circuito de proteção	Ensaio de Tipo	Verificação da conexão eficaz entre as partes condutoras do CONJUNTO e o circuito de proteção por inspeção ou por medição da resistência (ensaio de tipo) Verificação da corrente suportável de curto-circuito do circuito de proteção por ensaio	Verificação da conexão eficaz entre as partes condutoras expostas do CONJUNTO e o circuito de proteção por inspeção ou por medição da resistência Verificação da corrente suportável de curto-circuito do circuito de proteção por ensaio ou projeto apropriado e arranjo do condutor de proteção (ver 7.4.3.1.1, último parágrafo)

5	Distâncias de isolamento e de escoamento	Ensaio de Tipo	Verificação das distâncias de isolamento e de escoamento	Verificação das distâncias de isolamento e de escoamento
6	Funcionamento mecânico	Ensaio de Tipo	Verificação do funcionamento mecânico	Verificação do funcionamento mecânico
7	Grau de proteção	Ensaio de Tipo	Verificação do grau de proteção	Verificação do grau de proteção
8	Conexões dos condutores, funcionamento elétrico	Ensaio de Rotina	Inspeção do CONJUNTO inclusive inspeção das conexões dos condutores e, se necessário, ensaio de funcionamento elétrico	Inspeção do CONJUNTO inclusive inspeção das conexões dos condutores e, se necessário, ensaio de funcionamento elétrico
9	Isolação	Ensaio de Rotina	Ensaio dielétrico	Ensaio dielétrico ou verificação da resistência de isolação de acordo com 8.3.4 (ver nos 2 e 11)
10	Medidas de proteção	Ensaio de Rotina	Verificação das medidas de proteção e da continuidade elétrica dos circuitos de proteção	Verificação das medidas de proteção
11	Resistência de isolação	Ensaio de Rotina		Verificação da resistência de isolação salvo os ensaios de acordo com 8.2.2 ou 8.3.2 tenha sido realizado (ver nos 2 e 9)

Fonte: (9)

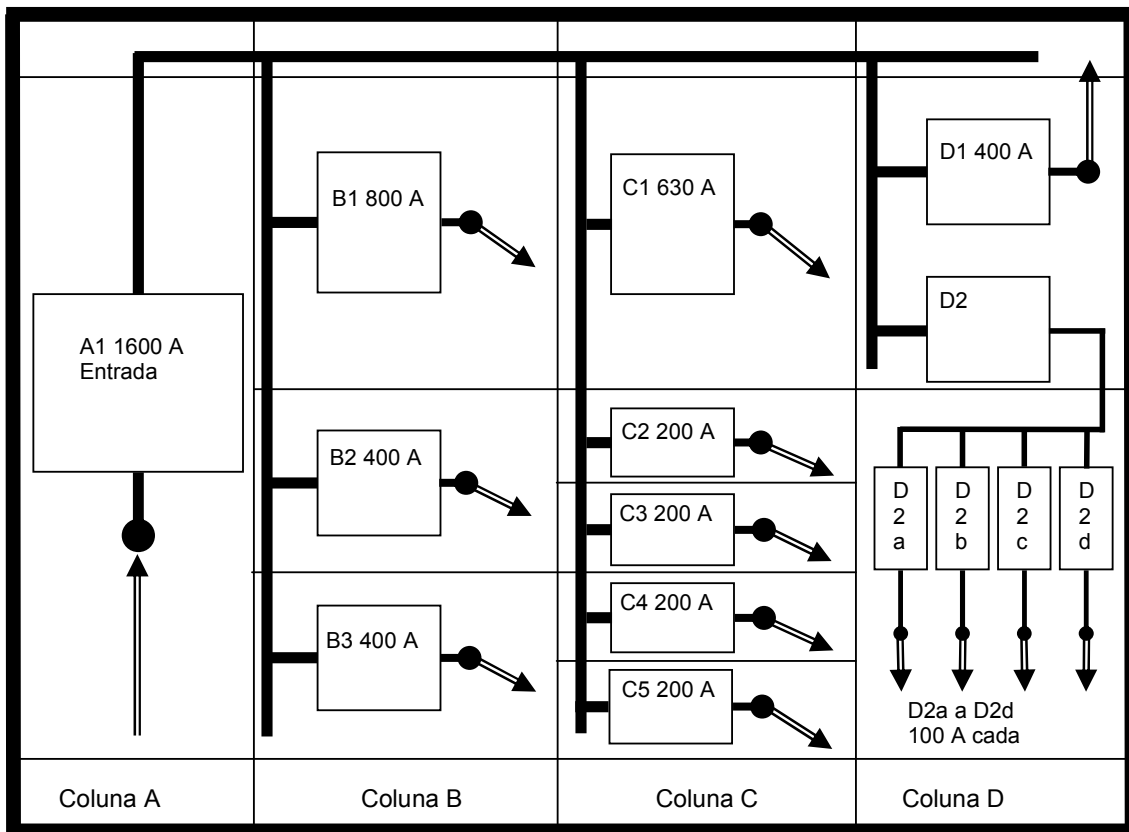
7.4 Realização dos ensaios

A realização dos ensaios é de grande importância para verificar a integridade do conjunto quando exigido, simulando as condições elétricas mais próximas possíveis previstas pelo projeto e do sistema elétrico.

Em um curto-circuito se o conjunto não suportar os esforços dinâmicos e térmicos para o qual foi projetado, o mesmo pode vir a explodir, havendo o risco de causar ferimentos graves as pessoas próximas e danos ao patrimônio. Estes ensaios visam garantir o patrimônio, vida útil do equipamento e a segurança dos envolvidos.

Os conjuntos utilizados para os ensaios podem possuir diversos arranjos. A figura 25 demonstra o arranjo de um conjunto. (23)

Figura 25. Arranjo de um conjunto.



Fonte: Setta Energy Ltda.

7.4.1 Verificação do limite de temperatura

O ensaio de elevação de temperatura tem como objetivo verificar a capacidade que um conjunto possui de conduzir a corrente nominal descrita como aceitável pelo fabricante sem exceder os limites máximos de temperatura especificados pela norma e garantindo a segurança e o bom funcionamento do conjunto.

A elevação de temperatura de um elemento ou de uma parte interna do conjunto é a diferença entre a temperatura deste elemento ou da parte medida, e da temperatura ambiente fora do conjunto sendo avaliado sob condições de ensaio.

O ensaio identifica um sobreaquecimento das partes e peças metálicas ou plásticas (estrutura do conjunto, disjuntores, manoplas, barramentos, isoladores), assegurando o bom funcionamento dos componentes em seu interior, evitando um desgaste prematuro. Os limites de elevação de temperatura aceitáveis indicados no quadro 3, se aplica a uma temperatura média do ambiente de até 35 °C.

Quadro 3. Limites elevação de temperatura.

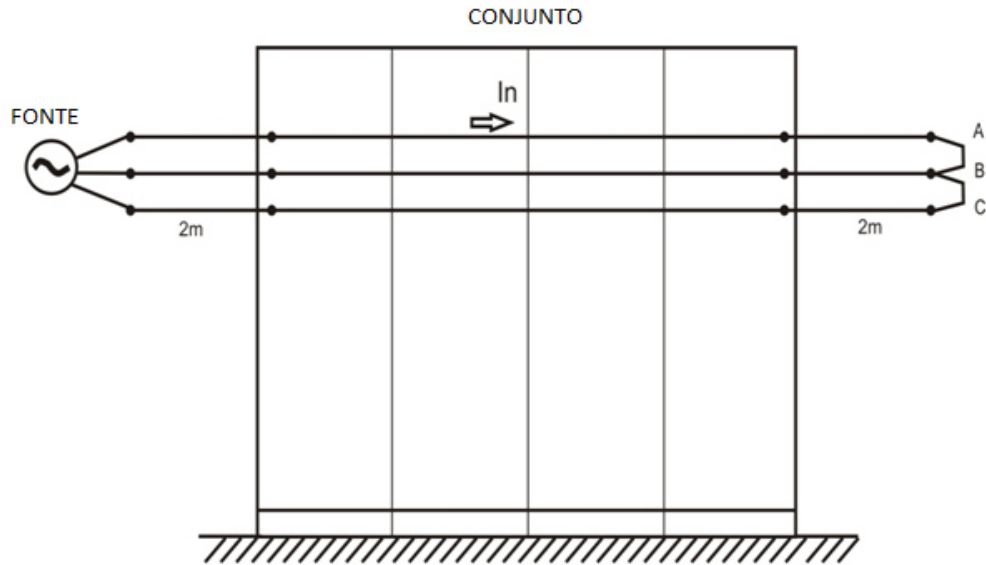
Partes dos CONJUNTOS	Elevação de temperatura K
Componentes incorporados	Conforme os requisitos da norma de produto pertinente para componentes individuais ou conforme instruções do fabricante de componentes, levando em consideração a temperatura no CONJUNTO
Terminais para condutores externos isolados	70
Barramentos e condutores	Limitado: <ul style="list-style-type: none"> – pela resistência mecânica do material condutor; – por possível efeito sobre o equipamento adjacente; – pela temperatura limite admissível dos materiais isolantes em contato com o condutor; – pelo efeito da temperatura do condutor sobre os dispositivos conectados a ele; – pelos contatos de encaixe, pela natureza e pelo tratamento da superfície do material de contato
Elementos manuais de comando: <ul style="list-style-type: none"> – de metal – de material isolante 	15 25
Invólucros e fechamentos externos acessíveis: <ul style="list-style-type: none"> – superfícies metálicas – superfícies isolantes 	30 40
Disposições particulares de conexões do tipo plugue e tomada	Determinado pelo limite destes componentes do equipamento correspondente do qual eles formam parte.

Fonte: (9)

Para realização do ensaio conectam-se as três fases do barramento principal do conjunto à fonte por meio de cabos, submetendo-o aos valores nominais de frequência e corrente.

Vários termômetros são instalados no conjunto e em suas proximidades e após um determinado período, a elevação de temperatura do conjunto é medida. A duração do ensaio deve ser suficiente para que seja atingida uma temperatura constante, normalmente não excedendo um período de 8 horas.

Figura 26. Ensaio verificação limite temperatura.



Fonte: Setta Energy Ltda.

O resultado será satisfatório caso a temperatura não ultrapasse os valores especificados na norma e as características nominais dos componentes não devem ser alteradas. (20,22,24)

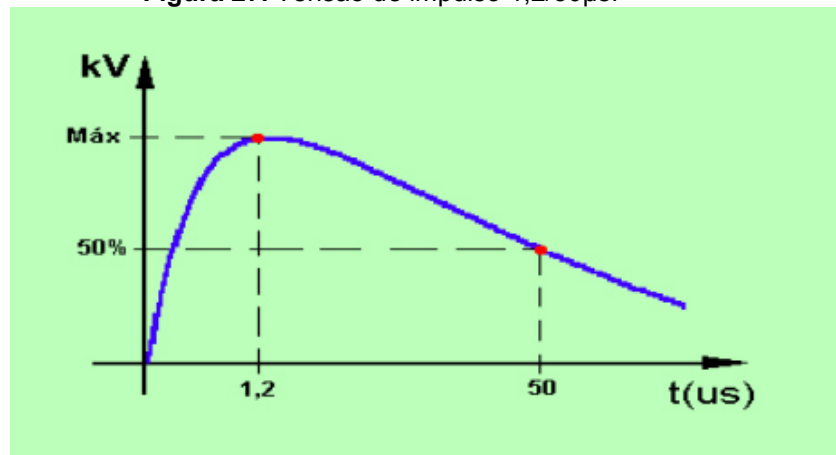
7.4.2 Verificação das propriedades dielétricas

Esse ensaio verifica as propriedades dielétricas do conjunto. É realizado para se obter os valores máximos suportáveis da tensão de impulso atmosférico, ou seja, sobretensões transitórias causadas por correntes de descargas atmosféricas e surtos causados por manobras de equipamentos.

Em casos de descargas, o material poderá perder permanentemente a rigidez dielétrica, o que é considerado falha. Para este ensaio é requerido que o conjunto e seus componentes estejam montados em condição nominal de operação. O ensaio é realizado separadamente em cada uma das três fases.

O gerador de impulso é conectado a uma das fases do barramento principal do conjunto, por meio de cabos de força. Quando uma fase está em teste, as outras devem ser conectadas à terra. A tensão de impulso deve ser aplicada três vezes em cada fase em intervalos mínimos de 1s com característica (1,2/50 μ s) conforme figura 27.

Figura 27. Tensão de impulso 1,2/50 μ s.



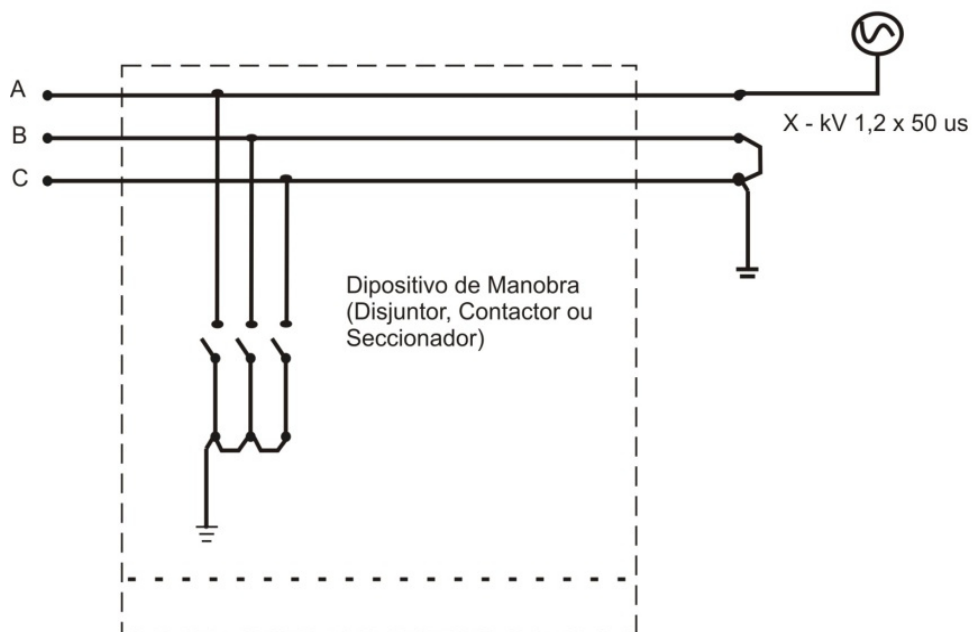
Fonte: (24)

Os valores de tensão aplicada geralmente utilizados são de 4,6 e 8kV, deve ser definido pelo fabricante do conjunto qual valor será utilizado para o ensaio. Os componentes utilizados para fabricação e dos circuitos do conjunto, devem ter características que se enquadram no valor da tensão que será realizado o ensaio.

O ensaio das propriedades dielétricas é realizado conforme figura 28.

Figura 28. Ensaio verificação das propriedades dielétricas.

Impulso Laboratório



Fonte: Setta Energy Ltda.

Após a aplicação da tensão de impulso, não devem ocorrer perfurações ou descargas. Dessa forma, assegura-se que o conjunto consegue suportar eventuais

tensões de impulso, como descargas atmosféricas ou fenômenos transitórios como as sobretensões. Após o ensaio é definida a classe de tensão para a qual o conjunto foi especificado. (9,22,24)

7.4.3 Verificação da corrente suportável de curto-circuito

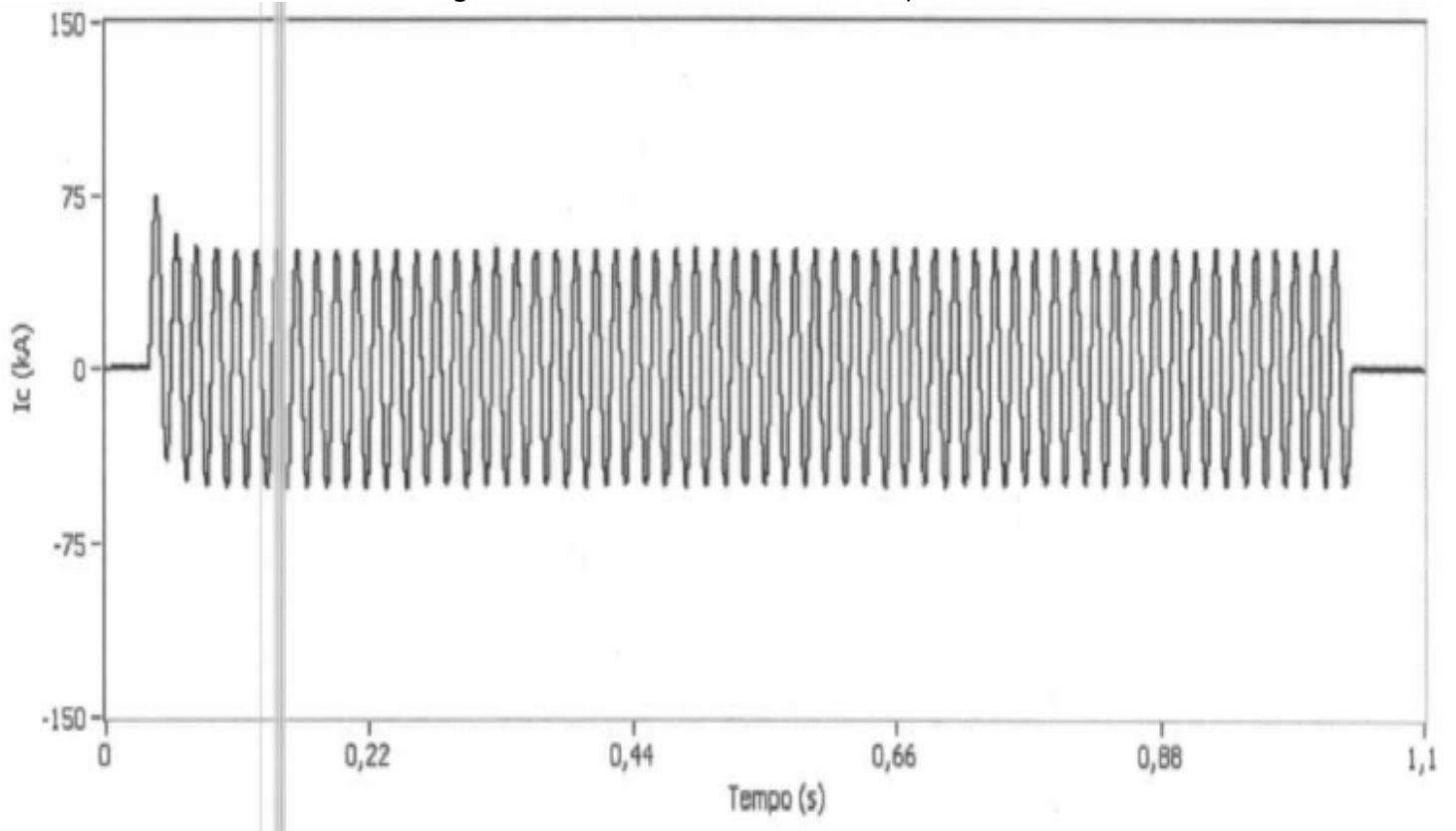
O curto-circuito é um evento que pode ocorrer em qualquer ponto da instalação elétrica. Nos conjuntos de manobra e controle de baixa tensão um dos efeitos deste fenômeno são os térmicos e esforços eletrodinâmicos entre as barras prejudicando o funcionamento do próprio conjunto, reduzindo ou interrompendo a continuidade de serviço, podendo afetar a saúde e a segurança das pessoas (evoluindo para um arco-interno ou projetando peças e partes para fora do conjunto).

O ensaio de verificação da corrente suportável de curto-circuito tem por objetivo garantir que o conjunto (condutores, barramentos, isoladores) consiga suportar a corrente de curto-circuito que foi projetado, garantindo a segurança, confiabilidade, continuidade e disponibilidade da distribuição da energia elétrica. Este ensaio é de extrema importância, pois em caso de curto-circuito em um barramento que não suporte o valor do curto, o conjunto poderá sofrer diversos esforços mecânicos não reversíveis, gerando estragos, transtornos e longas paradas.

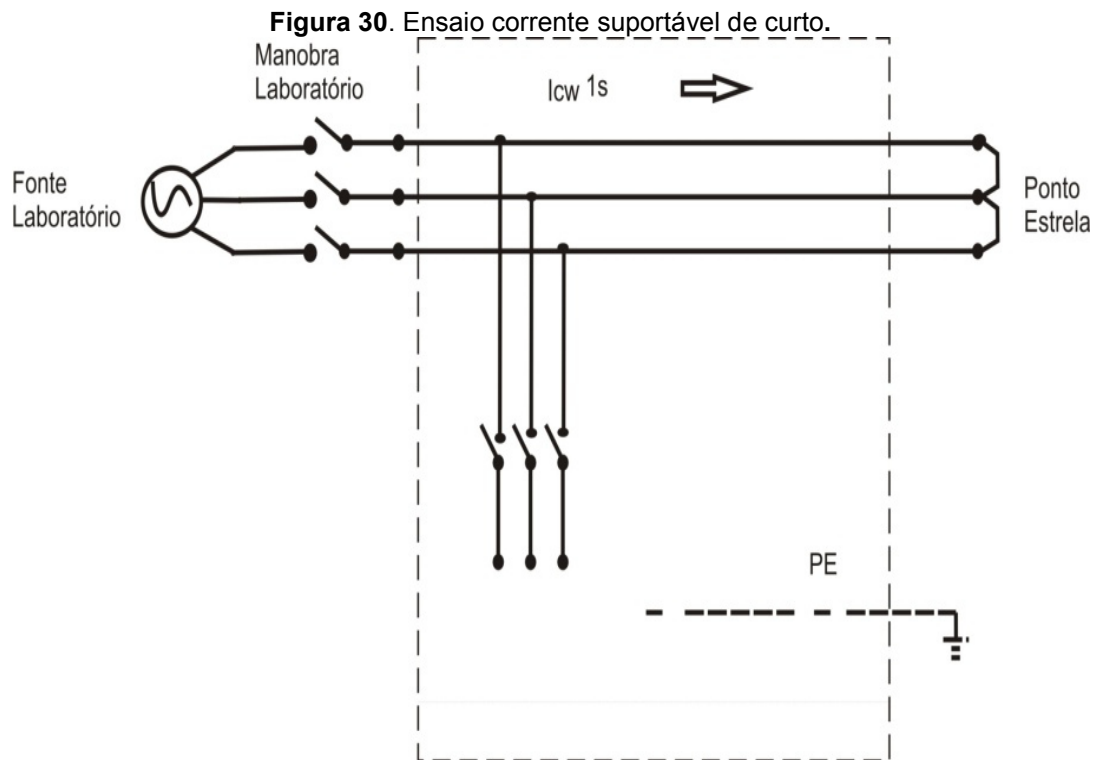
Para sua realização conectam-se as três fases do barramento principal do conjunto, aos três conectores da fonte de corrente, por meio de cabos de força. Usualmente, na parte inferior do barramento de derivação será provocado o curto-circuito, conectando as três fases do barramento entre si.

A corrente de alimentação deve ser igual ao valor de corrente suportável nominal de curta duração (I_{cw}) indicada pelo fabricante. O valor da tensão aplicada deve ser de 5% acima da nominal e a frequência industrial de 60Hz, aceitando-se uma variação de 25% para mais ou para menos no valor da frequência. A duração do ensaio, quando não for expresso pelo fabricante, é de 1s, onde são aplicados os valores da corrente de curto circuito de crista (I_{pk}) durante o primeiro semiciclo de uma onda, e a corrente de curta duração (I_{cw}) no restante do tempo. O ensaio da corrente suportável nominal de crista e o ensaio da corrente nominal suportável de curta duração podem ser realizados separados, respeitando as condições impostas pela norma. A forma de onda aplicada e o arranjo do conjunto estão respectivamente representados pelas figuras 29 e 30.

Figura 29. Forma de onda da corrente aplicada em ensaio.



Fonte: Setta Energy Ltda.



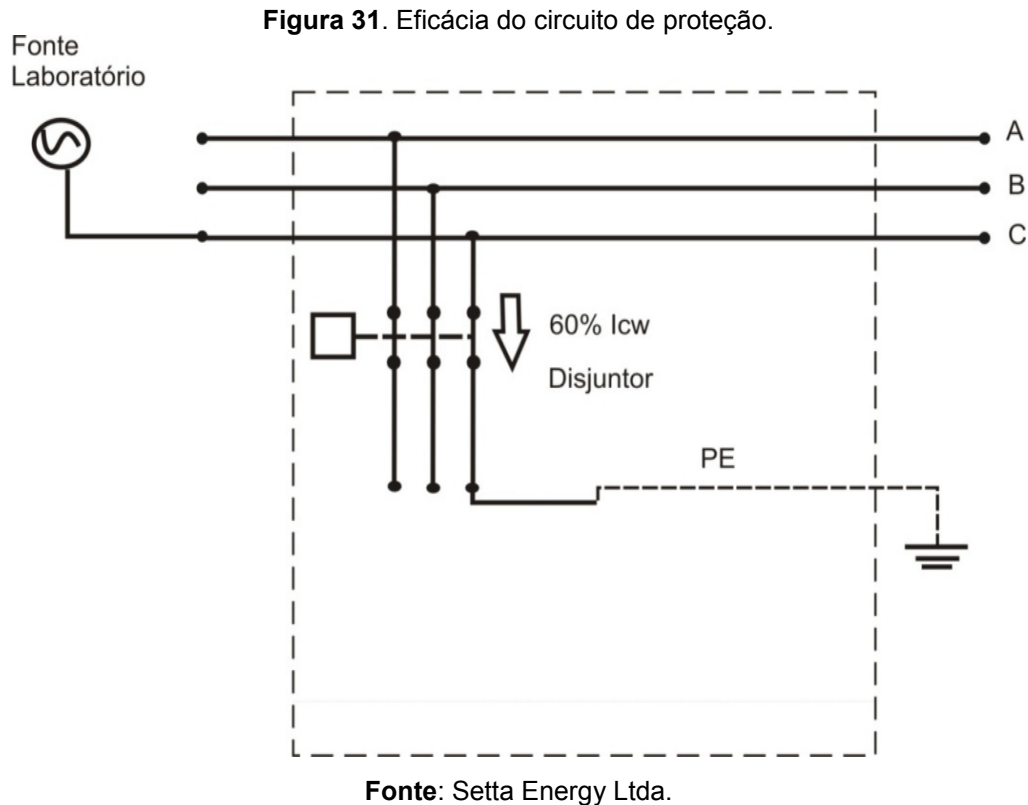
Fonte: Setta Energy Ltda.

O resultado será satisfatório caso os condutores e o equipamento não sofram deformações inaceitáveis, a deformação do invólucro é permissível até o ponto em que o grau de proteção não é prejudicado, também não deve haver perda de partes usadas para a conexão dos condutores, quebra de isoladores que fixam os barramentos, recozimento e deformação permanente dos barramentos. As distâncias de isolamento não sejam reduzidas a valores menores que as especificadas e dentre outras observações, conforme norma. (9,22,24)

7.4.4 Verificação da eficácia do circuito de proteção

O ensaio de eficácia do circuito de proteção tem como objetivo verificar se todas as conexões e os condutores estão interligados ao circuito de proteção. O funcionamento dos dispositivos de proteção, no caso de um curto-circuito, deve suportar as correntes de fuga.

A finalidade deste ensaio é garantir que o conjunto não tenha a continuidade com o sistema de aterramento, garantindo a segurança de funcionamento do conjunto e a proteção às pessoas. O ensaio tem os mesmos princípios do ensaio da corrente suportável de curta duração. A tensão aplicada deve ser a nominal e a estrutura do conjunto deve ser isolada da terra. O valor da corrente deve ser de 60% da nominal do ensaio da corrente suportável de curto-circuito e aplicada somente em uma das fases com uma fonte monofásica. O tempo do ensaio é definido pelo tempo de atuação do dispositivo de proteção. O arranjo do conjunto para este ensaio é representado pela figura 31.



O resultado será satisfatório caso as propriedades dielétricas e mecânicas, dos condutores e do dispositivo de proteção do conjunto permaneçam conforme especificação da norma aplicável e do fabricante. (9,22,24)

7.4.5 Ensaio de distâncias de isolação e escoamento

O ensaio de distância de isolação e escoamento tem como objetivo verificar, por meio de medições, se as distâncias cumprem os valores especificados em norma, garantindo a proteção das partes condutoras do conjunto, sendo essencial para manter o bom funcionamento e a segurança do projeto construtivo e de operação.

O ensaio requer a medição das distâncias de escoamento entre fases, entre condutores de circuitos com tensões diferentes e entre partes energizadas e partes condutoras expostas. A distância de isolação é medida entre duas partes energizadas.

As tabelas 3 e 4 indicam as distâncias mínimas de isolação e escoamento aceitáveis para grau de poluição 3 que é o valor geralmente utilizado em conjuntos.

Tabela 2. Distâncias mínimas de isolamento.

Tensão nominal de impulso suportável U_{imp} kV	Distância mínima de isolamento mm
2,5	1,5
4,0	3,0
6,0	5,5
8,0	8,0
12,0	14,0
Baseada em condições de campo não homogêneas e grau de poluição 3.	

Fonte: (12)

Tabela 3. Distâncias mínimas de escoamento.

Tensão nominal de isolamento U_i V	Distância mínima de escoamento mm			
	Grau de poluição			
	3			
	Grupo de material			
	I	II	IIIa	IIIb
32	1,5	1,5	1,5	1,5
40	1,5	1,6	1,8	1,8
50	1,5	1,7	1,9	1,9
63	1,6	1,8	2	2
80	1,7	1,9	2,1	2,1
100	1,8	2	2,2	2,2
125	1,9	2,1	2,4	2,4
160	2	2,2	2,5	2,5
200	2,5	2,8	3,2	3,2
250	3,2	3,6	4	4
320	4	4,5	5	5
400	5	5,6	6,3	6,3
500	6,3	7,1	8,0	8,0
630	8	9	10	10
800	10	11	12,5	
1.000	12,5	14	16	
1.250	16	18	20	
1.600	20	22	25	

Os grupos de materiais são classificados como seguem, de acordo com a gama de valores do índice de resistência ao trilhamento (CTI):

- Grupo de material I $600 \leq CTI$
- Grupo de material II $400 \leq CTI \leq 600$
- Grupo de material IIIa $175 \leq CTI \leq 400$
- Grupo de material IIIb $100 \leq CTI \leq 175$

Fonte: (12)

O resultado será satisfatório, caso as distâncias sejam mantidas em condições nominais de serviço. Um curto-circuito, por exemplo, não pode mudar de maneira permanente a distância de isolamento ou a rigidez dielétrica dos condutores do conjunto. (9,22,24)

7.4.6 Ensaio de funcionamento mecânico

O ensaio de funcionamento mecânico tem como objetivo verificar se todos os dispositivos mecânicos de intertravamento, inserção e extração no caso de conjunto do tipo extraível, funcionam corretamente.

As partes que serão realizadas o ensaio devem ser instaladas no conjunto em condições normais de operação, sendo os compartimentos submetidos a cinquenta ciclos de operação (inserção e extração). O resultado será satisfatório se os esforços para cada ciclo realizado se mantiveram praticamente constantes e as condições de funcionamento do compartimento, e seu intertravamento, não tiverem sido prejudicados fisicamente. (9,22,24)

7.4.7 Ensaio de verificação do grau de proteção

O ensaio de verificação do grau de proteção tem como objetivo analisar se o conjunto resistira às penetrações de líquidos e sólidos, garantindo a sua segurança operacional. O teste é realizado conforme o grau de proteção especificado pelo fabricante, simulando a entrada de corpos estranhos. O resultado será satisfatório se o conjunto atender ao grau de proteção estabelecido no projeto. (9,22,24)

8 PROJETO E FABRICAÇÃO DE UM CONJUNTO

“Os conjuntos devem ser construídos somente com materiais capazes de resistir esforços mecânicos, elétricos e térmicos, bem como aos efeitos da umidade, que provavelmente serão encontrados em serviço normal” (3).

Os dispositivos e os circuitos de um conjunto de manobra e controle de baixa tensão devem ser dispostos de maneira que facilite a sua manutenção e operação, ao mesmo tempo, assegurando o grau necessário de segurança. Em alguns conjuntos são aplicadas camadas de proteção contra corrosão, para assegurar sua durabilidade e bom funcionamento.

Para elaborar o projeto é preciso definir alguns pontos como: normas técnicas exigidas, aplicação, ambiente de instalação, temperatura ambiente, umidade relativa do ar, características elétricas e características mecânicas exigidas. Os projetos de um conjunto, necessariamente dividem-se em dois tipos: projeto elétrico e projeto mecânico. (3,20,26)

8.1 Projeto elétrico

O projeto essencial que todo o conjunto deve possuir é o projeto elétrico. A idealização de um sistema elétrico pode ser inicializada a partir de desenhos básicos como um croqui, no entanto, um projeto confiável deve ser elaborado para o levantamento exato de materiais e fabricação correta do conjunto. O projeto elétrico para ter sucesso deve no mínimo partir dos seguintes levantamentos e informações:

- Número de circuitos.
- Potência das cargas, tensão, rendimento, correntes ,tabela de cargas.
- Fator de serviço deve ser determinado.
- Fator de potência.
- Fluxograma do processo ou descrição de funcionamento.
- Nível da corrente de curto-circuito no ponto de instalação do conjunto (*I_{cp}*).
- Tensão e frequência da rede e dos circuitos auxiliares.
- Verificação de eventuais expansões.
- Local da instalação.
- Disposição das entradas e saídas de cabos

8.2 Projeto mecânico

O projeto mecânico faz parte do projeto elétrico executivo e nele o projetista faz a disposição de componentes e dimensionamento do tamanho do invólucro. O desenho é executado em 2D e a partir dele o projetista mecânico faz o detalhamento em 3D. O projeto mecânico para ter sucesso em sua finalidade deve conter os seguintes detalhes:

- Cotas de altura, largura e profundidade totais dos invólucros.
- Forma de separação.
- Conter todos os equipamentos de fixação externos representados (sinaleiros, botões, instrumentos de medição, grelhas e fechos (fechaduras)).
- Conter a identificação dos equipamentos sempre que possível.
- Dimensões das canaletas e cotas.
- Cotas para transporte.
- Cotas para posicionamento de componentes.
- Representação de plaquetas de identificação (rebitadas ou aparafusadas).
- Local de passagem dos cabos externos.
- Grau de proteção desejado.

8.3 Fabricação

A fabricação de um painel elétrico compreende-se da transformação de chapas metálicas (aço carbono, aço inox, alumínio e termoplásticos) por meio de processos industriais em formas geométricas (invólucros), especificamente desenvolvidas para atender aos requisitos da aplicação elétrica. As principais etapas de produção mecânica de um invólucro metálico são:

- Escolha do material a ser utilizado.
- Corte e aparamento de chapas (Guilhotina).
- Puncionamento de peças (Puncionadeira).
- Conformação (Dobradeira).
- Solda e acabamento de peças.
- Tratamento de peças (Antes da pintura).
- Pintura.

8.4 Montagem

A etapa de montagem compreende a interligação entre os componentes elétricos e as peças fabricadas, e desta forma, divide-se em duas etapas distintas para o controle da qualidade dos produtos e segmentação:

- Montagem mecânica
- Montagem elétrica

8.4.1 Montagem mecânica

A montagem mecânica é parte do processo em que as peças metálicas são unidas, conforme o projeto mecânico e desenvolvimento, para que se dê forma ao invólucro do conjunto.

Nesta etapa são fixados os módulos frontais, perfis laterais, base soleiras, tetos, olhais, portas e placas de montagens, sendo fundamental para que os dispositivos elétricos e eletrônicos possam ser montados. Também serão verificadas se as peças estão em conformidade com as necessidades do projeto (verificação de falhas).

8.4.2 Montagem elétrica

Nesta etapa todos os componentes elétricos e eletrônicos presentes no projeto elétrico serão instalados no painel. Os condutores elétricos (barramentos e cabos) e isoladores também serão fixados nesta etapa pelos montadores eletricitistas.

São utilizadas diversas ferramentas manuais como: rebiteadeiras, parafusadeiras, alicates e chaves manuais.

Após a montagem elétrica são realizados os ensaios de rotina aplicáveis e o conjunto estará finalizado.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou características básicas para elaboração do projeto e fabricação de Conjuntos de controle e manobra de baixa tensão. Os tipos apresentados são fabricados a partir da necessidade da instalação e forma de operação utilizada.

As características mecânicas definem a forma onde as partes internas e externas referentes à estrutura do conjunto, devem ser fabricadas para resistir às condições imposta pelo ambiente e local da instalação. As características elétricas além de influenciar na montagem mecânica, definem os valores das grandezas elétricas utilizados para realização ensaios, os componentes que serão utilizados e diferentes conceitos e categorias, onde os conjuntos podem se enquadrar.

Após a finalização do projeto que foi elaborado a partir das características específicas do conjunto, a fabricação deve ser realizada seguindo as etapas do processo e métodos de montagem realizados por maquinário e pessoas qualificadas.

Com a finalização da montagem devem ser realizados os diversos ensaios que irão confirmar a eficiência e competência dos fabricantes, certificando e assegurando a confiabilidade dos produtos, que posteriormente poderão ser entregues aos clientes e assim prontos para entrar em operação.

REFERÊNCIAS

(1) ABNT. **Normalização**. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/o-que-e>>. Acesso em: 17 mar. 2016.

(2) COSTA, Luiz Felipe. **Conjuntos de manobra e controle de média tensão em invólucros metálicos: Características construtivas**. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/ed-99_Fasciculo_Cap-IV-Conjuntos-de-manobra-e-controle-de-potencia.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2016.

(3) **PAINÉIS Elétricos e CCM's de Baixa Tensão**. Disponível em: <<http://www.lavill.com.br/catalogos/c2.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2016.

(4) FIGUEIREDO NETO, Manoel Valente. **A regulamentação técnica e o guia de boas práticas de regulamentação: Perspectivas para os órgãos reguladores**. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=6780>. Acesso em: 17 mar. 2016.

(5) **CONJUNTOS de manobra e controle de baixa tensão: Parte 1: Conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA). Parte 1: Conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA)**. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=2776>>. Acesso em: 17 mar. 2016.

(6) **APLICAÇÕES da ABNT NBR 5410**. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-empresa/1631-aplicacoes-da-abnt-nbr-5410.html>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

(7) **NORMA REGULAMENTADORA 10 - NR 10: SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE. SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE**. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr10.htm>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

(8) **NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. 06/07/78.** Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12-atualizada-2-2016.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

(9) **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** NBR IEC 60439-1: Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão. [s.i]: Abnt, 2003. 76 p.

(10) COSTA, Luiz Felipe. **Introdução ao uso dos painéis elétricos.** Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/ed-96_Fasciculo_Cap-I-Conjuntos-de-manobra-e-controle-de-potencia.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2016.

(11) PRETI, Jeferson. **Painel elétrico de comando e montagem de painéis.** Disponível em: <<http://www.citisystems.com.br/painel-eletrico-comando-montagem/>>. Acesso em: 21 mar. 2016.

(12) GRAZIANO, Nunziante. **Grau de proteção, distâncias de isolamento e de escoamento e proteção contra choques elétricos.** Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/ed-124_Fasciculo_Cap-V-IEC-61439-Quadros,-paineis-e-barramentos-BT.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2016.

(13) GRAZIANO, Nunziante. **Painéis de baixa tensão TTA.** 2012. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-empresa/920-paineis-de-baixa-tensao-tta.html>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

(14) GRAZIANO, Nunziante. **Definições e características.** Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/ed-122_Fasciculo_Cap-III-IEC-61439-Quadros,-paineis-e-barramentos-BT.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2016.

(15) **INSTALAÇÃO Elétrica: Conceitos Básicos e Visão Geral. Conceitos Básicos e Visão Geral.** Disponível em: <<http://construfacilrj.com.br/instalacao-eletrica-visao-geral/>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

(16) GRAZIANO, Nunziante. **Como especificar um TTA: Conceitos e dúvidas mais frequentes.** Disponível em: <<http://www.tec.abinee.org.br/2009/arquivos/s510.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

(17) ZAFALON, Joelmir. **Grau de proteção (IP).** Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/artigos/grau_de_protecao_ip.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2016.9

(18) KAWASAKA, Rafael Noboru. **Estudo de Melhoria dos Painéis de Baixa Tensão da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá-UNESP**. 2012. 61 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119528/kawasaka_rn_tcc_guara.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 abr. 2016.

(19) **PAINEL Pre-Testado: TTA e Compartimentação de painés. TTA e Compartimentação de painés**. Disponível em: <https://www.schneider-electric.com.br/documents/cadernos-tecnicos/tema6_paineis.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.

(20) **CATÁLOGO Técnico de Painéis Elétricos**. Disponível em: <<http://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/ateei/painel-eletrico.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

(21) BORDIGNON, Armando Lucio. **Equipamentos Elétricos Industriais**. 2014. Disponível em: <http://www.ufjf.br/prh-pb214/files/2014/01/ApostilaEquipamentos-Elétricos-Industriais-_Rev_abril20141.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016.

(22) MOTARELLI, Expedito. **Painéis TTA: Segurança e performance em painéis de baixa tensão**. 2014. Disponível em: <<http://blog-br.schneider-electric.com/gestao-de-energia-eficiencia-energetica/2014/02/04/paineis-tta-seguranca-e-performance-em-paineis-de-baixa-tensao/>>. Acesso em: 20 jul. 2016

(23) **PAINÉIS Certificados TTA/PTTA. 2013**. Disponível em: <<http://www.vrpaineis.com.br/index.php/noticias/125-paineis-certificados-tta-ptta>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

(24) RIBEIRO, Thiago Vilela Silva; GOLÇALVES, Weberton; PAIVA, Samuel de Matos. **Ensaio de Tipo TTA para CCM's de Baixa Tensão**. Disponível em: <http://www.visionsistemas.com.br/pt/wp-content/uploads/Ensaio_TTA_CCMs_001.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016.

(25) COSTA, Sergio Feitoza. **PAINÉIS, BARRAMENTOS E OUTROS EQUIPAMENTOS DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO:FALTA ALGO NAS NORMAS IEC**. Disponível em: <http://www.cognitor.com.br/Switchgear_Busbar_Standards_Review_Portugues.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016.

(26) **PAINÉIS de Comandos Elétricos.** Disponível em:
<<http://www.contric.com.br/paineis-comandos-eletricos>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

(27) **CATÁLOGO Geral 2015.** Disponível em:
<<http://www.legrand.com.br/sites/default/files/catalogo2015/HTML/files/assets/basic-html/page214.html>>. Acesso em: 13 abr. 2016.