



# **NORMA TÉCNICA CELG D**

## **Transformador de Potência Especificação**

**NTC-36  
Revisão 7**

**CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.**  
**SETOR DE NORMATIZAÇÃO TÉCNICA**

**NTC-36**

**Transformador de Potência**  
**Especificação**

**Revisão 7**

ELABORAÇÃO: Eng<sup>o</sup> André Pereira Marques  
Eng<sup>o</sup> Hugo Gonçalves Meireles  
Eng<sup>o</sup> José Falcete Neto  
Eng<sup>o</sup> Reinaldo Albernaz Rodrigues

COLABORAÇÃO: Eng<sup>o</sup> Cláudio Henrique Bezerra Azevedo  
Eng<sup>o</sup> Luiz Gomes Rangel  
Eng<sup>o</sup> Valmir José de Resende

REVISÃO 5: Eng<sup>o</sup> Gerson Tertuliano  
Eng<sup>o</sup> André Pereira Marques  
Eng<sup>o</sup> José Falcete Neto  
Eng<sup>o</sup> Luiz Flávio Naves Rodrigues  
Eng<sup>o</sup> Djalma Pereira Rocha  
Eng<sup>o</sup> Murilo Parreira Leal  
Eng<sup>o</sup> Fabrício Luis Silva

REVISÃO 6: Eng<sup>o</sup> Fabrício Luis Silva

COLABORAÇÃO: Eng<sup>o</sup> André Pereira Marques  
Qui. Marcos Reginaldo Blanco

REVISÃO 7: Eng<sup>o</sup> Gerson Tertuliano  
Eng<sup>o</sup> José Falcete Neto  
Eng<sup>o</sup> André Pereira Marques

APROVAÇÃO:   
Eng<sup>o</sup> Fabrício Luis Silva  
DT-SNT

APROV.:   
Eng<sup>o</sup> Luiz Flávio N. Rodrigues  
DT-DPTN

APROV.:   
Eng<sup>o</sup> José Divino de Sousa Santos  
DT-SPSE

APROV.:   
Eng<sup>o</sup> Humberto Eustáquio T. Corrêa  
DT

DATA: OUT/16

## ÍNDICE

<u>SECÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	<b>OBJETIVO</b>	<b>1</b>
2.	<b>NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES</b>	<b>2</b>
3.	<b>TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES</b>	<b>6</b>
4.	<b>CONDIÇÕES GERAIS</b>	<b>7</b>
4.1	Condições do Local de Instalação	7
4.2	Documentos Técnicos para Aprovação	7
4.3	Intercambiabilidade	10
4.4	Características dos Serviços Auxiliares	10
4.5	Extensão do Fornecimento	10
4.6	Garantia	11
5.	<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS</b>	<b>12</b>
5.1	Critérios Básicos	12
5.2	Enrolamentos	12
5.3	Núcleo	13
5.4	Tanque	13
5.5	Acessórios	14
5.6	Válvulas	16
5.7	Sistema de Preservação do Óleo	17
5.8	Buchas, Pinos e Conectores	18
5.9	Disposição das Buchas, Radiadores, Tanque, Cabine de Controle e Acessórios	19
5.10	Sistema de Resfriamento	19
5.11	Dispositivos de Proteção e Supervisão	20
5.12	Dispositivos Eletrônicos Inteligentes para Monitoramento do Transformador	25
5.13	Características Comuns dos Dispositivos Eletrônicos Inteligentes e Sensores	26
5.14	Características Específicas dos Dispositivos Eletrônicos Inteligentes e Sensores	27
5.15	Comutador de Derivações	31
5.16	Placas de Identificação, Diagramática e de Cadastro do Equipamento	35
5.17	Caixas de Controle	37
5.18	Acabamento do Tanque, Radiadores e Demais Partes Metálicas	39
5.19	Componentes Padronizados	42
5.20	Óleo Isolante	43
6.	<b>CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS</b>	<b>44</b>
6.1	Requisitos Gerais	44
6.2	Faixas de Variação dos Comutadores de Derivação	44
6.3	Transformadores de Corrente	44
6.4	Requisitos Específicos	45
6.5	Tolerâncias	45
6.6	Corrente de Excitação	45
7.	<b>INSPEÇÃO E ENSAIOS</b>	<b>46</b>
7.1	Generalidades	46
7.2	Ensaio de Recebimento	47
7.3	Ensaio de Tipo e Especiais	50

## ÍNDICE

<u>SECÃO</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
7.4	Levantamento da Curva de Saturação	50
7.5	Relatórios de Ensaios	51
7.6	Ensaios de Campo	51
7.7	Falhas em Ensaios	52
8.	<b>AVALIAÇÃO DE PERDAS E PENALIDADES</b>	<b>53</b>
8.1	Avaliação de Perdas no Cobre e no Ferro	53
8.2	Penalidades por Desempenho Inferior ao Garantido	53
9.	<b>PROVISÕES TÉCNICAS PARA TRANSPORTE</b>	<b>54</b>
10.	<b>PROVISÕES TÉCNICAS PARA RECEBIMENTO</b>	<b>57</b>
10.1	Local de Recebimento	57
10.2	Inspeção de Recebimento no Local de Entrega	57
10.3	Descarregamento e Movimentação	57
10.4	Procedimentos para Ensaios de Recebimento no Descarregamento	57
10.5	Procedimentos para Armazenagem	58
11.	<b>CONDIÇÕES ESPECÍFICAS PARA ENSAIOS DE CAMPO E OPERACIONAL INICIAL</b>	<b>59</b>
ANEXO A	<b>TABELAS</b>	<b>60</b>
TABELA 1	<b>NÍVEIS DE ISOLAMENTO PARA ENROLAMENTOS E BUCHAS</b>	<b>60</b>
TABELA 2	<b>TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA – CARACTERÍSTICAS</b>	<b>61</b>
TABELA 3	<b>AUTOTRANSFORMADOR DE POTÊNCIA – CARACTERÍSTICAS</b>	<b>62</b>
TABELA 4	<b>TCs DE BUCHA PARA PROTEÇÃO DE TRANSFORMADORES</b>	<b>63</b>
TABELA 5	<b>ESPECIFICAÇÃO DO ÓLEO ISOLANTE TIPO A (NAFTÊNICO) APÓS CONTATO COM O EQUIPAMENTO</b>	<b>64</b>
ANEXO B	<b>DESENHOS</b>	<b>65</b>
DESENHO 1	<b>DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA</b>	<b>65</b>
DESENHO 2	<b>DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - VISTA</b>	<b>66</b>
DESENHO 3	<b>DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA</b>	<b>67</b>
DESENHO 4	<b>DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - VISTA</b>	<b>68</b>
DESENHO 5	<b>ATERRAMENTO DO NÚCLEO</b>	<b>69</b>
DESENHO 6	<b>CONECTOR TERMINAL AT, MT e BT</b>	<b>70</b>
DESENHO 7	<b>CONECTOR TERMINAL BT TRANSFORMADOR 138/13,8 kV</b>	<b>71</b>
DESENHO 8	<b>PAINEL DE CENTRALIZAÇÃO</b>	<b>72</b>
DESENHO 9	<b>APOIO PARA MACACO – TRANSFORMADOR COM BASE DESLIZANTE E CHAPA PARA SUPORTE DO PARA-RAIOS</b>	<b>73</b>
DESENHO 10	<b>PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE CADASTRO DE EQUIPAMENTOS</b>	<b>74</b>
ANEXO C	<b>QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS</b>	<b>75</b>
ANEXO D	<b>INFORMAÇÕES TÉCNICAS REQUERIDAS COM A PROPOSTA</b>	<b>82</b>
ANEXO E	<b>PEÇAS SOBRESSALENTES ESPECIFICADAS</b>	<b>84</b>
ANEXO F	<b>COTAÇÃO DE ENSAIOS DE TIPO</b>	<b>85</b>

**1. OBJETIVO**

A presente norma técnica tem por objetivo definir as principais características elétricas e mecânicas, bem como os demais requisitos básicos para o fornecimento de transformadores e autotransformadores de potência, com tensões nominais iguais ou superiores a 13,8 kV, e potências nominais iguais ou superiores a 2,5 MVA.

## 2. NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Para o projeto, construção e ensaios dos equipamentos e seus acessórios, bem como para toda a terminologia adotada, devem ser seguidas as prescrições das seguintes normas:

ABNT NBR 5034	Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV - Especificação.
ABNT NBR 5356-1	Transformador de potência - Parte 1: Generalidades.
ABNT NBR 5356-2	Transformador de potência - Parte 2: Aquecimento.
ABNT NBR 5356-3	Transformador de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar.
ABNT NBR 5356-4	Transformador de potência - Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores.
ABNT NBR 5356-5	Transformador de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos.
ABNT NBR 5370	Conectores de cobre para condutores elétricos em sistemas de potência - Especificação.
ABNT NBR 5405	Materiais isolantes sólidos - Determinação da rigidez dielétrica sob frequência industrial - Método de ensaio.
ABNT NBR 5416	Aplicação de cargas em transformadores de potência - Procedimento.
ABNT NBR 5456	Eletricidade geral - Terminologia.
ABNT NBR 5458	Transformador de potência - Terminologia.
ABNT NBR 5590	Tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados - Especificação.
ABNT NBR 5779	Óleos minerais isolantes - Determinação qualitativa de cloretos e sulfatos inorgânicos - Método de ensaio.
ABNT NBR 5906	Bobinas e chapas laminadas a quente de aço-carbono para estampagem - Especificação.
ABNT NBR 5915-1	Chapas e bobinas de aço laminadas a frio - Parte 1: Requisitos.
ABNT NBR 5915-2	Chapas e bobinas de aço laminadas a frio - Parte 2: Aços para estampagem.
ABNT NBR 6181	Classificação de meios corrosivos.
ABNT NBR 6234	Método de ensaio para a determinação de tensão interfacial de óleo-água.
ABNT NBR 6323	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido - Especificação.
ABNT NBR 6648	Bobinas e chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural - Especificação.
ABNT NBR 6649	Chapas finas a frio de aço carbono para uso estrutural - Especificação.
ABNT NBR 6650	Bobinas e chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural - Especificação.
ABNT NBR 6856	Transformadores de corrente - Especificação.
ABNT NBR 6869	Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodo de disco) - Método de ensaio.
ABNT NBR 6939	Coordenação de isolamento - Procedimento.
ABNT NBR 7070	Amostragem de gases em óleo mineral isolante de equipamentos elétricos e análise dos gases livres e dissolvidos.

ABNT NBR 7148	Petróleo e produtos de petróleo - Determinação da massa específica, densidade relativa e °API - Método do densímetro.
ABNT NBR 7277	Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído.
ABNT NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento - Método de ensaio.
ABNT NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo - Método de ensaio.
ABNT NBR 7400	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido por imersão a quente - Verificação da uniformidade do revestimento - Método de ensaio.
ABNT NBR 7832	Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Epóxi-Poliamina - Procedimento.
ABNT NBR 7833	Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Poliuretano - Procedimento.
ABNT NBR 8667	Comutador de derivações em carga - Especificação.
ABNT NBR 8840	Diretrizes para amostragem de líquidos isolantes.
ABNT NBR 9368	Transformador de potência de tensões máximas até 145 kV - Características elétricas e mecânicas.
ABNT NBR 10441	Produtos de petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica.
ABNT NBR 10443	Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas - Método de ensaio.
ABNT NBR 10504	Óleo mineral isolante - Determinação da estabilidade à oxidação.
ABNT NBR 10505	Óleo mineral isolante - Determinação de enxofre corrosivo - Método de ensaio.
ABNT NBR 10710	Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água.
ABNT NBR 11003	Tintas - Determinação da aderência - Método de ensaio.
ABNT NBR 11341	Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland.
ABNT NBR 11349	Produtos de petróleo - Determinação do ponto de fluidez - Método de ensaio.
ABNT NBR 11388	Sistemas de pintura para equipamentos e instalações de subestações elétricas - Especificação.
ABNT NBR 11888	Bobinas e chapas finas a frio e a quente de aço-carbono e aço de baixa liga e alta resistência - Requisitos gerais.
ABNT NBR 11889	Bobinas e chapas grossas de aço-carbono e de aço de baixa liga e alta resistência - Requisitos.
ABNT NBR 12133	Líquidos isolantes elétricos - Determinação do fator de perdas dielétricas e da permissividade relativa (constante dielétrica) - Método de ensaio.
ABNT NBR 12134	Óleo mineral isolante - Determinação do teor de 2,6-di-terciário-butil paracresol - Método de ensaio.
ABNT NBR 13882	Líquidos isolantes elétricos - Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB).
ABNT NBR 14248	Produtos de petróleo - Determinação do número de acidez e de basicidade - Método do indicador.
ABNT NBR 14275	Equipamento elétrico - Líquido isolante - Determinação do conteúdo de partículas.

- ABNT NBR 14483 Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM.
- ABNT NBR 16412 Óleo mineral isolante - Determinação do teor de dibenzil dissulfeto por cromatografia em fase gasosa.
- ABNT NBR IEC 60060-1 Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Parte 1: Definições gerais e requisitos de ensaio.
- ABNT NBR IEC 60060-2 Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – Parte 2: Sistemas de medição.
- ABNT NBR IEC 60085 Isolação elétrica - Avaliação térmica e designação.
- ABNT NBR IEC 60156 Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodos de calota ou esféricos).
- ABNT NBR IEC 60450 Medição do grau de polimerização viscosimétrico médio de materiais celulósicos novos e envelhecidos para isolação elétrica.
- ABNT NBR IEC 60529 Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP).
- ABNT NBR ISO 261 Rosca métrica ISO de uso geral - Plano geral.
- ABNT NBR NM ISO 7-1 Rosca para tubos onde a junta de vedação sob pressão é feita pela rosca - Parte 1: Dimensões, tolerâncias e designação.
- ASTM D1014 Standard Practice for Conducting Exterior Exposure Tests of Paints and Coatings on Metal Substrates.
- ASTM D1735 Standard Practice for Testing Water Resistance of Coatings Using Water Fog Apparatus.
- ASTM D2140 Standard Test Method for Carbon-Type Composition of Insulating Oils of Petroleum Origin.
- ASTM D3455 Test Method for Compatibility of Construction Materials With Electrical Insulation Oil of Petroleum Origin.
- IEC 60076-1 Power Transformers - Part 1 - General.
- IEC 60156 Insulating liquids - Determination of the Breakdown Voltage at Power Frequency - Test Method.
- CISPR - 16 Specification for Radio Interference Measuring Apparatus and Measurement Methods.
- SIS 05.5900 Pictorial Surface Preparation Standard for Painting Steel Surfaces.

**Notas:**

- 1) *Poderão ser utilizadas normas de outras organizações normalizadoras, desde que sejam oficialmente reconhecidas pelos governos dos países de origem, assegurem qualidade igual ou superior às mencionadas neste item, não contrariem esta norma e sejam submetidas a uma avaliação prévia por parte da CELG D.*
- 2) *Caso haja opção por outras normas, que não as anteriormente mencionadas, essas devem figurar, obrigatoriamente, na documentação de licitação. Neste caso, o proponente deverá citar em sua proposta a norma*



*aplicada, e submeter à CELG D cópias da norma alternativa proposta, indicando claramente os pontos onde as normas propostas desviam das normas ABNT correspondentes.*

- 3) O fornecedor deve disponibilizar, para o inspetor da CELG D, no local da inspeção, todas as normas acima mencionadas, em suas últimas revisões.*
- 4) Todos os materiais que não são especificamente mencionados nesta norma, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente do equipamento, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional.*
- 5) Esta norma foi baseada nos seguintes documentos:*

*ABNT NBR 5356 Transformador de potência - partes 1 a 5.*

### 3. TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

Os termos técnicos usados nesta norma estão de acordo com a ABNT NBR 5458 e ABNT NBR 5356. A palavra transformador é usada nesta norma para significar tanto transformadores quanto autotransformadores de dois enrolamentos com enrolamento terciário acessível.

#### SSC – Sistema de Supervisão e Controle ou Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition)

Sistemas que utilizam software para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos de sistemas de controle. Na CELG D, o atual SSC é o SAGE (Sistema Aberto de Supervisão e Controle) desenvolvido pelo CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) da ELETROBRÁS.

#### UTR – Unidade Terminal Remota

Unidade concentradora responsável por executar as funções de monitoração, controle e supervisão de uma subestação de energia. Deve ser capaz de receber e efetuar comandos na subestação, assim como transmitir todas as ocorrências verificadas para um SSC (Sistema de Supervisão e Controle) em um centro de operação.

## 4. CONDICÕES GERAIS

### 4.1 **Condições do Local de Instalação**

Os equipamentos serão instalados em região com as seguintes condições ambientais:

- altitude limitada a 1000 m;
- temperatura: máxima do ar ambiente 40°C e média, em um período de 24 horas, 30°C;
- temperatura mínima do ar ambiente: 0°C;
- pressão máxima do vento: 700 Pa (70 daN/m<sup>2</sup>);
- umidade relativa do ar até 100%;
- exposição direta a chuva e poeira;
- nível de radiação solar: 1,1 kW/m<sup>2</sup>, com alta incidência de raios ultravioleta.

### 4.2 **Documentos Técnicos para Aprovação**

O fornecedor deve apresentar, para aprovação, os documentos técnicos relacionados a seguir, atendendo aos requisitos especificados na ET-CG.CELG, relativos a prazos e demais condições de apresentação de documentos.

Todas as dimensões devem ser dadas no Sistema Métrico Decimal. Se forem dadas em outros sistemas de medidas, devem ser indicados também, os valores correspondentes no Sistema Métrico.

#### 4.2.1 **Desenho Dimensional, contendo:**

- a) tipo e código do fabricante;
- b) arranjo geral em três vistas, com a identificação e localização de todos os acessórios;
- c) legenda dos componentes;
- d) desenhos de todos os dispositivos e componentes auxiliares, tais como: indicadores, termômetros, válvulas de alívio de pressão, dispositivos eletrônicos inteligentes, sensores etc.;
- e) massas do equipamento:
  - da parte ativa;
  - do tanque com acessórios;
  - do óleo;
- f) tipo, código comercial e volume do óleo isolante;
- g) desenho do núcleo, indicando o tipo e o número de pernas;
- h) desenho dimensional da parte ativa, composto de planta baixa e demais vistas, de forma a possibilitar a visualização e diagnóstico pela CELG D quando da realização de ensaios de descargas parciais pelo método acústico.

#### 4.2.2 **Desenho de Dimensões para Transporte, contendo:**

- a) massa;
- b) dispositivos de içamento;
- c) localização dos centros de gravidade (com e sem óleo).

#### 4.2.3 Desenhos das Buchas, contendo:

- a) tipo e código do fabricante;
- b) dimensões principais;
- c) valores nominais;
- d) massa;
- e) detalhes do terminal de linha e do flange para montagem;
- f) legenda dos componentes;
- g) identificação da bucha com o respectivo enrolamento;
- h) esforços permissíveis nos terminais.

#### 4.2.4 Desenhos das Caixas de Comando e Controle, contendo:

- a) dimensional;
- b) tipo e código do fabricante;
- c) massa;
- d) espessura das chapas;
- e) localização de:
  - componentes no interior da caixa;
  - terminal de aterramento;
  - tampa removível para instalação de eletrodutos;
  - aletas de ventilação;
- f) legenda dos componentes, contendo:
  - tipo e código do fabricante;
  - características elétricas;
  - função (número ANSI);
- g) esquema topográfico;
- h) diagramas funcionais e tabulação de contatos;
- i) diagrama de interligação dos blocos terminais;
- j) catálogos dos componentes, mesmo sendo de fornecimento de terceiros.

#### 4.2.5 Desenhos das Placas:

- a) de identificação para o equipamento principal;
- b) de identificação de cadastro do equipamento;
- c) das caixas de comando e controle;
- d) das buchas.

#### 4.2.6 Desenhos dos Conectores de Linha e Aterramento, contendo:

- a) tipo e código do fabricante;
- b) material utilizado;
- c) massa;
- d) torque de aperto dos parafusos.

#### 4.2.7 Documentos Complementares:

- a) esquema de tratamento e pintura das superfícies metálicas;
- b) curva de saturação até o valor de 2,0 pu da tensão nominal, determinada por cálculo (excitação pelo enrolamento de alta tensão);
- c) memória de cálculo da determinação das reatâncias de núcleo de ar dos enrolamentos de alta tensão;

- d) curvas de magnetização de transformadores para instrumentos;
- e) memória de cálculo de curto-circuito;
- f) curva de suportabilidade a sobretensões transitórias e temporárias para transformadores classe 145 kV e acima;
- g) plano de inspeção e testes;
- h) cronograma de fabricação;
- i) lista de equipamentos que irão requerer armazenagem especial e área de estocagem;
- j) lista completa de todos os anéis de vedação utilizados, dimensões, fornecedores e materiais constituintes;
- k) certificados dos ensaios de tipo pertinentes ao equipamento e aos componentes.

4.2.8 Desenhos da Embalagem para Transporte, contendo:

- a) dimensões;
- b) massa;
- c) detalhes para içamento;
- d) tipo de madeira e tratamento utilizado;
- e) localização do centro de gravidade;
- f) detalhes de fixação dos componentes dentro das embalagens.

4.2.9 Manual de Instruções de Montagem, Operação e Manutenção, constituído dos seguintes capítulos:

- I) Dados e Características do Equipamento;
- II) Descrição Funcional;
- III) Instruções para Recebimento, Manuseio e Armazenagem;
- IV) Instruções para Instalação;
- V) Instruções para Operação e Manutenção;
- VI) Lista Completa de Todos os Componentes, Ferramentas Especiais e Peças de Reposição;
- VII) Catálogos de Todos os Componentes;
- VIII) Certificados dos Ensaios de Tipo e de Rotina;
- IX) Desenhos e Documentos de Fabricação, Certificados;
- X) Fotografias do Equipamento nas Diversas Fases de Montagem.

**Notas:**

- 1) *A relação de documentos técnicos para aprovação apresentada no item 4.2, deve ser atendida para cada tipo de transformador do fornecimento.*
- 2) *Nas fotografias constantes do manual deve-se mostrar no mínimo a montagem do núcleo, dos enrolamentos, do tanque e todas as vistas do transformador completamente montado. Cada fotografia deve conter em sua face a data, o nome do fabricante e o tipo de vista. Não serão aceitas cópias xerox das fotografias para o manual, devem ser enviadas fotografias digitalizadas.*
- 3) *Com relação a medição da temperatura por sensor e fibra ótica, deverão ser enviadas as fotografias detalhando a montagem do sensor em cada enrolamento, identificando o local da bobina onde serão instalados, acompanhadas das correspondentes instruções de uso e manutenção.*
- 4) *Os capítulos I e VII, devem ser enviados para aprovação junto com os demais documentos a serem analisados.*

- 5) *Após o atendimento de todos os comentários decorrentes da análise de toda a documentação, o manual deve ser montado com capa dura plastificada e divisórias com orelhas.*
- 6) *Devem ser enviadas à CELG D fotografias digitalizadas da parte externa, montado e desmontado, internas e do processo de fabricação do equipamento, de vários ângulos.*
- 7) *O manual completo, incluindo relatórios finais de recebimento em fábrica, aprovado, em três vias, incluindo os Capítulos I a X, do item 4.2.9. Deve ser entregue até trinta dias após a realização do último ensaio de recebimento. Além disso, o manual deve ser enviado em mídia de extensão "pdf" e todos os desenhos em formato "dwg" (Autocad).*
- 8) *O manual completo e desenhos devem também ser enviados em três cópias em CD-ROM.*

### **4.3 Intercambiabilidade**

Equipamentos do mesmo tipo e tensão nominal de um mesmo fornecimento devem ser intercambiáveis, tanto física como eletricamente. Peças e dispositivos com funções similares devem ter projeto e construção idênticos, de modo que possam ser intercambiáveis.

### **4.4 Características dos Serviços Auxiliares**

Estarão disponíveis, no local de instalação, fontes para alimentação dos serviços auxiliares, nas seguintes tensões:

- a) 125 V (+ 10%, -30 %) corrente contínua, para comando, controle e supervisão;
- b) 220 V ( $\pm 10\%$ ) 60 Hz, monofásico, para controle dos motores e sistemas de resfriamento, iluminação, aquecimento e tomadas das caixas de comando e controle;
- c) 380 V ( $\pm 10\%$ ) 60 Hz, trifásico a quatro fios, neutro aterrado, para alimentação de motores;
- d) a classe de exatidão dos transdutores deve ser no mínimo 0,5%.

### **4.5 Extensão do Fornecimento**

Os seguintes itens devem estar incluídos no fornecimento:

#### **4.5.1 Itens Obrigatórios:**

- a) equipamento completo com todos os componentes e acessórios necessários a sua perfeita instalação e operação;
- b) óleo isolante naftênico para enchimento inicial, acrescido de 10% do volume total;
- c) ensaios de rotina e recebimento;
- d) embalagem para transporte;
- e) ferramentas e/ou dispositivos especiais para instalação, ensaios e manutenção, a serem recomendados pelo fornecedor;
- f) ensaios de tipo e/ou especiais, devendo ser cotados os custos unitários dos mesmos;
- g) devem ser fornecidos, no mínimo, três litros de tinta, por unidade, do mesmo tipo da usada em fábrica, para eventual reparo e manutenção em campo;

h) conjunto de peças sobressalentes específicas, conforme Anexo E.

**Nota:**

*Um conjunto de peças sobressalentes indicadas no item h), conforme listadas no ANEXO E, deve estar incluso no preço final dos transformadores e deverão ser fornecidas obrigatoriamente para as aquisições de 01 à 03 unidades idênticas. Nas aquisições superiores a 03 unidades de características iguais, a CELG D definirá no Edital de Licitação, o quantitativo de conjuntos adicionais que serão fornecidos inclusos no preço final.*

#### 4.5.2 Itens Opcionais

Os itens abaixo relacionados devem ser cotados pelo fornecedor, quando da apresentação da proposta e, a critério da CELG D, poderão ser adquiridos:

- a) supervisão de montagem;
- b) outras peças sobressalentes recomendadas pelo fabricante.

#### 4.6 Garantia

O período de garantia dos equipamentos, obedecido ainda o disposto no CFM, será de dezoito meses a partir da data de entrada em operação ou vinte e quatro, a partir da entrega, prevalecendo o prazo referente ao que ocorrer primeiro, contra qualquer defeito de fabricação, material e acondicionamento.

Caso os equipamentos apresentem qualquer tipo de defeito ou deixem de atender aos requisitos exigidos pelas normas da CELG D, um novo período de garantia de doze meses de operação satisfatória, a partir da solução do defeito, deve entrar em vigor para o lote em questão. Dentro do referido período as despesas com mão-de-obra decorrentes da retirada e instalação de equipamentos comprovadamente com defeito de fabricação, bem como o transporte destes entre o almoxarifado da concessionária e o fornecedor, incidirão sobre o último.

O período de garantia deverá ser prorrogado por mais doze meses em quaisquer das seguintes hipóteses:

- em caso de defeito em equipamento e/ou componente que comprometa o funcionamento de outras partes ou do conjunto; sendo a prorrogação válida para todo equipamento, a partir da nova data de entrada em operação;
- se o defeito for restrito a algum componente ou acessório o(s) qual(is) não comprometam substancialmente o funcionamento das outras partes ou do conjunto, deverá ser estendido somente o período de garantia da(s) peça(s) afetada(s), a partir da solução do problema, prosseguindo normalmente a garantia para o restante do equipamento.

## 5. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

### 5.1 Critérios Básicos

Os equipamentos devem ser construídos conforme as prescrições das normas ABNT NBR 5356 e ABNT NBR 9368, a menos que estabelecido de outra maneira.

### 5.2 Enrolamentos

Os enrolamentos devem ser construídos com condutores de cobre eletrolítico de alta pureza, capazes de suportar sem avarias os esforços eletrodinâmicos de curtos-circuitos, aplicados diretamente aos terminais dos enrolamentos.

No projeto, construção e secagem dos enrolamentos, deve ser dada a devida consideração aos diversos fatores de sollicitação que ocorrerão durante o serviço, tais como: resistência mecânica e dielétrica do isolamento, distribuição uniforme de fluxo eletrostático, minimização das perdas dielétricas, restrições mínimas para circulação livre do óleo, eliminação de pontos quentes, distribuição de tensão entre espiras adjacentes e através do enrolamento, máxima rigidez para as condições de curto-circuito e controle da distribuição de fluxo dielétrico em condições de impulso, para elevados esforços de impulso atmosférico.

O conjunto da parte ativa montado deve sofrer secagem à vácuo para assegurar a apropriada remoção de umidade, e imediatamente após a secagem, o conjunto deve ser imerso em óleo.

Para assegurar que não haja redução apreciável do isolamento, após montagem, toda a isolação dos enrolamentos deve ser tratada.

Os pontos de condução permanente de corrente (exceto as conexões rosqueadas) devem ser soldados ou fundidos com solda de prata adequada para conexões pesadas de cobre.

Conexões aparafusadas ou do tipo grampo podem ser usadas nas buchas, comutadores de derivação e quadros de terminais desde que sejam utilizados dispositivos ou tratamento apropriado para prevenir o afrouxamento das mesmas.

Todos os condutores dos enrolamentos para os quadros terminais e buchas devem ser rigidamente fixados para prevenir danos decorrentes de vibração e esforços de curto-circuito.

Todos os terminais dos enrolamentos devem ser adequadamente identificados. A identificação não deve deteriorar-se devido à sua imersão permanente em óleo.

Os transformadores abrangidos por esta norma devem possuir enrolamentos plenamente capazes de resistir às forças provocadas por curtos-circuitos aplicados diretamente nos terminais de qualquer enrolamento com a contribuição de curto-circuito dos enrolamentos remanescentes. A capacidade de resistência a curtos-circuitos deve ser conforme definido na ABNT NBR 5356-5.



### 5.3 Núcleo

O núcleo deve ser de aço silício de alta qualidade e sem envelhecimento elétrico, de baixa perda por histerese e alta permeabilidade.

As colunas devem ser presas por meio de parafusos, ter isolamento classe A (105°C) ou fita vitrificada, adequadamente calçada.

A isolamento dos fixadores do núcleo deve suportar uma tensão de ensaio de, pelo menos, 2.000 Volts, 60 Hz, por um minuto.

A estrutura de fixação deve ter pressão mecânica adequada para esta finalidade, e ser construída de maneira que as correntes parasitas sejam minimizadas.

Todas as porcas, parafusos e braçadeiras devem ser travados, de tal forma que, não se soltem por vibrações resultantes do transporte e operação.

As extremidades do núcleo devem ser livres de rebarbas e pontas agudas. Cada chapa deve ter um revestimento isolante, resistente à ação do óleo quente.

O núcleo e as bobinas devem ser fixados ao tanque de forma que não ocorra deslocamento quando da movimentação do equipamento.

Devem ser previstos olhais ou outros dispositivos adequados para levantamento de toda a parte ativa.

Para todos os transformadores, os aterramentos do núcleo e do prensa-culatra (jugo) deverão ser conectados ao tanque em um único ponto, de fácil desconexão e, ser instalado em caixa metálica estanque, com tampa flangeada, localizada na tampa do transformador.

### 5.4 Tanque

#### 5.4.1 Material

O tanque do transformador deve ser construído com chapas e perfis estruturais de aço de baixo grau de carbono, apropriado para soldagem e para executar todas as funções para as quais foi projetado.

As chapas de aço devem estar de acordo com as normas ABNT: NBR 6648, NBR 6650, NBR 11888 e NBR 11889, quando aplicáveis, ou equivalentes aprovadas pela CELG D. Os proponentes devem indicar na proposta o tipo de aço que vai ser utilizado na fabricação do tanque.

A espessura mínima das chapas dos radiadores ou tubos deve estar de acordo com as normas ABNT: NBR 5396, NBR 5906 e NBR 5915-2, e os respectivos ensaios conforme ABNT NBR 5356.

#### 5.4.2 Resistência ao Vácuo e à Pressão

O transformador deve ser projetado para suportar, completamente montado,

incluindo: tanque, buchas, radiadores, conservador, bombas de óleo, conexões de óleo, válvulas, flanges e outras ferragens e com o dispositivo de alívio de pressão também montado, sem apresentar deformação visível permanente, as condições dos ensaios de resistência à pressão positiva, previstos na norma ABNT NBR 5356 e, quando sem óleo, um vácuo de 0,067 mbar de pressão de gás absoluto.

A uma pressão atmosférica externa de 1,01325 mbar, o vazamento de gás não deve ser maior que 1,6 mbar litros por segundo de massa, a partir de uma pressão máxima inicial de gás de 0,27 mbar, quando medido por um período máximo de 12 horas.

#### 5.4.3 Tampa

O tanque do transformador deve ser fornecido com uma tampa estanque removível; tampas soldadas não serão aceitas. Todas as entradas de inspeção, abertura de visita, peças estampadas e aberturas para buchas da tampa superior, devem ser providas de vedação ou dispositivo semelhante para impedir entrada de água nas aberturas, durante a remoção das tampas individuais. Todas as bolsas ou dispositivos usados para tais vedações devem ser equipados com plugues de sangria de ar nos pontos mais altos.

A tampa do tanque deve ser suficientemente inclinada para facilitar a drenagem de água e para coletar gases acumulados no seu ponto mais alto.

#### 5.4.4 Juntas e Gaxetas

As junções entre tanque e tampa, das aberturas da tampa e em qualquer tubulação de óleo devem ser providas de gaxetas e flanges adequados para impedir espalhamentos e compressões excessivas do material das gaxetas. Elas devem ser providas, onde necessário, com retentores. As gaxetas entre superfícies metálicas devem ser de borracha sintética resistente ao óleo e adequadamente tratadas para resistir a clima tropical. O material usado deve ser descrito na proposta.

Todos os flanges de tubos para ligações externas devem estar em conformidade com a PB 16 ou serem providas de peças para adaptar-se à mesma. A rosca de todas as peças para conexões externas deve estar em conformidade com a norma ABNT NBR ISO 261 ou serem providas de peças para adaptar-se à mesma.

Todas as ranhuras, canais e depressões no tanque do transformador devem possuir meios para prevenir acúmulo de água nas gaxetas ou em qualquer ponto da superfície externa.

### 5.5 Acessórios

Os transformadores devem ser equipados com acessórios e equipamentos auxiliares padronizados pelo fabricante, além daqueles descritos nesta norma. Eles devem incluir, mas não devem se limitar, aos previstos a seguir.

#### 5.5.1 Terminais de Aterramento

Os equipamentos devem ser providos de dois conectores de aterramento, em lados opostos do tanque, apropriados para cabos de cobre nu seção 70 a 120 mm<sup>2</sup>.

### 5.5.2 Abertura para Inspeção

Uma ou mais, localizadas preferencialmente na tampa, de modo a permitir acesso às conexões interligadas das buchas, aos transformadores de corrente nelas instalados, a aterramentos e a outros acessórios. As dimensões mínimas devem ser 150 x 250 mm ou diâmetro 200 mm, para transformadores 15 kV e 200 x 300 mm ou diâmetro 350 mm para tensões superiores. Essa abertura deve possibilitar a substituição das buchas e transformadores de corrente sem remoção do conjunto montado, formado pela tampa e bobinas. No caso onde as dimensões físicas do transformador impossibilitar o suprimento destas facilidades, como descrito, propostas alternativas devem ser submetidas à aprovação da CELG D.

Equipamentos com tensão nominal igual ou superior a 34,5 kV devem ser providos, adicionalmente às aberturas de inspeção normalmente fornecidas, de no mínimo quatro tampas, sendo duas em cada uma das laterais de maior dimensão do equipamento, localizadas na região central, uma na parte superior e outra na inferior, para facilitar a inspeção da parte ativa, com 250 mm de diâmetro, flangeadas, com juntas e parafusos.

### 5.5.3 Abertura de Visita do Tanque

Os transformadores com potência nominal igual ou superior a 20 MVA, ou com comutador de derivação em carga, devem possuir abertura de visita, com dimensões iguais a 350 x 500 mm ou diâmetro 400 mm. Quando o transformador for equipado com comutador de derivações em carga a abertura deve situar-se próxima a este.

### 5.5.4 Movimentação do Equipamento

- a) Para facilidades de içamento e tração, devem ser previstos:
  - olhais para içamento do transformador completo;
  - olhais para içamento da tampa;
  - olhais para içamento do conservador de óleo;
  - olhais ou outros meios adequados para içamento da parte ativa (núcleo e bobinas);
  - olhais para içamento dos radiadores;
  - meios para içamento das buchas;
  - olhais para tração, nas quatro faces laterais.
- b) Os equipamentos com potência nominal inferior a 6,25 MVA devem ser fornecidos com base deslizante, em aço estrutural, vinculada ao fundo do tanque. A distância entre os centros das bases deve ser 1435 mm.
- c) Os equipamentos com potência nominal igual ou superior a 6,25 MVA devem ser fornecidos com uma base de aço estrutural, vinculada ao fundo do tanque, com rodas orientáveis apropriadas para deslocamento em duas direções ortogonais, sobre trilhos do tipo TR-37, com bitola entre eles igual a 1435 mm.
- d) Para a construção das rodas devem ser considerados os seguintes pontos:
  - as bases das rodas devem ser removíveis e fixadas no fundo do tanque;
  - as rodas devem permitir a troca de orientação de 90 em 90 graus;
  - deve ser previsto um pino central, fixando a base da roda ao fundo do tanque, de modo a facilitar o giro do conjunto base-roda;

- o conjunto eixo-roda deve ser acoplado através de mancal com buchas de bronze, equipado com dispositivos apropriados para facilitar a lubrificação;
  - devem ser previstos suportes na lateral do tanque, para fixação das rodas, com parafusos, durante o transporte do transformador.
- e) As placas para apoio para macacos devem estar localizadas próximas ao tanque do equipamento, e não prever qualquer obstrução nas paredes, abaixo do nível das mesmas, tais como válvulas, tubulações, etc. Cada uma deve ter dimensões que permita suportar a metade do peso total do equipamento completamente montado e cheio de óleo, sem deformações ou torções. No caso específico de transformadores providos de base deslizante ver Desenho 9.

## 5.6 Válvulas

As válvulas devem ser do tipo flangeadas de ambos os lados, capazes de suportar óleo quente a 105°C, ensaio de pressão de ar com 1,8 kg/cm<sup>2</sup>, assim como ensaio de pressão de óleo com 1,1 kg/cm<sup>2</sup>, sem qualquer vazamento.

Os equipamentos devem ser fornecidos com as seguintes válvulas, sem prejuízo de outras que o fabricante julgue por bem acrescentar:

- a) tipo esfera para drenagem completa do tanque principal, diâmetro 2", com redução para 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>", para conexão de filtro-prensa; entre o tanque principal e esta válvula deve ser instalada outra de fechamento, do tipo borboleta, com indicação "aberto/fechado", diâmetro 2"; adequada para manter a vedação necessária, mesmo quando da substituição e/ou reparo da válvula para dreno do tanque principal;
- b) tipo esfera para enchimento/vácuo/filtro prensa, instalada na parte superior do tanque, diâmetro 2", com redução para 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>";
- c) para retirada de amostra de óleo, instalada na parte inferior do tanque, diâmetro 3/8" (pode ser conjugada com a válvula de drenagem do tanque principal);
- d) tipo esfera para enchimento/vácuo através do conservador de óleo, diâmetro 2", com redução para 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>";
- e) para drenagem do conservador de óleo do tanque principal, diâmetro 2", com redução para 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>";
- f) tipo esfera para drenagem do conservador de óleo do tanque do comutador, diâmetro 2", com redução para 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>";
- g) tipo esfera ou bujão para enchimento/vácuo do conservador do comutador, diâmetro 1";
- h) superiores e inferiores de fechamento para cada radiador, do tipo borboleta, com indicação "aberto-fechado", diâmetro a critério do fornecedor; estas válvulas devem ser adequadas para manter a vedação necessária, mesmo quando da operação do equipamento com radiador isolado ou sem radiador;
- i) válvula ou bujões para os radiadores (uma válvula ou bujão de dreno e uma de respiro para cada radiador) diâmetro a critério do fornecedor;
- j) tipo esfera para separação do relé Bucholz e/ou relés de elevação de pressão de gás ou conjunto (uma antes e outra depois de cada relé) diâmetro a critério do fornecedor e, sujeita a aprovação por parte da CELG D;
- k) tipo esfera para drenagem do tanque do comutador de derivações em carga, diâmetro 1";

- l) tipo esfera para interligação entre interior e exterior do selo óleo-ar, diâmetro 3/4";
- m) tipo esfera para retirada do gás acumulado no relé Bucholz, através de derivação acessível do solo, diâmetro a critério do fornecedor e sujeita a aprovação por parte da CELG D;
- n) tipo esfera de equalização para vácuo entre conservadores, diâmetro a critério do fornecedor e sujeito à aprovação pela CELG D;
- o) tipo esfera, de interligação do conservador do comutador de taps e o comutador, diâmetro a critério do fornecedor e sujeito a aprovação pela CELG D.

As válvulas de drenagem e enchimento do tanque principal devem ser instaladas em lados opostos, na face de menor dimensão do tanque, sendo uma inferior e outra superior. A válvula inferior não deve ficar do mesmo lado da caixa de ligações.

## **5.7 Sistema de Preservação do Óleo**

O sistema deve incluir o conservador de óleo do tanque do equipamento, contendo um selo óleo-ar, consistindo de um diafragma sintético ou bolsa de borracha sintética, dotado ainda de um secador de ar a sílica-gel, o qual manterá comunicação entre a atmosfera e o espaço acima do diafragma ou com o interior da bolsa.

Se o projeto considerar o emprego de bolsa de borracha, o material utilizado na mesma deve ser nitrílico ou equivalente, não sendo admitido o uso de neoprene ou similar.

Em qualquer caso, os materiais empregados não devem sofrer deterioração pelo contato com o óleo quente.

Para o conservador de óleo do comutador de derivações em carga, o sistema deve consistir de secador de ar a sílica-gel, o qual manterá comunicação entre a atmosfera e o espaço acima do óleo do conservador.

Em virtude das condições ambientais do local de instalação dos equipamentos, o método adotado para a escolha do tipo de secador de ar a sílica-gel a ser utilizado deve ser submetido à apreciação da CELG D, quando da apresentação dos desenhos para aprovação.

O conservador deve ser fixado ao tanque por meio de flanges, adequadamente dimensionadas.

O tanque do conservador deve ser provido de uma válvula para vácuo e um medidor de nível de óleo, como especificado nos itens 5.6.d e 5.11.1.

A elevação do tanque do conservador deve ser tal que o relé detector de gás esteja abaixo do nível mínimo de óleo dentro do tanque.

O tanque do conservador deve ser provido de uma abertura para acesso a seu interior.

O conservador de óleo do CDC (onde aplicável) deve ser fornecido com válvula ou bujão para vácuo, válvula de drenagem e um medidor de nível de óleo, como especificado nos itens 5.6 e 5.11.1.

Em transformador com CDC, os conservadores devem ser separados (óleo do CDC e do tanque principal) e deve ser fornecido um encanamento externo com registro na

parte superior do conservador, a fim de permitir a equalização de pressão no processo de tratamento. Qualquer outra solução adotada deve ser expressamente submetida a aprovação pela CELG D.

## 5.8 Buchas, Pinos e Conectores

Todas as partes dos invólucros de porcelana e suportes, a exceção das juntas de vedação, que possam de algum modo entrar em contato com a atmosfera, devem ser constituídas de material não higroscópico, como metal ou porcelana vitrificada. Buchas de epóxi não serão aceitas.

O projeto das buchas deve assegurar a não formação de corona, tanto durante os ensaios quanto em operação normal, e estar de acordo com a ABNT NBR 5034.

As buchas devem ser projetadas para a instalação dos transformadores de corrente aplicáveis. A remoção desses TCs deve ser feita sem que haja necessidade da remoção da tampa do equipamento ou redução do nível de óleo no tanque.

Todas as buchas devem ser fornecidas sem centelhadores, a menos que o seu uso seja julgado necessário por ocasião da análise dos desenhos dos equipamentos. Neste caso, o fornecedor deverá prover tais componentes sem acréscimo de preço.

Todos os pinos das buchas condensivas devem ser de cobre estanhado com, no mínimo, 80 mm de comprimento, do tipo liso, diâmetro padrão 30 mm para correntes até 1250 A e 60 mm para correntes acima desse valor.

Os pinos para as buchas classe 15 kV devem ser do tipo liso, confeccionados em cobre estanhado com, no mínimo, 65 mm de comprimento, com os seguintes diâmetros: 30 mm para correntes até 1250 A, 42 mm para correntes até 2000 A e 48 mm para correntes acima desse valor.

A corrente nominal de todas as buchas deve ser no mínimo 50% maior que a corrente nominal de linha do transformador para o qual foram projetadas, conforme requerido pela ABNT NBR 5356.

As buchas devem ser acompanhadas dos respectivos conectores, os quais devem ser compatíveis com os pinos das buchas de AT e BT, ou seja, conforme Desenho 6 para entrada e saída aérea (superior) ou Desenho 7, quando a saída for lateral. Devem ser enviados desenhos para aprovação.

O equipamento deverá ser fornecido com conectores chapa-cabo, reto ou 90°, que permitam a acomodação de cabos com seções conforme definido abaixo:

Classe de tensão primária (kV)	Faixa de seção dos condutores
até 72,5	entre 4/0 e 397,5 MCM
145	entre 397,5 e 795 MCM

As buchas devem possuir placa de identificação, escrita em português, contendo todas as informações definidas na ABNT NBR 5034 onde devem ser gravados, também, os valores da capacitância e fator de potência para a tensão de 10 kV.

Todas as buchas com tensão nominal igual ou superior a 34,5 kV devem ser capacitivas, com a isolamento principal do tipo papel impregnado com óleo. O espaço entre a superfície interna do invólucro isolante e a isolamento principal deve ser ocupado por óleo isolante naftênico. Não serão aceitas buchas em que o papel seja impregnado ou aglutinado com resinas.

As buchas devem ser equipadas com visores de nível de óleo confeccionados em vidro transparente, equipadas com meios para retirada de amostra e drenagem do óleo e com derivação para ensaio.

As buchas da classe 15 kV, incluindo as de neutro, podem ser do tipo sólido. Todas as buchas de porcelana devem ser de cor marrom e estar de acordo com as normas ABNT NBR 5286 e ABNT NBR 5307, devendo ser idênticas para a mesma tensão nominal.

As caixas laterais para alojamento das buchas (onde aplicável) devem ser projetadas com espaço suficiente para a instalação de terminais de porcelana ou terminações de mesma classe de tensão de isolamento dos cabos. Deve ser fornecido um terminal na face interna para ligação da blindagem dos cabos e um outro terminal na face externa para ligação do cabo de aterramento. As caixas devem ter furação na parte de baixo para conexão a eletrodutos, cujas bitolas serão definidas por ocasião da análise dos desenhos de fabricação. Cada caixa deve ser provida de tampa frontal, fixada por meio de parafusos prisioneiros e junta, devendo ainda ser fornecida com dobradiças de material resistente à oxidação.

## **5.9 Disposição das Buchas, Radiadores, Tanque, Cabine de Controle e Acessórios**

Esta disposição deve seguir, preferencialmente, as seguintes orientações:

- a) transformadores trifásicos: 34,5/13,8 kV, 69/6,9 kV, 69/13,8 kV até a potência de 12,5 MVA (inclusive), 69/34,5 kV, 138/34,5 kV, 230/69/13,8 kV, conforme Desenhos 1 e 2;
- b) transformadores trifásicos: 69/13,8 kV com potência igual ou superior a 15 MVA e 138/13,8 kV, conforme Desenhos 3 e 4;

### **Nota:**

*Quando a saída for lateral, deverá ser fixado no corpo do transformador, 1500 mm abaixo das buchas, suporte metálico para fixação dos cabos de saída.*

## **5.10 Sistema de Resfriamento**

O sistema de resfriamento deve ser projetado de modo a assegurar que, mesmo com a retirada de serviço de qualquer radiador e um moto-ventilador, o equipamento funcione sem que sejam excedidos os limites de elevação de temperatura, durante a operação sob carga nominal.

Devem ser instalados calços ou dispositivos que evitem a abrasão entre os moto-ventiladores e radiadores, de forma a evitar desgastes na pintura dos radiadores quando da fixação dos mesmos.

Os radiadores devem ser removíveis, com válvulas para conexão com o tanque,

dotadas de flanges soldadas, providos de olhais para içamento, e projetados de modo a resistir às mesmas condições de pressão e vácuo especificadas para o tanque.

Devem ser construídos de forma a apresentar facilidade para sua remoção, e ser fornecidos com válvulas de interrupção nas conexões do topo e do fundo, capazes de ser operadas sem ferramentas especiais e equipadas com indicador de posição e meios para travamento em cada posição, aberta ou fechada.

O sistema de resfriamento deve ser constituído pelos componentes relacionados a seguir, seguindo-se sempre a orientação básica dos diagramas dos Desenhos 6, 7 e 8 do Anexo B da ABNT NBR 9368:

- a) moto-ventiladores dotados de motores de indução trifásicos, 380 V, 60 Hz, exceto para transformadores 34,5/13,8 kV, com potência até 9,375 MVA, onde devem ser monofásicos, 220 V, 60 Hz; em ambos os casos o grau de proteção mínimo deve ser IP55;
- b) chave para seccionamento geral no circuito de alimentação dos ventiladores;
- c) relé supervisor de tensão, trifásico, instalado no circuito geral de alimentação;
- d) chave local-remoto, instalada no transformador;
- e) chave de comando "Manual-Desligado-Automático", quando existir apenas um estágio e chave de comando "Desligado - Manual Estágio 1 - Manual Estágio 2 Automático", para dois estágios;
- f) chave seletora para seleção dos grupos de ventilação, quando existir mais de um estágio;
- g) dispositivo de partida e proteção térmica, individuais para cada ventilador, incluindo proteção contra falta de fase, com ajuste que permita que uma queda de tensão não aceitável faça o relé atuar por sobrecarga;
- h) proteção contra curto-circuito, individual, devendo ser utilizados fusíveis ou disjuntores termomagnéticos;
- i) os circuitos de comando, iluminação, aquecimento e da tomada universal dois pólos + terra devem possuir proteção contra sobrecorrente por intermédio de disjuntores termomagnéticos;
- j) chaves de comando remoto.

Devem ser previstas facilidades para as seguintes sinalizações remotas:

- a) posição das chaves seletoras;
- b) operação da circulação forçada do ar;
- c) subtensão no circuito de alimentação;
- d) atuação dos dispositivos de proteção dos motores.

## **5.11 Dispositivos de Proteção e Supervisão**

Os dispositivos de proteção e supervisão do transformador devem:

- a) ter contatos com capacidade mínima de interrupção de 0,5 A, resistiva, em 125 Vcc, devendo ser eletricamente independentes e ligados, separadamente, aos correspondentes blocos terminais do equipamento;
- b) ter os contatos prateados;
- c) ser identificados, no mínimo, com nome do fabricante, tipo ou número de catálogo e identificação do acessório, gravados de forma legível e indelével;



- d) ter fiação interna com isolamento para 750 V;
- e) possuir terminais elétricos acessíveis e identificados por números, conforme Desenho 5 do Anexo B da ABNT NBR 9368, através de bloco terminal;
- f) ter grau de proteção, mínimo, IP64 de acordo com a ABNT NBR IEC 60259;
- g) ter visor de vidro com espessura mínima de 3 mm, para diâmetros inferiores a 100 mm, e com espessura mínima de 5 mm, para diâmetros iguais ou superiores ao anteriormente informado;
- h) ter as superfícies em contato com o óleo (superfícies internas do relé Buchholz, por exemplo) pintadas com tinta resistente ao óleo, com camada de espessura mínima 40 µm;
- i) quando forem de metais ferrosos, ter parafusos, porcas e arruelas zincados por imersão a quente; alternativamente, parafusos com diâmetro inferior a 12 mm podem ser galvanizados por processo de eletrodeposição, passivados e bicromatizados, apresentando espessura mínima da camada de 30 µm.

As demais superfícies metálicas devem ter proteção anticorrosiva tais como zincagem, metalização, fosfatização, pintura, etc.

#### 5.11.1 Dispositivos de Supervisão

O equipamento deve ser fornecido com, pelo menos, os dispositivos de supervisão a seguir discriminados.

##### 5.11.1.1 Indicador Magnético de Nível de Óleo (INO)

O indicador magnético de nível de óleo deve possuir as seguintes características:

- a) ter mostrador com diâmetro mínimo 130 mm, com as inscrições "MIN" "25°C" e "MAX", correspondentes aos níveis mínimo, normal a 25°C e máximo, respectivamente;
- b) as inscrições devem ser gravadas de forma legível e indelével devendo resistir ao calor, à umidade e às intempéries;
- c) ter carcaça de material não magnético;
- d) ter contatos ajustados para fechamento quando a bóia atingir as posições correspondentes aos níveis mínimo ou máximo;
- e) ter bóia estanque ao óleo isolante.

O indicador magnético de nível de óleo do CDC (INOC) deve ter também as características descritas em 5.11.1.1.

##### 5.11.1.2 Indicador de Temperatura do Óleo (ITO)

O indicador de temperatura do óleo deve possuir as seguintes características:

- a) um ponteiro para indicar a temperatura instantânea do óleo e um ponteiro de arraste para indicar a temperatura máxima atingida num determinado período; deve ter ainda um dispositivo de acesso externo para retorno do ponteiro de arraste;
- b) escala graduada de 0 a 150°C, em intervalos de, no máximo, 5°C, com precisão mínima de  $\pm 3^\circ\text{C}$ , a partir de 20% do fundo da escala;
- c) possuir meios de indicação remota, através de transdutor, tipo borneira externa,

instalado na caixa dos auxiliares, para 150°C, saída de 4 a 20 mA e tensão auxiliar 125 Vcc, e/ou transdutor digital;

- d) mostrador com diâmetro 130 mm;
- e) as inscrições devem ser gravadas de forma legível e indelével, devendo resistir ao calor, à umidade e às intempéries;
- f) meios que possibilitem a aferição e calibração do instrumento, por comparação com um termômetro padrão;
- g) o tubo capilar deve ser protegido contra corrosão, abrasão e choques mecânicos, através de armadura metálica flexível;
- h) dois contatos ajustáveis na faixa entre 55 e 130°C;
- i) a sonda sensora de temperatura deve ser do tipo PT-100, com dimensões compatíveis com a cavidade do Desenho 3 do Anexo B da ABNT NBR 9368.

### 5.11.1.3 Indicador de Temperatura do Enrolamento (ITE)

Deve atender às exigências previstas no item 5.11.1.2, além de:

- a) faixa de ajuste dos contatos entre 55 e 140°C;
- b) possuir contatos para partida de ventilação forçada, quando aplicável;
- c) possuir meios de indicação remota, através de transdutor, tipo borneira externa, instalado na caixa dos auxiliares, para 150°C, saída entre 4 e 20 mA e tensão auxiliar 125 Vcc, e/ou transdutor digital.

O sistema detector de temperatura do enrolamento deve ser composto de uma unidade de ajuste e de um instrumento indicador de temperatura, e:

- a) ser fornecido com transformador de corrente, resistência de aquecimento, resistência ou TC de ajuste, etc.; calibrado para reproduzir a temperatura do ponto mais quente do enrolamento; os valores de calibração inicial devem ser indicados numa placa auxiliar fixada próxima ao instrumento;
- b) ter meios que permitam ajustar a corrente da resistência de aquecimento, de acordo com valores fornecidos pelo fabricante;
- c) ter a resistência ou TC de ajuste preferencialmente instalado à parte do bulbo e próximo ao instrumento indicador;
- d) ter sonda sensora de temperatura do tipo PT-100, e com dimensões compatíveis com a cavidade do Desenho 3 do Anexo B da ABNT NBR 9368;
- e) deverá ainda ser fornecido, em placa de aço inox, esquema de ligação, tabela, fórmula e curva, constantes do catálogo do fabricante, que possibilite o cálculo e ajuste da resistência de calibração da imagem térmica; nela deve constar ainda o maior valor do gradiente de temperatura enrolamento-óleo, medido no ensaio de elevação de temperatura ou calculado e o fator k de multiplicação do gradiente (Grad x k) correspondente ao ponto mais quente do enrolamento bem como o ajuste adotado em fábrica;
- f) ter detectores de temperatura do ponto mais quente e indicadores, conforme descrito a seguir:
  - um para transformadores de dois enrolamentos, destinado a ler a temperatura do enrolamento secundário;
  - três para autotransformadores, para ler as seguintes temperaturas: dos enrolamentos em série, comum e terciário;
- g) os dispositivos devem ser ajustados da seguinte forma:

- g.1) quatro conjuntos de contatos ajustáveis, por indicador de temperatura, não aterrados, para transformadores com dois estágios de refrigeração, como segue:
- um conjunto para partir o primeiro estágio de refrigeração;
  - um conjunto para partir o segundo estágio de refrigeração;
  - um conjunto para acionar alarme aos 95°C;
  - um conjunto para trip aos 105°C.
- g.2) quatro conjuntos de contatos ajustáveis, por indicador de temperatura, não aterrados, para transformadores e autotransformadores com um único estágio de refrigeração, como segue:
- um conjunto para partir o único estágio de refrigeração;
  - um conjunto para acionar alarme aos 95°C;
  - um conjunto para trip aos 105°C;
  - um conjunto ajustável até 140°C.
- g.3) três conjuntos de contatos ajustáveis, por indicador de temperatura, não aterrados, para transformadores sem estágio de refrigeração forçada, como segue:
- um conjunto para acionar alarme aos 95°C;
  - um conjunto para trip aos 105°C;
  - um conjunto ajustável até 140°C.

Os indicadores de temperatura do enrolamento devem possuir meios que permitam a calibração em campo, com o transformador energizado. Para essa finalidade, os condutores do transformador de corrente devem terminar na cabine de controle.

Devem ser possibilitados meios para curto-circuitar o transformador de corrente e abrir a parte restante do circuito de aquecimento, para conexão de uma fonte externa de fornecimento durante a energização do transformador. A chave de curto-circuito deve possuir indicação de posições, se aberta ou fechada. O esquema elétrico deve ser submetido à aprovação da CELG D.

- h) Adicionalmente, transformadores e autotransformadores com tensão e potência iguais ou superiores a 138 kV e 33,3 MVA deverão ser providos de sensores de monitoramento de temperatura com medição direta nos enrolamentos, e respectivos cabos de fibra ótica, transdutores e conversores, conforme segue:
- um sensor instalado no ponto mais quente de cada uma das bobinas de alta tensão (bobina série, em autotransformadores);
  - um sensor instalado no ponto mais quente de cada uma das bobinas de baixa tensão (bobina comum, no caso de autotransformadores);
  - não devem ser instalados sensores nas bobinas do enrolamento terciário de transformadores ou de autotransformadores, com três enrolamentos.

As leituras dos sensores de monitoramento por meio de fibra ótica deverão ser coerentes com as temperaturas medidas durante os ensaios de aquecimento, quando do recebimento em fábrica, levando-se em consideração os cálculos de pontos mais quentes de enrolamentos previstos em projeto.

Deverão constar no manual de instruções do equipamento desenhos da parte ativa, mostrando as bobinas anteriormente citadas, a indicação e as coordenadas do ponto mais quente das mesmas, bem como as coordenadas em que os sensores foram nelas instalados.

Os cabos de fibra ótica, provenientes dos sensores dos pontos mais quentes das bobinas, deverão ser conectados a um transdutor digital, o qual deverá ser instalado no quadro de comando do equipamento.

O transdutor deve ser do tipo digital, de forma a atender o número de sensores acima especificado, ser instalado em painel com grau de proteção IP65 e permitir também leitura local.

i) Especificação de sensor de fibra ótica para temperatura:

- faixa: -30 a 200°C;
- precisão: 1% ou 1°C (o menor entre eles);
- comprovada compatibilidade com o meio isolante do transformador;
- instalação no ponto mais quente do enrolamento, de acordo com o anteriormente especificado.

j) Especificação de transdutores:

- visor: em display com LEDs de quatro linhas;
- portas seriais de comunicação: uma RS232 e uma RS485;
- portas analógicas: duas do tipo 4 a 20 mA;
- alimentação: 125 Vcc (-10 + 20%);
- comunicação: Modbus, DNP3 ou IEC 60870-5;
- temperatura de operação: 0 a 55°C;
- garantia mínima: quatro anos.

Para uma das saídas seriais RS485 deverá ser fornecido e instalado um conversor para fibra ótica, com um conector tipo ST, de modo a permitir a transmissão remota dos sinais ao sistema supervisor. A fonte de alimentação deste conversor será a mesma do transdutor de temperatura.

## 5.11.2 Dispositivos de Proteção

O equipamento deve ser fornecido com, pelo menos, os dispositivos de proteção a seguir especificados.

### 5.11.2.1 Relé Detector de Gás Tipo Bucholz ou Equivalente (RB)

O relé Buchholz deve ter, no mínimo, as seguintes características:

- a) visores graduados em cm<sup>3</sup>, para indicar o volume de gás acumulado;
- b) compartimento para terminais, com tampa e meio que possibilite o seu desarme e rearme manual;
- c) dois contatos independentes acoplados à bóia e ao defletor/bóia, respectivamente; quando os contatos forem de mercúrio, os terminais devem ser marcados com "+" e "-", correspondendo, às polaridades positiva e negativa, para o caso de ligação a circuitos de corrente contínua; o terminal negativo deve corresponder ao lado imerso no mercúrio, com os contatos abertos;
- d) a carcaça metálica e a tampa superior devem ser do mesmo material, e montadas com junta de vedação que impeça a saída dos gases acumulados em seu interior;
- e) uma seta gravada na parte externa da carcaça, indicando o sentido do fluxo de óleo, que produza fechamento dos contatos;

- f) sistema de coleta remota de gases; a tubulação de ligação entre ambos deve ser metálica;
- g) a tubulação entre o relé de gás e o tanque principal deve ter inclinação maior ou igual a 5°, em relação a horizontal.

#### 5.11.2.2 Dispositivos de Alívio de Pressão do Tanque (DAP)

O dispositivo deve possuir dois contatos, um para alarme e outro para desligamento.

Deve ser projetado com um direcionador, de tal forma que, durante a sua operação, o fluxo de óleo seja dirigido em sentido contrário à posição dos acessórios que possam exigir a ação do operador, sem ser derramado sobre o equipamento e, após sua operação, permaneça estanque.

#### 5.11.2.3 Relé de Elevação Súbita de Pressão

Instalado no compartimento do comutador de derivações em carga, com contatos independentes para alarme e desligamento. Para proteção contra sobretemperatura são utilizados os contatos ajustáveis do indicador de temperatura.

#### 5.11.2.4 Indicador de Temperatura Ambiente (ITA)

Deve ser instalado na caixa de acessórios do transformador e composto de:

- uma sonda sensora de temperatura, tipo PT-100;
- vinte metros de cabo 3x1,5 mm<sup>2</sup>, blindado, 0,6/1 kV, para uso ao tempo, com malha de fios de cobre, isolamento em EPR;
- transdutor de temperatura, tipo borneira externa, para 150°C saída entre 4 e 20 mA e tensão auxiliar 125 Vcc; podendo ser aceitos monitores de temperatura;
- abrigo meteorológico de múltiplas placas, de alumínio altamente refletivo, com baixa condutividade térmica, proteção máxima do sensor: 150 mm, diâmetro do sensor: 9 a 16 mm; para montagem chumbado em poste de concreto ou fixado em torre metálica.

#### **Nota:**

*O fornecedor deve apresentar à CELG D todas as informações e facilidades, para a instalação e/ou interligações dos dispositivos ofertados com os fornecidos por terceiros.*

### **5.12 Dispositivos Eletrônicos Inteligentes para Monitoramento do Transformador**

Os transformadores com potência e tensões iguais ou maiores do que 20 MVA e 69 kV deverão ser providos de Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs) e Sensores para monitoramento das seguintes funções:

- a) sensor de monitoramento de umidade no óleo isolante do tanque principal do transformador, com recurso para envio de informações do sensor, via UTR, para o SSC do Centro de Operações do Sistema da CELG D;
- b) sensor de monitoramento de buchas capacitivas (69 kV e 138 kV) por meio de tangente delta e capacitância das mesmas, com recurso para envio de informações do sensor, via UTR, para o SSC do Centro de Operações do Sistema da CELG D;

- c) sensor de estado/ruptura de bolsas ou membrana do conservador principal de óleo, com recurso para envio de informações do sensor, via UTR, para o SSC do Centro de Operações do Sistema da CELG D;
- d) dispositivo assistente de manutenção e monitoramento do comutador de taps em carga a ser acrescido em relé regulador de tensão, com recurso para envio de informações do sensor, via UTR, para o SSC do Centro de Operações do Sistema da CELG D com as seguintes informações:
  - número total de operações do comutador desde o início da operação;
  - número de operações do comutador desde a última manutenção;
  - média de operações diárias do comutador;
  - somatório da corrente comutada ao quadrado desde a última manutenção;
  - média de incremento diário do somatório de corrente comutada ao quadrado;
  - número de dias restantes para manutenção do comutador por número de operações;
  - número de dias restantes para manutenção por somatório da corrente comutada.

### 5.13 Características Comuns dos Dispositivos Eletrônicos Inteligentes e Sensores

- a) Temperatura de operação de classe industrial, máxima 85°C, para garantir a vida útil do IED.
- b) Devido às características climáticas das instalações da CELG D, os displays locais dos IEDs deverão ser do tipo temperatura estendida, permanecendo legíveis até 85°C.
- c) Tensão de alimentação universal de 38 a 265 Vcc ou Vca.
- d) Memória não-volátil para armazenamento local de medições e eventos.
- e) Relógio interno mantido em operação por no mínimo 48 horas na falta de alimentação sem o uso de baterias, para que os equipamentos sejam livres de manutenção.
- f) Autodiagnóstico para sinalizar falhas internas ou de sensores e fiação e falta de alimentação.
- g) Porta de comunicação serial RS485 utilizando fibra ótica.
- h) Protocolos de comunicação DNP 3.0 ou IEC 60870-5-103 ou IEC 61850 previamente testados e homologados. Deverá ser apresentada documentação de comprovação de aprovação emitida pelo órgão oficial responsável pelo teste e homologação.
- i) Todos os IEDs e sensores devem ser aderentes ao SSC já existente na CELG D, nos aspectos de protocolos de comunicação, mapas de registradores, Device Profile e funcionalidades. Por este motivo, os equipamentos ofertados estarão sujeitos à aprovação da CELG D para garantir a compatibilidade.
- j) Ter os relatórios de ensaios de tipo realizados em laboratórios oficiais reconhecidos.

#### **Notas:**

- 1) *O fornecedor deve apresentar à CELG D todas as informações referentes a aderência ao sistema de monitoramento nos aspectos destacados na letra i) para aprovação.*
- 2) *O fornecedor deverá apresentar todos os relatórios dos ensaios de tipo, comprovando aprovação dos mesmos.*

## 5.14 Características Específicas dos Dispositivos Eletrônicos Inteligentes e Sensores

### 5.14.1 IED para Monitoramento de Umidade no Óleo do Transformador

Este IED tem por objetivo preservar a vida útil do transformador, ao detectar e monitorar a contaminação do óleo por umidade, evitando a aceleração do envelhecimento. Será composto do IED e de um sensor remoto, com as características mínimas a seguir:

- a) entrada para conexão de sensor de temperatura ambiente tipo PT100 a 0°C;
- b) indicações locais e remotas de todas as grandezas dos sensores;
- c) ajustes locais e remotos de todos os alarmes e parâmetros de operação;
- d) cálculo da saturação relativa de água no óleo convertida para uma temperatura de referência programada pelo usuário;
- e) cálculo da saturação relativa de água no óleo convertida para a temperatura ambiente;
- f) cálculo do teor de água dissolvida no óleo em ppm;
- g) cálculo da tendência de evolução do teor de água no óleo, em ppm/dia;
- h) no mínimo 5 relés de alarme programáveis e um relé de autodiagnóstico;
- i) uma saída em loop de corrente mA programável.

### 5.14.2 Sensor do IED para Monitoramento de Umidade no Óleo do Transformador

A ser instalado remotamente em contato com o óleo com as características a seguir:

- a) medição de saturação relativa de água no óleo de 0-100% e temperatura do óleo associada;
- b) deverá suportar sem danos vácuo pleno e pressão positiva de 0,1 MPa na conexão ao óleo;
- c) conexão ao tanque do transformador com rosca de no máximo 1/2", permitindo instalação em válvula de pequeno diâmetro e em local com boa circulação de óleo. Deve possuir baixo peso e dimensões compactas, compatíveis com a válvula de 1/2" na qual será fixado;
- d) tomada e plug multipolares no corpo do sensor para facilitar as conexões elétricas ao IED.

### 5.14.3 Sensor de Supervisão de Membrana/Bolsa de Borracha

Estes sensores deverão ter as seguintes características:

- a) conjunto composto de no máximo dois componentes, sendo um sensor que deve ser montado sobre a membrana ou dentro da bolsa de borracha (lado do ar) e uma unidade de controle (relé) que deve ser montada no painel do transformador em trilho tipo DIN;
- b) relé sem componentes mecânicos para ajustes ou calibração;
- c) alarmes com contato NA ou NF, reversível pelo usuário através de jumper;
- d) indicação visual para as condições da bolsa/membrana e condições de funcionamento do dispositivo;
- e) tensão de alimentação 85 a 265 Vcc/Vca - 50/60Hz;
- f) temperatura de operação da unidade de controle -10 a +70°C;
- g) temperatura de operação do sensor -40 a + 100°C;

- h) relé projetado especificamente para uso no ambiente de subestações de alta tensão, com relatórios de ensaios atestando o atendimento às seguintes normas:
  - tensão de impulso 5 kV, 1,2/50 $\mu$ s, conforme IEC-255-5;
  - tensão de surto 2,5 kV, 1MHz, conforme IEC-255-6;
  - rigidez dielétrica 2 kV, 1 minuto, conforme IEC-255-5.
- i) caixa de passagem para montagem do sensor.

#### 5.14.4 IED para Monitoração de Buchas

Este dispositivo tem a finalidade de monitorar e diagnosticar a isolação das buchas e deverá ser acompanhado de módulos de medição e adaptadores de tap do IED devendo atender as seguintes características mínimas:

- a) estar preparado para conexão de no mínimo 3 (três) módulos de medição do IED, os quais podem ser empregados igualmente para a monitoração de buchas condensivas e transformadores de corrente (TC) de pedestal, permitindo a integração da monitoração desses equipamentos com a monitoração do transformador de potência;
- b) possuir indicações das tensões trifásicas fase-terra e fase-fase, calculadas com base nas correntes de fuga medidas e capacitâncias das buchas;
- c) possuir ajustes de valores iniciais de capacitância e tangente delta independentes para as buchas das fases A, B e C e Reserva, para aplicação de transformadores trifásicos com fase reserva;
- d) possuir ajustes de valores de alarme de capacitância e tangente delta independentes para as buchas das fases A, B e C e Reserva, para aplicação de transformadores trifásicos com fase reserva;
- e) possuir ajuste automático de alarmes de capacitância e tangente delta para todas as buchas simultaneamente, para facilidade de comissionamento;
- f) efetuar cálculo das tendências de evolução de capacitância (PF/dia) e tangente delta (%/dia), com extrapolação dos tempos restantes para alcançar níveis de alarme, em dias;
- g) possuir alarmes por tendências de evolução de capacitância e tangente delta elevadas se o número de dias restantes para alarme for menor que o limite programado;
- h) possuir alarmes por correntes de fuga das buchas altas ou muito altas, com temporização ajustável;
- i) efetuar checagem de consistência dos alarmes de corrente de fuga alta e muito alta pela comparação das medições de correntes de fuga com a medição de soma vetorial das correntes, de forma a bloquear alarmes indevidos. Indicação de alerta de autodiagnóstico em caso de inconsistência;
- j) possuir ajuste automático dos valores de alarme para correntes de fuga altas ou muito altas, com base nas medições de correntes durante o período de aprendizado dos cálculos de capacitância e tangente delta e na margem de segurança programada pelo usuário em percentual;
- k) possuir no mínimo sete relés de alarme programáveis;
- l) possuir no mínimo duas saídas em loop de corrente mA programáveis.

Este dispositivo deve possuir alarme por elevação súbita de corrente de fuga.

Os módulos de medição do IED deverão atender as seguintes características mínimas:



- a) cada módulo de medição deve receber os sinais de corrente de fuga das três buchas de um sistema trifásico;
- b) cálculo das variações de capacitância da isolação principal (C1) das buchas com erro máximo de  $\pm 0,5\%$  da medição;
- c) cálculo das variações de tangente delta da isolação principal das buchas com erro máximo de  $\pm 0,05\%$  em valor absoluto;
- d) bornes de ligação para conexão das correntes de fuga das buchas adequados para terminais do tipo olhal;
- e) deverá estar conectado aos adaptadores de tap, os quais estarão conectados aos taps das buchas durante a aplicação dos testes de impulso atmosférico nas buchas, sem ocorrência de danos;
- f) preparado para a monitoração de capacitância e tangente delta da isolação de transformadores de corrente (TC) de pedestal nos quais o aterramento da blindagem capacitiva esteja acessível, com comprovação de aplicações bem-sucedidas em níveis de tensão de até 500 kV;
- g) um relé de indicação de autodiagnóstico;
- h) uma porta RS485 para interligação ao IED.

Os adaptadores de tap dos IEDs deverão atender as seguintes características mínimas:

- a) conexão elétrica e mecânica ao tap de teste ou de tensão das buchas capacitivas;
- b) deverão prover estanqueidade ao tap, com grau de proteção IP65;
- c) proteção incorporada contra a abertura acidental do circuito do tap. A proteção deve ser redundante, cumprindo sua função mesmo em caso de falha de uma delas;
- d) deverão suportar sem danos a aplicação dos testes de impulso atmosférico nas buchas, conectados aos seus taps;
- e) deverão possuir tomada e plug no corpo do adaptador, para facilidade de instalação;
- f) temperatura de operação de classe militar, de  $-55$  a  $+125^{\circ}\text{C}$ , para suportar as altas temperaturas que podem ocorrer na tampa do transformador.

#### 5.14.5 Relé Regulador de Tensão

Este dispositivo tem a finalidade de efetuar o controle e a monitoração do comutador sob carga, e deverá possuir as seguintes características mínimas:

- a) entradas para medições de posição de tap, tensão de linha e corrente de carga;
- b) função multimedidor com indicações de potências ativa, reativa e aparente, frequência, fator de potência e outras;
- c) indicação local de tap e controle automático/manual do comutador pelo painel frontal;
- d) assistente de manutenção do comutador, com cálculos e indicações de:
  - número total de operações do comutador desde o início da operação;
  - número de operações do comutador desde a última manutenção;
  - média de operações diárias do comutador;
  - somatória total da corrente comutada ao quadrado desde o início da operação;
  - somatória da corrente comutada ao quadrado desde a última manutenção;
  - média de incremento diário da somatória de corrente comutada ao quadrado;
  - número de dias restantes para manutenção do comutador por número de operações;

- número de dias restantes para manutenção por somatória da corrente comutada.

- e) programação de número de dias de antecedência para avisos de manutenção por número de operações ou por somatória da corrente comutada;
- f) função de regulação automática de tensão (relé 90), com 6 conjuntos de parâmetros de regulação programáveis individualmente;
- g) programação de faixa horária e dia da semana para seleção automática dos 6 conjuntos de parâmetros de regulação;
- h) proteções para o comutador e para a carga por sobrecorrente, subtensão e sobretensão;
- i) no mínimo 5 relés programáveis para indicações de avisos de manutenção e alarmes. Dois relés para comando subir/baixar tensão;
- j) uma saída em loop de corrente mA programável.

#### 5.14.6 Monitor de Temperatura de Óleo e Enrolamentos

Este dispositivo tem a finalidade de efetuar o monitoramento das temperaturas do transformador, para sua proteção térmica (funções 26 e 49) e para controle do resfriamento forçado, evitando envelhecimento acelerado do equipamento. Deverá ainda monitorar a temperatura do comutador sob carga, e possuir as seguintes características mínimas:

- a) duas entradas auto-calibradas para sensores PT100, 1 para óleo do transformador e 1 para óleo do OLTC;
- b) preparado para futura medição redundante do topo do óleo, com 2 sensores PT100;
- c) uma entrada de medição de corrente de carga com TC externo clip-on, faixa universal 0-10A;
- d) cálculo de temperatura do ponto mais quente do enrolamento (hot-spot);
- e) controle de resfriamento forçado expansível até 4 grupos, com alternância por tempo;
- f) acionamento automático da ventilação por percentual de carga, com histerese ajustável;
- g) função de exercício periódico automático dos ventiladores;
- h) acionamento temporizado dos grupos de ventilação em caso de falta de alimentação;
- i) relés de trip por temperatura do óleo e enrolamento com dupla segurança no acionamento, controle simultâneo por 2 microcontroladores e acionamento por sinal alternado;
- j) monitoração do diferencial de temperatura instantâneo do comutador sob carga;
- k) monitoração do diferencial de temperatura filtrado do OLTC, com filtro ajustável;
- l) ajuste automático de alarmes por diferencial instantâneo e filtrado, com tempo programável;
- m) oito relés para alarmes e trips por temperaturas do óleo e enrolamento, controle de resfriamento, alarme do comutador e autodiagnóstico;
- n) duas saídas em loop de corrente mA programáveis, para temperatura do óleo e enrolamento.

#### 5.14.7 Rede de Comunicação dos IEDs

Será desenvolvida no caso de subestações novas e deverá possuir as seguintes

características:

- a) ser fornecidos conversores para comunicação entre os sensores ou IEDs e as UTRs do SSC da CELG D;
- b) a interligação entre os IEDs no transformador e a UTR deverá ser realizada por uma rede de comunicação RS485 utilizando fibra ótica;
- c) a interligação dos IEDs do transformador até a sala de controle deverá ser realizada através de fibra ótica;
- d) a rede RS485 e a fibra ótica deverão ser compatibilizadas através de conversor adequado;
- e) a alimentação de todos os conversores e demais equipamentos da rede de comunicação deverá ser realizada obrigatoriamente em tensão de 125 Vdc proveniente do sistema de baterias da subestação que garante a confiabilidade da conexão.

## **5.15 Comutador de Derivações**

### **5.15.1 Comutador de Derivações sem Tensão (AC)**

- a) O comutador de derivações sem tensão deve ter alavanca de operação localizada ao lado do tanque, acessível do solo, fixado a uma altura mínima de 700 mm e máxima de 1700 mm, do plano de apoio do transformador.  
A alavanca deve ser provida de meios que permitam seu trancamento com cadeado, em qualquer posição selecionada, devendo indicar a posição da derivação, sendo o diâmetro do furo para travamento com cadeado, no mínimo, igual a 9,5 mm.
- b) Deve ser fornecido um dispositivo provido de contato auxiliar para desligamento dos disjuntores associados ao equipamento, quando do acionamento indevido da alavanca do comutador.
- c) O mecanismo do comutador de derivação deve ser, tal que, impossibilite deixar aberto ou curto-circuitado qualquer enrolamento ou parte de um enrolamento quando o mecanismo estiver numa posição fechada.  
Devem ser providas paradas mecânicas, nos finais das faixas de acionamento do comutador de derivação, para prevenir sobreposição das posições finais do tap, a menos que o comutador seja do tipo acionamento contínuo;
- d) A comutação de taps deve ser simultânea nas três fases.
- e) Os comutadores de derivação, incluindo as conexões e diagramas dos cabos, devem ser projetados e montados de maneira a suportar as condições causadas por tensões transitórias.
- f) O indicador de posição, deve ser visível mesmo quando o mecanismo estiver completamente travado. O acesso ao indicador não deve requerer que o operador fique próximo dos terminais energizados.
- g) As posições do comutador de derivação devem ser sinalizadas por números em conformidade com a tensão indicada na placa diagramática. Estas posições devem ser marcadas em baixo relevo, com pontos indeléveis e à prova de óleo quente, sendo que o número 1 deve corresponder à maior tensão.

### **5.15.2 Comutador de Derivações em Carga (CDC)**

#### **5.15.2.1 Generalidades**

- a) O comutador deve ser projetado de acordo com a ABNT NBR 8667, e deve suportar os esforços impostos por curtos-circuitos externos, sob as condições

mais desfavoráveis. Além disso, o mecanismo deve ser projetado para completar com sucesso, durante um curto-circuito máximo a que estiver sujeito, uma mudança de derivação que já tenha sido iniciada.

As faixas de derivação devem obedecer aos critérios estabelecidos no item 5.2.

A manivela do acionamento do comutador de derivações em carga deve estar a uma altura máxima de 1500 mm do plano de apoio do transformador. O comutador deve ser operado por sinal de curta duração, e esta operação deve ser completa, seja o sinal mantido ou não. A operação não deve comandar uma segunda operação (controle passo-passo). Por ocasião de uma interrupção no suprimento de força, após uma operação iniciada, o mecanismo não deve permanecer em posição intermediária entre duas derivações adjacentes.

Deve haver somente um sinal para se passar de uma derivação para a próxima.

O comutador não deve operar devido a oscilações de tensão.

- b) O número de posições mecânicas correspondentes à posição elétrica nominal deve ser devidamente indicado no diagrama esquemático do CDC a ser submetido à CELG D. Nele também devem estar indicadas as posições de passagem, se existir alguma.
- c) O CDC deve ser projetado de maneira que os contatos não interrompam o arco dentro do tanque principal do transformador.
- d) Devem ser fornecidos um seletor de derivações imerso em óleo e um interruptor de arco, ou seletor supressor de arco, providos de impedância própria para redução das tensões de estabelecimento e abertura de arco, sobrecarga e curto-circuito.
- e) O seletor de derivações e o interruptor de arco ou chave seletora de derivações supressora de arco devem ser localizados em um ou mais compartimentos, imersos em óleo e separados do tanque principal.
- f) O compartimento deve ser fornecido com meios para liberar o gás produzido pelo arco e ser projetado de tal forma a prevenir a mistura do óleo do compartimento do interruptor de arco com o óleo do tanque principal.
- g) O acesso ao compartimento do interruptor de arco deve ser possível através de uma tampa removível, sem a abertura do tanque principal ou redução de sua quantidade de óleo. Uma válvula de drenagem, com um plugue na extremidade aberta deve ser colocada no fundo de cada compartimento com óleo, para proporcionar a completa drenagem do mesmo. A válvula de drenagem deve possuir, preferencialmente embutido em sua extremidade, um dispositivo para retirada de amostra. Um plugue para o enchimento com óleo e um indicador de nível devem ser fornecidos, separadamente, para cada compartimento imerso em óleo.
- h) Transformadores com tensão nominal 69 kV e potência nominal igual a 20 MVA deverão ser equipados com comutador à vácuo.
- i) O fabricante deve garantir que o comutador à vácuo suporte, no mínimo, trezentas mil operações sem necessidade de manutenção.

#### 5.15.2.2 Componentes do Comutador de Derivações em Carga

- a) Acionamento Motorizado do Comutador de Derivações em Carga

O acionamento do CDC deve possuir os requisitos básicos abaixo indicados:

- chave seletora para comando local ou remoto, no próprio transformador;
- dispositivo para comando "elevar" ou "diminuir" a tensão no mecanismo de acionamento motorizado;

- contadores para reverter o sentido de rotação do motor;
- dispositivo para comando passo a passo;
- proteção termomagnética para o motor;
- circuito de aquecimento e iluminação;
- dispositivo para indicação remota de posições, tipo digital, com alimentação proveniente de um transdutor, instalado no transformador;
- dispositivo para controle do paralelismo, par-ímpar;
- grau de proteção mínimo do alojamento IP54, conforme ABNT NBR IEC 60259;
- fundo removível para entrada de cabos, confeccionado de alumínio ou aço inoxidável;
- meios para utilização de cadeado na porta;
- contatos para sinalização remota de motor em marcha, disjuntor desarmado;
- meios que prevejam bloqueio ou sinalização de sequência incorreta das fases da alimentação do comutador;
- dispositivo mecânico, que atue no caso de falha das chaves elétricas de fim de curso, e que não cause deformações em qualquer peça de acionamento (exceto partes propositalmente enfraquecidas e de fácil reposição);
- um motor de indução trifásico, de 380 V, 60 Hz, para ligação em fonte externa;
- uma manivela manual destacável ou um volante para operação manual do mecanismo, para fins de manutenção, com espaço apropriado para a sua armazenagem, apoio e proteção; ela deve possuir um intertravamento elétrico com os circuitos de força e de controle do motor principal para impedir a operação do mesmo quando a manivela ou volante estiverem inseridos, e para prevenir o arrastamento da manivela ou do volante por qualquer eixo de tração;
- contatos elétricos de fim de curso, mecanicamente operados, para prevenir um deslocamento do mecanismo além das posições de elevação máxima e mínima; indicador mecânico de posição local, localizado de forma a facilitar a leitura por um operador que faz operação manual, pela manivela ou pelo acionamento manual/local do motor; devendo possuir dois ponteiros ajustáveis para indicar as posições mínima e máxima;
- um contador de operações.

#### b) Comando Automático do Comutador de Derivações em Carga

O relé regulador de tensão para comando automático deve ser instalado num alojamento fixado no tanque do transformador. Deve possuir os seguintes requisitos básicos:

- compensador de queda de tensão na linha;
- bloqueio por subtensão ajustável entre 70 e 90% de tensão de referência;
- temporização da resposta do relé: linear e inversa, com faixa mínima ajustável entre 15 e 120 s;
- insensibilidade: faixa mínima ajustável entre  $\pm 0,6\%$  e  $\pm 3\%$  da tensão de referência;
- tensão de referência: ajustável externamente pelo menos entre 60 e 120 V;
- classe de precisão mínima 1%;
- o TC para alimentação do compensador de queda de tensão na linha deve estar ligado na fase "1";
- terminais acessíveis para medição da tensão secundária regulada.

### c) Comando Individual Local/Remoto do Comutador de Derivações em Carga

O comando individual Local/Remoto, manual ou automático, deve possuir os seguintes requisitos básicos:

- relé regulador de tensão, conforme item 5.15.2.2.b;
- chave de emergência para parada, no painel remoto;
- chave seletora MANUAL-AUTOMÁTICO-REMOTO;
- dispositivo para comando manual ELEVAR-DIMINUIR;
- sinalização:
  - comutador em marcha;
  - disjuntor do motor do acionamento desarmado;
  - posição da chave seletora manual-automático, remoto;
- dispositivos para comando, no painel remoto;
- possuir meios de indicação remota, através de transdutor tipo borneira externa, instalado na caixa de auxiliares, entrada para termoresistor 3 fios, 200 a 320  $\Omega$  conforme item 6.2, saída 4 a 20 mA e tensão auxiliar 125 Vcc, e/ou transdutor digital;
- indicador digital de posições do comutador compatível com comando no painel remoto.

### d) Comando de Paralelismo do Comutador de Derivações em Carga

Deve ser previsto para todos os transformadores com CDC, indicados na Tabela 2, o sincronismo com outros transformadores com CDC, no caso de operação em paralelo entre unidades de um mesmo fornecimento, de fornecimentos anteriores ou futuros, exceção feita aos transformadores 69/13,8 kV e 138/13,8 kV.

A CELG D fornecerá ao fabricante todos os dados disponíveis, das unidades existentes, que devem ser considerados para a operação em paralelo.

Devem ser incluídos no fornecimento todos os componentes necessários ao perfeito funcionamento do sistema de paralelismo, incluindo os transformadores para instrumentos auxiliares (quando aplicável), o relé regulador de tensão e caixa de paralelismo. O esquema elétrico deve ser o indicado na ABNT NBR 9368.

O fornecimento dessa caixa deve ser completo, com todos os dispositivos necessários à operação em paralelo de unidades trifásicas ou de um banco constituído de unidades monofásicas, sendo que, neste último caso, devem ser providos os meios recomendáveis para possibilitar o paralelismo de unidades monofásicas, através da interligação das caixas individuais de paralelismo desses bancos, além de ser, o relé regulador de tensão, instalado no quadro de proteção do equipamento, localizado remotamente e em ambiente não climatizado.

O comando do paralelismo deve estar no alojamento do transformador e possuir os seguintes requisitos básicos:

- utilizar o método Mestre-Comandado;
- relé regulador de tensão, conforme item 5.15.2.2.b;
- chave seletora: MANUAL-AUTOMÁTICO-REMOTO;
- chave seletora: MESTRE-COMANDADO-INDIVIDUAL;

- dispositivo para comando manual: ELEVAR-DIMINUIR;
- chave de emergência para parada, no painel remoto;
- bloqueio por falta de sincronismo;
- sinalizações:
  - falta de sincronismo (temporizado);
  - comutador em marcha;
  - disjuntor do motor do acionamento desarmado;
  - posições das chaves seletoras: Mestre Comandado-Individual e Manual-Automático-Remoto;
- dispositivos de comando, no painel remoto;
- indicadores de posições: um para cada transformador;
- interligações de sincronismo de modo a garantir o início de cada operação de comando;
- um conjunto completo de relés auxiliares, afixado em cada um dos transformadores, para o comando elevar/diminuir, proteção por falta de sincronismo e demais funções comuns ao paralelismo, de maneira a formar sistema modular e intercambiável;
- o fabricante deve fornecer alojamento provido de circuitos de aquecimento, tomada universal dois pólos + terra e iluminação, sendo esta última acionada pela abertura da porta; também deve estar disponível, num porta-documento, uma via do diagrama de controle do paralelismo do CDC, devidamente encapsulado em plástico.

Os dispositivos e facilidades operacionais requeridos no item 5.15.2.2 alíneas c e d, deverão ser supridos por meio de um dispositivo tipo SPS (Supervisor de Paralelismo Síncrono), digital, microprocessado, que incorpore essas funções e permita a aquisição desses dados remotamente, por meio de porta de comunicação serial RS485, dispondo ainda de saídas digitais programáveis (com um mínimo de três contatos secos configuráveis) para sinalização remota ou outra aplicação.

A seu critério, a CELG D pode solicitar ao fornecedor treinamento específico de operação e manutenção para os seus funcionários.

## **5.16 Placas de Identificação, Diagramática e de Cadastro do Equipamento**

### **5.16.1 Placa de Identificação**

Os transformadores devem ser providos de uma placa de identificação de aço inoxidável, à prova de tempo, em português, em posição visível, sempre que possível do lado de baixa tensão. A placa de identificação deve conter, indelevelmente marcadas, no mínimo, as seguintes informações:

- a palavra "Transformador" ou "Autotransformador" ou "Transformador Regulador" ou "Autotransformador Regulador";
- nome do fabricante e local de fabricação;
- número de série de fabricação;
- ano de fabricação;
- designação e data da norma brasileira;
- tipo (segundo a classificação do fabricante);
- número de fases;
- relação de tensões;

- potência ou potências nominais, em kVA e o respectivo método de refrigeração;
- frequência nominal;
- limite de elevação de temperatura dos enrolamentos;
- níveis de isolamento (enrolamentos e buchas);
- diagrama de ligações, contendo todas as tensões nominais, derivações e as respectivas correntes para cada número de tap e a localização dos TCs de bucha, com indicação das respectivas polaridades;
- polaridade (para transformadores monofásicos) ou diagrama fasorial (para transformadores polifásicos);
- impedância de curto-circuito, em percentagem;
- tipo de óleo e volume necessário, em litros (tanques, radiadores e total);
- tipo do material isolante, indicando também o peso do papel isolante e o peso total da isolação sólida;
- correntes de curto-circuito máximas admissíveis, simétrica e assimétrica e duração máxima admissível, em segundos;
- número do manual de instruções;
- número do desenho correspondente;
- altura necessária para levantamento da parte ativa e para remoção das buchas;
- massa aproximada, em quilogramas (parte ativa, tanque, acessórios, do óleo e total);
- indicação das características dos TCs de bucha em forma de tabela (identificação, relações, classe de exatidão, fator térmico, ligações de terminais secundários e a aplicação);
- desenhos da disposição das buchas;
- número do Contrato de Fornecimento de Material (CFM);
- resistência mecânica ao vácuo (tanque, radiadores, conservadores de óleo, comutador de derivações em carga, relé Bucholz, relé ou dispositivo de sobrepressão e buchas);
- valores limites suportáveis de impacto nas três direções (lateral, longitudinal e vertical);
- o valor da relação X/R ou separadamente os valores medidos em ensaio da reatância e resistência do transformador.

A placa de identificação deve ser submetida à aprovação da CELG D.

A concessionária reserva-se o direito de solicitar a inclusão de informações complementares nas placas de identificação, nas quais não são admitidas rasuras ou correções.

**Notas:**

- 1) *A impedância de curto-circuito deve ser indicada para a derivação principal, referida à temperatura de 75°C. Para os transformadores providos de comutador de derivações em carga, devem também ser indicados os valores de impedância de curto-circuito nas derivações externas. Devem ser indicadas, para cada impedância de curto-circuito, as respectivas tensões nominais ou de derivação, a potência de referência (ONAN) a frequência e a temperatura de referência.*
- 2) *O diagrama de ligações deve ser constituído de um esquema dos enrolamentos, mostrando as ligações permanentes, bem como todas as derivações e terminais, com os números ou letras indicativas (ver ABNT NBR 5356-1) indicando também a identificação dos TCs de bucha.*



*Deve conter, ainda, uma tabela mostrando, separadamente, as ligações dos diversos enrolamentos, com a disposição e identificação de todas as buchas, bem como as ligações no painel ou a posição do comutador para a tensão nominal e as tensões de derivação.*

- 3) *A polaridade, para transformadores monofásicos deve ser indicada conforme ABNT NBR 5356.*
- 4) *Os níveis de isolamento dos enrolamentos e do terminal de neutro devem ser indicados conforme modelo apresentado na ABNT NBR 5356.*

#### 5.16.2 Placa Diagramática de Equipamentos Auxiliares e Resfriamento Forçado

Deve ser confeccionada em aço inoxidável com simbologia e esquema conforme desenhos do Anexo B da ABNT NBR 9368, devendo ser montada na parte interna da central de manobra.

#### 5.16.3 Placa de Identificação de Cadastro de Equipamento

- a) O fabricante será responsável pela confecção e fixação da placa de identificação de cadastro, conforme Desenho 10.
- b) O desenho da placa deverá ser apresentado para aprovação, juntamente com os demais desenhos do equipamento.
- c) Por ocasião da aprovação dos desenhos será fornecido ao fabricante o número do cadastro CELG D, o qual deverá constar na placa de identificação de cadastro do equipamento.
- d) O fabricante deverá enviar documento à CELG D confirmando e associando o número de série de fabricação ao de cadastro do equipamento.
- e) Deverá ser fixada na cabine de comando, próximo à placa de identificação principal do transformador, na mesma lateral.
- f) Deverá estar fixada ao equipamento quando este for apresentado para realização dos ensaios de recebimento em fábrica.

#### 5.16.4 Outras Identificações

- a) O número de série deve ser estampado próximo e acima do registro de drenagem do tanque.
- b) O conjunto núcleo/enrolamento do equipamento deve ser equipado com uma plaqueta de identificação acessível, com número de série da unidade e qualquer outra informação que possa ser usada como referência cruzada para identificar essas partes.
- c) Os centros de gravidade (CG) do equipamento completamente montado, com e sem óleo, devem ser gravados em dois lados adjacentes do tanque e devem ser identificados com as inscrições CG com óleo e CG sem óleo.
- d) Uma placa indicativa deve ser fornecida para mostrar as diversas posições para levantamento do conjunto núcleo/enrolamento e equipamento completo.
- e) As buchas devem ser providas de placa de identificação.

### 5.17 Caixas de Controle

O equipamento deve ser fornecido com:

- a) uma caixa de comando e controle do transformador para instalação de todos os componentes auxiliares do equipamento e ventilação forçada;

- b) uma caixa de controle do comutador de derivações em carga e paralelismo; as ligações externas ao equipamento relativas ao comutador devem ser efetuadas a partir da caixa de controle dos auxiliares;
- c) painel de centralização de banco de transformadores monofásicos, para instalação abrigada em sala sem climatização, onde será feita a composição das unidades monofásicas para formação do banco trifásico, contendo: blocos terminais, dispositivos de alarme e proteção, relés auxiliares, relé regulador de tensão do banco, chaves de transferência de paralelismo, indicadores de posição dos comutadores, comando dos ventiladores e outros acessórios.

A caixa de controle deve ter grau de proteção mínimo IP54, conforme ABNT NBR IEC 60259, tamanho adequado, projetada para proteger os equipamentos montados internamente, mesmo com as portas abertas para manutenção em condições adversas de tempo. Deve ser fabricada em chapas laminadas, espessura não inferior a 3 mm, com treliças e armação, de forma a manter a cabine rígida. Deve ser montada em local apropriado e de fácil acesso, a uma altura adequada, que permita operação e manutenção ao nível do solo, sendo que o fundo deve estar a, no mínimo, 300 mm do plano de apoio do transformador, sem as rodas.

As portas devem possuir sistema de dobradiças embutidas, instaladas de maneira tal que impossibilite remoção pela parte externa, ser equipada com três pontos de engate e maçaneta tipo alavanca, com chave. Todas as fechaduras devem ser do tipo Yale, com duas chaves reserva.

Para transformadores com potência superiores a 10 MVA a caixa deve ser instalada sobre anti-vibradores.

Para a conexão dos eletrodutos de ligações externas deve ser previsto, na parte inferior da caixa, chapa cega, removível, em duralumínio.

#### 5.17.1 Equipamentos das Cabines

Deve ser previsto um número adequado de terminais para toda a fiação interna do transformador, tais como cabos de controle e medição.

Todos os terminais para conexão externa, incluindo terminais sobressalentes, devem ser do tipo borne de aperto e sujeitos à aprovação da CELG D, exceto os blocos terminais destinados a efetuar as ligações dos transformadores de corrente que devem possuir dispositivos para curto-circuitá-los, de modo a permitir a mudança das relações de transformação sem que haja a necessidade de desenergização do transformador. Todas as relações disponíveis, de todos os transformadores de corrente, devem ser ligadas com blocos terminais localizados na caixa de comando e controle do transformador.

O terminal deverá ter, no máximo, dois condutores. Os blocos devem ter capacidade de condução de corrente mínima de 15 A e isolamento para 750 V.

Os blocos terminais ligados a cabos externos devem ser adequados para ligação de cabos com seção até 6 mm<sup>2</sup>.

Deve ser prevista uma reserva de 10% do total de blocos terminais.

Todos os motores dos ventiladores devem ser fornecidos com os respectivos equipamentos para controle e proteção, devendo os mesmos estar localizados na cabine de controle.

As cabines de controle devem incluir instalação para iluminação interna por intermédio de lâmpadas tensão nominal 220 V, com interruptor.

Deve ser instalada no interior da cabine, uma tomada universal dois pólos + terra, tensão nominal 220 V.

Devem dispor de resistência de aquecimento de potência adequada e tensão nominal igual a 230 V, para operação em 220 V, com termostato ajustável na faixa entre 0 e 40°C, chave de controle manual e fusíveis, dispostos de forma a não criar riscos para os equipamentos adjacentes devido ao calor produzido. Devem dispor ainda de alarme de queima da resistência de aquecimento e tomada externa, fixada na base inferior do painel, para alimentação das resistências durante a armazenagem do equipamento.

As cabines devem possuir aberturas de ventilação com tela contra entrada de insetos, tal que, com a operação dos aquecedores não haja condensação no interior da mesma.

#### 5.17.2 Fiação de Baixa Tensão

A fiação de baixa tensão deve ser na cor preta, com cabos de cobre flexíveis, seção nominal mínima 2,5 mm<sup>2</sup> para os circuitos dos TCs e 1,5 mm<sup>2</sup> para os demais, exceto o dos ventiladores, cuja seção deve ser dimensionada de acordo com a respectiva potência.

Deve possuir isolamento de PVC, tensão 0,6/1 kV, do tipo não propagante de chama, temperatura de regime 70°C, conforme ABNT NBR 7289, EPR ou XLPE, 90°C, de acordo com a ABNT NBR 7290, dependendo do local de aplicação e, quando em contato com o óleo isolante deve resistir aos efeitos deste.

A fiação deve ser contínua, sem emendas ou junções, e ser perfeitamente identificada, em ambas as extremidades, por meio de anilhas plásticas, com o mesmo código alfanumérico utilizado no projeto aprovado.

### 5.18 Acabamento do Tanque, Radiadores e Demais Partes Metálicas

#### 5.18.1 Generalidades

Todas as peças em aço carbono dos equipamentos devem ser fornecidas pintadas ou zincadas por imersão a quente.

Os procedimentos aplicáveis às superfícies de aço carbono, incluindo as da cabine de controle, são os abaixo definidos.

Deve ser escolhido um sistema de revestimento protetor, anticorrosivo, entre aqueles definidos nas normas ABNT NBR 7832 ou ABNT NBR 7833, recomendado para todas as atmosferas da classificação de meios corrosivos da ABNT NBR 6181.

A tinta não pode contaminar nem ser contaminada pelo óleo.

O esquema de pintura deve ser executado de acordo com o prescrito na ABNT NBR 11388.

#### 5.18.2 Pintura das Superfícies em Aço Carbono

Todas as superfícies a serem pintadas devem ser preparadas e pintadas de acordo com os procedimentos a seguir descritos.

##### 5.18.2.1 Superfícies Internas do Tanque, Tampa, Conservador de Óleo, etc.

###### a) Preparação

Logo após a fabricação, as impurezas devem ser removidas, através de jateamento abrasivo com granalha de aço, ao metal quase branco, padrão visual Sa 2 1/2 da norma SIS 05.5900.

###### b) Pintura

Deve ser aplicada uma demão de poliuretano alifático isocianato ou epóxi-poliamina, na cor branca, com espessura mínima de 60  $\mu\text{m}$ .

##### 5.18.2.2 Superfícies Externas do Tanque, Tampa, Conservador de Óleo, etc.

###### a) Preparação

A superfície deve ser prepara conforme item 5.18.2.1.a.

###### b) Tinta de Fundo

Aplicar uma demão de epóxi-poliamina óxido de ferro, com espessura mínima da película 60  $\mu\text{m}$ .

###### c) Tinta Intermediária

Aplicar uma demão de epóxi-poliamida óxido de ferro, com espessura mínima da película 70  $\mu\text{m}$ .

###### d) Acabamento

Aplicar uma demão de poliuretano alifático com pigmento de dióxido de titânio, espessura mínima da película 80  $\mu\text{m}$ , na cor branca, referência Munsell N9.5.

Espessura total, mínima, da película 210  $\mu\text{m}$ .

##### 5.18.2.3 Superfícies Internas dos Radiadores

###### a) Preparação

Decapagem química ou jateamento abrasivo conforme item 5.18.2.1.a.

b) Pintura

Aplicação de demão de epóxi-poliamina óxido de ferro, por enchimento e escorrimento, espessura mínima 30  $\mu\text{m}$ .

5.18.2.4 Superfícies Externas dos Radiadores

a) Preparação da Superfície

Tratamento químico adequado, incluindo decapagem e desengraxamento, a seguir fosfatização com zinco, conforme ABNT NBR 9209.

b) Tinta de Fundo

Uma ou duas demãos de epóxi-poliamina óxido de ferro, espessura mínima da película 100  $\mu\text{m}$ .

c) Tinta de Acabamento

Uma demão de poliuretano alifático com pigmento de dióxido de titânio, espessura mínima da película 50  $\mu\text{m}$ , na cor branca, referência Munsell N9.5.

5.18.3 Pintura de Superfícies Galvanizadas

Alternativamente os radiadores podem ser galvanizados por imersão a quente, sendo que todas as superfícies metálicas zincadas passíveis de receber pintura, devem ser preparadas de acordo com o seguinte procedimento:

a) Preparação da Superfície

Tratamento químico incluindo decapagem e desengraxamento.

b) Zincagem por imersão a quente

Espessura mínima da camada de zinco 80  $\mu\text{m}$ , a seguir tratamento químico e fosfatização com fosfato de zinco ou leve jateamento.

c) Pintura de Fundo

Aplicação de demãos de epóxi isocianato óxido de ferro ou epóxi-poliamida óxido de ferro, apresentando espessura mínima da camada 50  $\mu\text{m}$ .

d) Pintura de Acabamento

Aplicação de demãos de poliuretano alifático dióxido de titânio, espessura mínima 50  $\mu\text{m}$ , na cor branca, referência Munsell N9.5.

5.18.4 Pintura das Partes Metálicas Energizáveis

Todas as partes metálicas energizáveis devem ser pintadas na cor vermelha, referência Munsell 5R 3.5/16.

a) Preparo da Superfície

As superfícies das partes metálicas devem receber tratamento químico e, se necessário, aplicação de pintura de fundo adequada.

b) Pintura de Acabamento

Aplicação de demãos de esmalte epóxi-poliamida, com espessura mínima 50 µm.

#### 5.18.5 Verificação do Processo de Pintura

As espessuras de camada anteriormente referidas são com a película seca e devem ser medidas de acordo com as prescrições da ABNT NBR 10443.

A aderência da camada de tinta das superfícies pintadas será verificada de acordo com as prescrições da ABNT NBR 11003.

O grau de aderência requerido para a pintura das superfícies em aço carbono deve ser grade zero (GRO) e para as superfícies não ferrosas será aceito até grade um (GR1).

#### 5.18.6 Zincagem

A zincagem por imersão a quente sobre chapas, partes roscadas, parafusos, porcas, arruelas, contra-porcas deve ser executada de acordo com o prescrito na ABNT NBR 6323 e os respectivos ensaios conforme ABNT: NBR 7397, NBR 7398, NBR 7399 e NBR 7400.

#### 5.18.7 Outros Procedimentos

Todas as superfícies usinadas, onde não se aplica pintura, devem ser transportadas e armazenadas cobertas de graxa ou de outra proteção antioxidante facilmente removível, antes da montagem, por um solvente comercial adequado.

#### 5.18.8 Retoques

Os veículos, tanto das tintas de fundo quanto das de acabamento, devem ser do tipo cuja polimerização, para eventuais retoques no campo, não necessite do uso de aparelhagem e materiais especiais, tais como aquecedores, preparados químicos, etc.

Devem ser fornecidos, no mínimo, três litros de tinta, por unidade, do mesmo tipo da usada em fábrica, para eventual reparo e manutenção em campo.

O fornecedor deve dar especial atenção à aderência da tinta usada para retoques.

### 5.19 Componentes Padronizados

Com a finalidade de padronizar pequenos componentes acessórios e reduzir o número de peças de reserva a serem mantidas em estoque, o fornecedor deve considerar que:

- as lâmpadas devem usar base com rosca E27, exceto no caso de lâmpadas especiais de sinalização;

- as tomadas devem ser do tipo universal 2 pólos + terra, 220 V, 10 A;
- as proteções deverão ser por meio de disjuntor termomagnético com características e especificação adequadas para a função.

## **5.20 Óleo Isolante**

Cada equipamento deve ser fornecido com o óleo necessário para o enchimento inicial, acrescido de 10%. O óleo deve ser embarcado em tambores de aço não retornáveis, lacrados, contendo cada um, descrição para identificar o equipamento no qual será utilizado.

O custo do óleo deve ser incluído no preço cotado para o equipamento.

O óleo isolante a ser fornecido deve ser do tipo derivado de refinação ácida de óleo cru de base naftênica, com características que devem se enquadrar nas normas da ABNT citadas no item 2 e na Tabela 5.

## **6. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS**

### **6.1 Requisitos Gerais**

Todos os transformadores ou autotransformadores de potência devem ser isolados em óleo mineral naftênico, adequados para instalação ao tempo, e projetados para a frequência nominal 60 Hz. O neutro de todos os equipamentos será sempre diretamente aterrado.

Os requisitos gerais quanto aos níveis de isolamento para os enrolamentos e buchas dos terminais de linha e de neutro, referidos a tensões aplicadas e induzidas, encontram-se estabelecidos na Tabela 1.

Os transformadores devem ser projetados para que sejam utilizados de modo a permitir operação contínua em qualquer tensão de derivação, com potência nominal, com uma elevação de temperatura do enrolamento de 55°C, determinada pelo método da variação de resistência, sobre 30°C de média diária ou 40°C de temperatura máxima ambiente, de acordo com a ABNT NBR 5356-2. A elevação de temperatura do ponto mais quente do enrolamento, na condição acima citada, não deve exceder 65°C.

O proponente deve declarar a potência máxima contínua do transformador, sem qualquer redução de sua expectativa de vida, quando o mesmo for previsto para operar com uma elevação de temperatura de 55°C, conforme ABNT NBR 5416.

### **6.2 Faixas de Variação dos Comutadores de Derivação**

As faixas de variação dos comutadores de derivação devem obedecer aos critérios a seguir estabelecidos. Os comutadores devem ser instalados sempre no lado da tensão mais alta do equipamento.

#### **a) Comutador de derivações fixas, sem tensão (AC)**

Tensão nominal do enrolamento 34,5, 69 ou 138 kV: + 5%, - 10%, em degraus de 2,5% (+ 2 x 2,5%, - 4 x 2,5%).

#### **b) Comutador de derivações em carga (CDC)**

Tensão nominal do enrolamento 69 kV: + 5% - 15%, degraus de 1,25% (+ 4 x 1,25%, - 12 x 1,25%).

Tensão nominal do enrolamento 138 kV: + 5% - 15%, degraus de 0,625% (+ 8 x 0,625%, - 24 x 0,625%).

### **6.3 Transformadores de Corrente**

Os transformadores devem ter nas buchas de BT além dos TCs para proteção, o seguinte:

- 1 TC para compensação de queda da linha (bucha X1);
- 1 TC para imagem térmica (bucha X2);



- 1 TC para proteção do comutador por sobrecorrente (bucha X3).

Os transformadores de corrente, para as buchas, a serem utilizados para proteção do CDC, compensação de queda na linha (onde aplicável) e para imagem térmica, devem ser especificados pelo fornecedor. As relações nominais dos TCs para proteção são as constantes da Tabela 4.

#### **6.4 Requisitos Específicos**

São apresentadas nas Tabelas 2 e 3 as características particulares de cada um dos equipamentos constantes do escopo desta norma.

As identificações relativas aos tipos de resfriamento, isolamento dos enrolamentos, deslocamento angular, ligações e de comutador, são definidas nas normas ABNT NBR 5356 e ABNT NBR 9368.

Os equipamentos e seus componentes devem ser projetados para suportar, sem danos, os esforços eletromecânicos decorrentes do efeito das correntes de curto-circuito a que poderão estar sujeitos. Para o projeto e construção devem ser seguidas as recomendações e demais considerações indicadas na ABNT NBR 5356-5, relativas às correntes de curto-circuito suportáveis.

Para os casos em que as correntes sejam superiores a tais valores, a CELG D informará os valores correspondentes.

A potência do terciário dos equipamentos tensão nominal 138 kV deve ser definida pelo fornecedor, devendo situar-se numa faixa entre 1/5 e 1/3 da potência do enrolamento primário do respectivo equipamento, sendo o valor preferencial 1/5.

#### **6.5 Tolerâncias**

As seguintes tolerâncias serão admitidas para os valores garantidos pelo fornecedor em sua proposta:

- relação de tensões: - 0,5;
- perdas em vazio: + 10,0%;
- perdas totais: + 6,0%;
- corrente de excitação: + 20%;
- impedância de curto-circuito: conforme ABNT NBR 5356-1.

No caso de aquisição de duas ou mais unidades de mesmo projeto sob a mesma encomenda, a média aritmética das perdas em vazio, totais e correntes de excitação, de todas as unidades, deve ser zero.

Nenhuma tolerância é admitida para valores de potência inferiores aos nominais, bem como para elevações de temperatura superiores aos valores especificados, à tensão e frequência nominais.

#### **6.6 Corrente de Excitação**

A corrente de excitação não deve exceder doze vezes sua componente ativa, com excitação senoidal, na tensão e frequência nominais.

## 7. INSPEÇÃO E ENSAIOS

### 7.1 **Generalidades**

- a) Os transformadores devem ser submetidos a inspeção e ensaios na fábrica e no campo, de acordo com esta norma e com as normas da ABNT aplicáveis, na presença de inspetores credenciados pela CELG D.
- b) A CELG D reserva-se o direito de inspecionar e testar os transformadores e o material utilizado durante o período de sua fabricação, antes do embarque ou a qualquer tempo em que julgar necessário. O fabricante deve proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde o equipamento em questão estiver sendo fabricado, fornecendo-lhe as informações solicitadas e realizando os ensaios necessários. O inspetor poderá exigir certificados de procedências de matérias primas e componentes, além de fichas e relatórios internos de controle.
- c) O fornecedor deve apresentar, para aprovação da CELG D, o seu Plano de Inspeção e Testes, onde devem ser indicados os requisitos de controle de qualidade para utilização de matérias primas, componentes e acessórios de fornecimento de terceiros, assim como as normas técnicas empregadas na fabricação e inspeção dos equipamentos.
- d) Certificados de ensaio de tipo para equipamento de características similares ao especificado, porém aplicáveis, podem ser aceitos desde que a CELG D considere que tais dados comprovem que o equipamento proposto atende ao especificado. Os dados de ensaios devem ser completos, com todas as informações necessárias, tais como métodos, instrumentos e constantes usadas e indicar claramente as datas nas quais os mesmos foram executados. A decisão final, quanto à aceitação dos dados de ensaios de tipo existentes, será tomada posteriormente pela CELG D, em função da análise dos respectivos relatórios. A eventual dispensa destes ensaios somente terá validade por escrito.
- e) O fabricante deve dispor de pessoal e de aparelhagem, próprios ou contratados, necessários à execução dos ensaios (em caso de contratação deve haver aprovação prévia por parte da CELG D).
- f) O fabricante deve assegurar ao inspetor da CELG D o direito de familiarizar-se, em detalhes, com as instalações e os equipamentos a serem utilizados, estudar todas as instruções e desenhos, verificar calibrações, presenciar ensaios, conferir resultados e, em caso de dúvida, efetuar novas inspeções e exigir a repetição de qualquer ensaio.
- g) Todos os instrumentos e aparelhos de medição, máquinas de ensaios, etc., devem ter certificado de aferição emitido por instituições acreditadas pelo INMETRO, válidos por um período máximo de um ano. Por ocasião da inspeção, devem estar ainda dentro deste período, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.
- h) A aceitação dos equipamentos e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:
  - não exime o fabricante da responsabilidade de fornecê-lo de acordo com os requisitos desta norma;

- não invalida qualquer reclamação posterior da CELG D a respeito da qualidade do material e/ou da fabricação.

Em tais casos, mesmo após haver saído da fábrica, os transformadores podem ser inspecionados e submetidos a ensaios, com prévia notificação ao fabricante e, eventualmente, em sua presença. Em caso de qualquer discrepância em relação às exigências desta norma, eles podem ser rejeitados e sua reposição será por conta do fabricante.

- i) Após a inspeção dos transformadores, o fabricante deve encaminhar à CELG D, por lote ensaiado, um relatório completo dos ensaios efetuados, incluindo oscilogramas, em três vias, devidamente assinado por ele e pelo inspetor credenciado pela concessionária.  
Esse relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, tais como: métodos, instrumentos, constantes e valores utilizados nos ensaios e os resultados obtidos.
- j) Todas as unidades de produto rejeitadas, pertencentes a um lote aceito, devem ser substituídas por unidades novas e perfeitas, por conta do fabricante, sem ônus para a CELG D.
- k) Nenhuma modificação no transformador deve ser feita "a posteriori" pelo fabricante sem a aprovação da CELG D. No caso de alguma alteração, o fabricante deve realizar todos os ensaios de tipo, na presença do inspetor da CELG D, sem qualquer custo adicional.
- l) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.
- m) A CELG D reserva-se o direito de exigir a repetição de ensaios em transformadores já aprovados. Neste caso, as despesas serão de sua responsabilidade se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção, caso contrário correrão por conta do fabricante.
- n) Os custos da visita do inspetor da CELG D (locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos) correrão por conta do fabricante se:
- na data indicada na solicitação de inspeção o equipamento não estiver pronto;
  - o laboratório de ensaio não atender às exigências de 6.1.e até 6.1.f;
  - o material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em subfornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
  - o material necessitar de reinspeção por motivo de recusa;
  - os ensaios de recebimento forem efetuados fora do território brasileiro.

## 7.2 Ensaio de Recebimento

O equipamento, completamente montado, deve ser submetido aos ensaios de recebimento, abaixo relacionados, de acordo com a ABNT NBR 5356, sendo aplicáveis também, as normas ABNT NBR 5034 e ABNT NBR 7277.

Para o ensaio de fator de potência do isolamento de transformadores novos consideram-se como aceitáveis valores inferiores a 0,5%.

Duas amostras de óleo para cromatografia devem ser coletadas antes de todos os ensaios. Após os mesmos, este procedimento deve ser repetido e os resultados inicial e final comparados, não devendo ser obtidas quaisquer variações significativas. Alterações nos resultados devem ser discutidas entre CELG D e fabricante. Todos esses ensaios devem ser executados de acordo com a ABNT NBR 7070.

Para transformadores com tensões nominais 69 kV e acima devem ser colhidas amostras do papel isolante, após o processo de secagem, na presença do inspetor da CELG D, as quais devem ser submetidas ao ensaio de grau de polimerização (GP). As amostras devem ser de papel Kraft, não sendo aceitas de papel crepado, sendo os valores comparados aos de grau de polimerização (GP) do papel novo. O valor mínimo de grau de polimerização (GP), admitido após secagem, não deve ser inferior a 1000.

Para todos os transformadores com tensões nominais iguais ou superiores a 34,5 kV, o ensaio de elevação de temperatura deve ser executado em todas as unidades e em todos os estágios de arrefecimento, salvo quando houver unidades idênticas, de mesmo projeto, quando então serão realizados ensaios em apenas uma unidade de cada projeto; o critério de escolha das unidades a serem ensaiadas será determinado pela CELG D.

Deve ser fornecido memorial de cálculo específico para o transformador ensaiado, informando os valores calculados de projeto para:

- a) elevação de temperatura do topo do óleo sobre o ambiente;
- b) elevação de temperatura dos enrolamentos sobre o topo do óleo;
- c) elevação de temperatura do ponto mais quente dos enrolamentos sobre o topo do óleo.

As temperaturas dos itens "a", "b" e "c" acima citados devem ser fornecidas para todos os estágios de arrefecimento e para as seguintes situações, onde for aplicável:

- situação 1: transformador com todos os ventiladores funcionando;  
situação 2: transformador com um radiador fechado e um ventilador desligado;  
situação 3: transformador com dois radiadores fechados e dois ventiladores desligados;  
situação 4: transformador com três radiadores fechados e três ventiladores desligados.

Nos ensaios finais de aquecimento devem ser observadas as seguintes condições:

- a) devem ser mantidos os ventiladores ligados durante as medições das resistências ôhmicas nas condições de ONAF1 e ONAF2, conforme o número de ventiladores previsto para cada estágio, de forma a se evitar perturbações no sistema de arrefecimento, conforme, alias, está previsto nas normas brasileiras;
- b) caso o fabricante não consiga por questões operacionais ou técnicas a interrupção da corrente de ensaio instantânea e simultaneamente ao disparo do cronômetro, se faz necessário a correção da variável tempo cronometrado a qual será objeto de acordo entre o fabricante e a CELG D.

Para os transformadores com tensão nominal 34,5 kV e acima o ensaio de impulso é considerado como de recebimento devendo ser executado em todas as unidades componentes do lote.

Caso haja resistores não lineares ou varistores em paralelo com algum dos enrolamentos ou parte dos mesmos, e esses possam provocar eventuais distorções nas curvas de resposta, deve ficar claramente demonstrado nos ensaios que tais fatos são devido exclusivamente à presença desses dispositivos e não por falha dos enrolamentos.

Os ensaios de recebimento são os seguintes:

- resistência elétrica dos enrolamentos;
- relação de tensões;
- resistência de isolamento;
- polaridade;
- deslocamento angular e sequência de fases;
- perdas em vazio e em carga;
- corrente de excitação;
- tensão de curto-circuito;
- elevação de temperatura;
- fator de potência do isolamento;
- ensaios dielétricos:
  - tensão suportável nominal à frequência industrial;
  - tensão suportável nominal de impulso atmosférico;
  - tensão induzida para transformadores com tensão máxima  $\leq 245$  kV;
  - tensão suportável nominal de impulso de manobra para transformadores com tensão máxima igual a 245 kV;
  - tensão induzida de longa duração, com medição de descargas parciais, para transformadores com tensão máxima  $\geq 72,5$  kV;
  - tensão suportável nominal à frequência industrial, aplicada à fiação e aos acessórios;
- estanqueidade e resistência à pressão, à temperatura ambiente;
- grau de polimerização;
- ensaios no óleo isolante:
  - cromatografia antes do primeiro e após o último ensaio;
  - rigidez dielétrica;
  - fator de potência a 100°C;
  - índice de neutralização;
  - tensão interfacial;
  - teor de água;
- verificação do funcionamento dos acessórios: todos os equipamentos e acessórios auxiliares, tais como, aquecedores, termostatos, tomadas, calibradores de óleo, termômetros e outros, devem ser submetidos a um ensaio operacional para assegurar a coordenação de funcionamento própria;
- ensaio dos transformadores de corrente de bucha;
- ensaio de relação:
  - cada transformador de corrente deve ser ensaiado em todas as posições de tap, aproximadamente no valor de corrente nominal, para o enrolamento do transformador de potência associado, após a sua instalação;
  - as correntes atuais do primário e secundário devem ser registradas;
  - ensaio de polaridade: a polaridade de cada transformador de corrente deve ser ensaiada e registrada, com o método do golpe indutivo, após a instalação;

- curva de saturação:
  - a curva de saturação de cada transformador de corrente de bucha deve ser tomada antes da montagem no tanque do transformador;
  - adicionalmente, três pontos de verificação próximo ao joelho de saturação devem ser tomados para cada transformador de corrente após a montagem no transformador, com a tampa deste montada;
  - os pontos de verificação não devem desviar mais que 10% dos valores ensaiados originalmente;
  - ensaio do isolamento: todos os transformadores de corrente e enrolamentos associados devem ser submetidos ao ensaio de isolamento através da aplicação de uma tensão de 2500 V, 60 Hz, durante um minuto;
  - devem ser fornecidas cópias de todos os resultados dos ensaios dos transformadores de corrente de bucha, incluindo a curva de saturação;
  - todos os transformadores de corrente devem possuir numeração de série de fabricação, devendo o fabricante fornecer os respectivos registros de localização.

**Nota:**

*Os ensaios de tensão induzida de curta duração e induzida de longa duração com medição de descargas parciais deverão ser realizados nesta ordem, ou seja, primeiro o ensaio de tensão induzida de curta duração e em seguida o ensaio de tensão induzida de longa duração. Um ensaio não substitui o outro devendo os dois serem realizados.*

### **7.3 Ensaios de Tipo e Especiais**

Os ensaios de tipo para transformadores e autotransformadores são os seguintes:

- nível de ruído;
- nível de tensão de radiointerferência;
- curto-circuito, na impossibilidade de se executar este ensaio deve ser fornecido o memorial de cálculo demonstrando a capacidade do equipamento de suportar os efeitos térmicos e dinâmicos de curtos-circuitos;
- medição de impedância de sequência zero nos transformadores trifásicos;
- medição de harmônicas na corrente de excitação;
- medição da potência absorvida pelos motores do sistema de resfriamento;
- descargas parciais;
- vácuo interno.

Todos os ensaios relacionados acima devem ser executados em um número de unidades a ser determinado pela CELG D.

Entretanto, se uma unidade falhar em qualquer ensaio ou persistir qualquer dúvida relativa à interpretação dos resultados dos mesmos, a CELG D pode requerer a repetição do ensaio em outra unidade.

### **7.4 Levantamento da Curva de Saturação**

O fornecedor deve apresentar a curva de saturação esperada, de acordo com os cálculos de projeto.

## 7.5 Relatórios de Ensaios

Imediatamente após a realização de cada um dos ensaios solicitados pela CELG D, o fabricante deve emitir uma cópia dos respectivos relatórios contendo os resultados obtidos.

No prazo máximo de quinze dias após a execução dos ensaios, devem ser fornecidas à concessionária, três cópias encadernadas do relatório final, o qual deve apresentar os relatórios certificados de todos os ensaios individuais inicialmente emitidos para cada unidade.

Os seguintes dados e características abaixo mencionados, relativos a cada unidade ensaiada, devem ser claramente identificados nos relatórios certificados:

- a) classificação;
- b) número de série;
- c) data do ensaio e nome do responsável pela execução do mesmo;
- d) descrição do equipamento de ensaio e desempenho, a qual deve ser legível e auto-explicativa, de tal modo que, as condições de ensaio registradas possam ser duplicadas posteriormente sem dificuldade;
- e) amostra computacional, quando necessária;
- f) curvas mostrando relações das quantidades ensaiadas;
- g) tabulação dos dados e resultados dos ensaios;
- h) comparação dos resultados do ensaio com valores garantidos e explanação dos desvios;
- i) o relatório de ensaio deve registrar a capacitância shunt para a terra, para cada terminal do transformador, incluindo capacitância de bucha.

Os registros das condições de realização dos ensaios devem ser mantidos de forma que qualquer um possa ser repetido sob condições idênticas ou próximas.

Todos os ensaios de impulso devem ser registrados em ordem numérica de execução e os oscilogramas marcados na ordem de execução.

Diagramas mostrando as conexões de ensaio e valores dos componentes devem ser incluídos nos relatórios de ensaio do fabricante e disponíveis para consulta quando solicitado pela CELG D.

Os oscilogramas do ensaio de impulso deverão ser fornecidos juntamente com os relatórios finais.

## 7.6 Ensaio de Campo

Os ensaios listados a seguir serão realizados, no local de instalação do transformador, antes da energização. Para esses ensaios, bem como para colocação dos equipamentos em serviço, o fornecedor deve (quando requerido) providenciar apenas a supervisão, ficando a cargo da CELG D prever os instrumentos e o pessoal necessário à execução dos serviços.

### 7.6.1 Buchas:

- capacitância (para equipamentos com tensão nominal 69 kV e acima);
- fator de potência.

#### 7.6.2 Transformador ou Autotransformador:

- estanqueidade;
- medição da resistência ôhmica dos enrolamentos;
- relação de tensões;
- resistência do isolamento;
- fator de potência do isolamento.

#### 7.6.3 Transformador de Corrente de Bucha:

- resistência de isolamento;
- relação em todas as derivações;
- polaridade;
- medição da resistência plena do enrolamento secundário;
- verificação de três pontos da curva de saturação.

#### 7.6.4 Óleo Isolante:

- rigidez dielétrica;
- fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação;
- índice de neutralização;
- análise cromatográfica;
- tensão interfacial;
- teor de água.

#### 7.6.5 Dispositivos de Supervisão e Proteção:

- calibração dos instrumentos indicadores e dos contatos dos dispositivos de proteção;
- verificação do funcionamento dos motores e da proteção dos mesmos;
- ensaio de isolamento dos enrolamentos dos motores dos ventiladores e do comutador de derivações em carga (se utilizados);
- ensaio de resistência de isolamento de toda a fiação das caixas de controle.

### 7.7 Falhas em Ensaios

Qualquer dúvida durante um ensaio, que resulte em uma retirada total ou parcial do óleo isolante, para inspeção no interior do tanque, justificará uma repetição do ensaio interrompido ou, pelo menos, a critério da CELG D, a execução de um ensaio de tensão induzida e aplicada e medição de descargas parciais.

Em caso de falha do dielétrico durante um ensaio, todos os ensaios dielétricos devem ser repetidos, inclusive o de impulso atmosférico de onda cortada, tão logo a falha seja localizada e corrigida.

Dentro de dez dias após a ocorrência de falha em uma unidade o fornecedor deve enviar à CELG D um relatório indicando a natureza da mesma, suas possíveis causas, as medidas adotadas para saná-las, bem como, eventuais atrasos nas datas de entrega.

No caso de repetição da falha, o inspetor da CELG D deve ter acesso às instalações do fornecedor, desenhos, cálculos, resultados de ensaios em protótipo e quaisquer outras informações que possa utilizar para orientação.



## 8. AVALIAÇÃO DE PERDAS E PENALIDADES

### 8.1 Avaliação de Perdas no Cobre e no Ferro

Para fins de avaliação de perdas e comparação de propostas, a CELG D utilizará os resultados encontrados pela aplicação da seguinte fórmula:

$$C = K1 \cdot K2 \cdot (Pf + F1 \cdot Pc) + K1 \cdot K3 \cdot (Pf + F2 \cdot Pc)$$

onde:

C = Custo procurado (em Reais)

K1 = Taxa em US\$ na época da análise

K2 = 2.237,4 (custo atual de substituição, em dólar, da energia correspondente a 1 kW durante 20 anos).

K3 = 510,8 (custo atual de substituição, em dólar, de 1 kW de ponta durante 20 anos).

F1 = 0,468 (fator de perda referente ao carregamento médio).

F2 = 1,0 (fator de perda referente ao carregamento de ponta).

Pf = perda no ferro, à tensão nominal, valor garantido (kW).

Pc = perda no cobre + perdas em carga adicionais, à corrente nominal, valor garantido (kW), base ONAF (no último estágio de ventilação forçada).

### 8.2 Penalidades por Desempenho Inferior ao Garantido

Perdas

a) Para cada 1,5% (um e meio por cento) de perdas totais, ou fração disto, medidas a plena carga, nas tensões nominais à frequência nominal, acima do valor garantido contratualmente, o fornecedor pagará à CELG D uma multa equivalente a 1% (um por cento) do preço cotado para a unidade completa, acrescido dos encargos financeiros e dos reajustes de preço, quando houver.

b) Elevação de Temperatura

Caso a elevação de temperatura medida no equipamento seja maior que a especificada, reduzindo a potência nominal abaixo do valor garantido, a CELG D reserva-se o direito de rejeitar o equipamento.

Poderá, contudo, ser considerada a aceitação desde que a capacidade seja no mínimo 95% do valor nominal especificado. Nesse caso, o fornecedor deve pagar à CELG D uma compensação financeira pela redução de potência de 2% (dois por cento) do preço cotado da unidade para cada 1% (um por cento) ou fração disto, da perda de capacidade nominal.

A penalidade acima aplicar-se-á a todos os equipamentos ainda que o ensaio tenha sido realizado em uma única unidade. Caso o fornecedor queira realizar os ensaios em outros equipamentos, esses serão feitos às suas expensas e sua realização em hipótese alguma poderá dar razão para alterações nos prazos contratuais de entrega.

c) A CELG D, em hipótese alguma, pagará ao fornecedor prêmio por eficiência e potência, medidas ou calculadas, superiores às garantidas no CFM e na proposta.

## 9. PROVISÕES TÉCNICAS PARA TRANSPORTE

Nas aquisições ou após reforma, durante a preparação para expedição, no caso de transformadores transportados sem líquido isolante, deve ser realizada a medição de umidade relativa da superfície da isolação (URSI) para comparação com o valor no recebimento.

No transporte de transformadores com líquido isolante, o nível do óleo deve ser tal que cubra os enrolamentos, bem como assegure que uma camada de gás seco possibilite a compensação da variação do volume do líquido isolante em função da temperatura.

A camada de ar seco deve estar sob uma pressão relativa de 0,15 kgf/cm<sup>2</sup> a 0,30 kgf/cm<sup>2</sup>, à temperatura de 25°C.

Para ser transportado, o transformador deve ser desmontado o mínimo possível e o fabricante deve assegurar que durante o percurso não ocorram avarias ou danos que possam alterar as condições de projeto e desempenho. Seus acessórios e componentes devem ser embalados e identificados de maneira clara, indelével e rastreável.

Quando for o caso de desmontagem, o conservador de óleo e os radiadores devem ser desmontados e transportados separadamente, completamente vedados com flanges metálicos e anéis de vedação, convenientemente embalados em engradado de madeira.

Condições especiais para o transporte do transformador, estabelecidas pela CELG D ou pelo fabricante, devem ser antecipadamente informadas ao responsável pelo transporte e rigorosamente seguidas.

As instruções para o transporte do transformador devem ser fornecidas, bem como as limitações de peso total e peso por eixo, altura, largura e raios de curvatura para o trajeto a ser realizado.

Buchas com tensões nominais de 13,8 kV e 34,5 kV podem ser, a critério do fabricante do transformador e seguindo recomendações do fabricante das mesmas, serem transportadas montadas no próprio transformador. Nesse caso, devem ser adequadamente protegidas contra choques com galhos de árvores, pedras ou outros obstáculos que possam vir a danificá-las, e ainda contra impactos mecânicos decorrentes do próprio transporte do equipamento.

As buchas de 13,8 kV montadas lateralmente deverão ser transportadas travadas com suportes de madeira adequados ou por meio de outros materiais ou dispositivos que impeçam vibrações ocasionadas pelo transporte de forma a se evitar danos e deslocamentos.

Buchas com tensão nominal superior a 34,5 kV devem ser desmontadas e transportadas separadamente, devidamente acondicionadas, observando-se as recomendações do fabricante destas, para transporte.

De modo a garantir a conservação dos valores de pressão estabelecidos, deve-se providenciar:

- a) instalar um sistema de pressurização composto por um ou mais cilindros acoplados ao tanque por meio de dispositivos que forneçam pressão positiva constante e um manômetro que permita a verificação da pressão interna do tanque;
- b) durante o percurso e antes do recebimento, realizar inspeções no sistema de pressurização de gás para detecção de eventuais vazamentos;
- c) com referência à alínea (a), a pressão limite inferior do cilindro de suprimento de gás seco deve ser de 20 kgf/cm<sup>2</sup>; atingida esta pressão, este cilindro deve ser substituído por outro de pressão não inferior a 160 kgf/cm<sup>2</sup> (pressões referidas a 25°C).

Tanto para transporte quanto armazenagem, o sistema de monitoramento da pressão do tanque principal deve atuar de forma que em caso de perda desta, a reposição de nitrogênio ou ar seco ocorra de forma automática, sem necessidade de intervenção de um operador. Uma quantidade suficiente de nitrogênio ou ar seco de reserva deve ser fornecida para eventual reposição, em caso de perda de pressão (sistema provido de válvula reguladora de pressão automática).

Antes da instalação do transformador, devem ser anotadas as leituras da pressão atual e da mínima atingida durante o transporte, para que seja assegurado que não houve entrada de umidade no tanque.

O indicador de pressão e as garrafas usadas para transporte devem estar incluídos no fornecimento e passarão a ser propriedade da CELG D.

Em todas as situações de transporte, deve ser instalado pelo menos um registrador de impacto no equipamento. Um dispositivo para registro de impactos (nos 3 eixos: x, y, z) deve ser mantido até o descarregamento no local do recebimento. Se os valores medidos ultrapassarem qualquer um dos limites máximos indicados pelo fabricante, deve-se realizar as devidas intervenções. Em quaisquer movimentações do equipamento o transformador deve possuir pelo menos um registrador de impacto (nos 3 eixos: x, y, z).

O fornecedor deve declarar, previamente ao envio do transformador, os valores limites suportáveis de impacto para cada uma das direções. Essa declaração deve estar junto ao registrador de impacto.

Todas as partes salientes, tais como: válvulas, bocais, caixas terminais e tubulações devem ser firmemente fixadas ao tanque e protegidas por pranchas de madeira, onde necessário.

Os secundários dos transformadores de corrente devem ser curto-circuitados e aterrados nos blocos terminais.

Todas as partes integrantes do transformador devem ser providas de embalagens apropriadas para proteger o conteúdo contra danos durante o transporte, desde a fábrica até o local de montagem, sob condições que envolvam embarques, desembarques e transporte por rodovias não pavimentadas e/ou por via marítima/fluvial.

Os ventiladores em especial deverão ser individualmente embalados em plástico resistente para evitar entrada de água e umidade, armazenados em caixas de madeira,

fechadas e identificadas com a unidade transformadora a que pertencem.

As embalagens devem ser adequadas para armazenagem ao tempo, por período de, no mínimo, um ano e manter-se em condições para um novo transporte nas mesmas situações citadas anteriormente.

O fornecedor deve julgar a adequação dos seus métodos de embalagem para atender às condições mínimas estabelecidas acima, independentemente da aprovação dos desenhos e inspeção pela CELG D e será o único responsável pela integridade dos equipamentos e acessórios.

Os métodos empregados para embalar, transportar e armazenar os equipamentos e acessórios devem ser informados na proposta, sobretudo quando for previsto o transporte dos equipamentos montados e com óleo isolante.

## **10. PROVISÕES TÉCNICAS PARA RECEBIMENTO**

### **10.1 Local de Recebimento**

Sempre que possível, o transformador deve ser descarregado diretamente sobre sua base definitiva. Equipamentos adquiridos a serem armazenados em almoxarifado devem ter condições de entrega acordadas com a CELG D.

Quando for necessário o descarregamento em locais provisórios, deve ser verificado se o terreno possui plenas condições de segurança e distribuição de esforços, bem como se o local é nivelado e limpo. O equipamento não pode ser colocado em contato direto com o solo.

### **10.2 Inspeção de Recebimento no Local de Entrega**

Antes do descarregamento deve ser feita, por pessoal especializado, uma inspeção preliminar do transformador, na qual devem ser verificadas as suas condições externas, bem como de acessórios e componentes, quanto a deformações, vazamentos e estado da pintura.

Deve-se conferir a lista de materiais expedidos (romaneio).

Deve-se confirmar o recebimento da documentação técnica, as instruções de montagem, o manual e demais itens técnicos previstos no pedido de compra e nesta norma (por meio digital e impressa).

As ocorrências verificadas durante o percurso devem ser registradas e imediatamente comunicadas ao fabricante, à parte responsável pelo transporte e às áreas técnicas envolvidas da CELG D.

### **10.3 Descarregamento e Movimentação**

Todos os serviços de descarga e remoção do equipamento devem ser executados e supervisionados pela área técnica da CELG D, obedecendo-se as normas de segurança e utilizando-se os pontos de apoio apropriados e os equipamentos adequados.

Os pontos de içamento, tração e os apoios para macacos devem ser os únicos meios utilizados para movimentação e devem estar indicados de maneira clara no corpo do próprio equipamento, nos desenhos e nas instruções do fabricante. Deve-se também estar indicados de maneira indelével e visível no corpo do equipamento os centros de gravidade tanto para transporte como para o equipamento montado.

Durante todo o processo de descarregamento e movimentação o registrador de impactos deve estar instalado no equipamento.

### **10.4 Procedimentos para Ensaio de Recebimento no Descarregamento**

O fabricante deverá analisar o registrador de impacto e emitir o parecer sobre a ocorrência de impactos danosos ou não ao equipamento, bem como analisar os limites de velocidade e inclinação do equipamento durante o transporte.

Tomar as medidas necessárias de verificação das pressões quando o equipamento for transportado, tanto sem líquido como com líquido isolante.

Se ocorrerem oscilações de pressão após a pressurização, possíveis vazamentos devem ser investigados e corrigidos e, neste caso, deve ser realizada a medição de umidade relativa da superfície da isolação (URSI) no recebimento, para os equipamentos de classe de tensão superior a 69 kV. A critério da CELG D pode ser dispensada a medição da URSI no recebimento.

Para equipamentos transportados com líquido isolante, devem ser realizadas análises físico-químicas do óleo, conforme a ABNT NBR 8840 e análise dos gases dissolvidos conforme a ABNT NBR 7070.

Havendo necessidade de uma inspeção interna, quando da ocorrência de registros de impactos superiores aos limites ou a critério do fabricante, os ensaios, verificações e procedimentos devem seguir as orientações do fabricante e da ABNT NBR 5356.

## **10.5 Procedimentos para Armazenagem**

### **10.5.1 Transformadores**

Os métodos de proteção da parte ativa do transformador para armazenagem são os mesmos requeridos para o transporte.

Para períodos de até seis meses, a armazenagem deve ser com gás seco ou preenchimento com líquido isolante. Períodos superiores a seis meses requerem o preenchimento do equipamento com líquido isolante, total ou mantendo um volume de expansão mínimo que não permita a exposição da parte ativa, pressurizado com gás seco.

Esta camada deve estar sob uma pressão relativa máxima, positiva de 0,30 kgf/cm<sup>2</sup>, com valor limite mínimo de 0,15 kgf/cm<sup>2</sup> a uma temperatura de 25°C.

Durante a armazenagem deve-se manter o dispositivo de registro de impacto e também deve ser feito o monitoramento semanal da pressão do gás, de modo a detectar vazamentos em tempo hábil e evitar a contaminação com umidade.

### **10.5.2 Componentes e Acessórios**

Os componentes devem ser identificados e armazenados em locais adequados, atendendo as recomendações do fabricante.

Os resistores de aquecimento de acionamentos motorizados e caixas ou painéis de circuitos auxiliares devem ser mantidos em local abrigado e energizados, comandados por reostato regulado para a temperatura recomendada pelo fabricante.

O líquido isolante pode ser armazenado em tambores, que devem permanecer na posição horizontal ficando o tampão alinhado também na horizontal, evitando-se ainda o contato com o solo. Esta armazenagem deve obedecer aos critérios ambientais aplicáveis para os diferentes líquidos isolantes e o local deve possuir sistema de contenção para eventuais vazamentos.

---

**11. CONDICÕES ESPECÍFICAS PARA ENSAIOS DE CAMPO E OPERACIONAL INICIAL**

Serão feitos pela CELG D ensaios de recebimento no equipamento, conforme item 7.2. Os resultados desses ensaios devem corresponder àqueles obtidos na fábrica.

Durante a instalação devem ser observados os procedimentos para a execução dos trabalhos de montagem, ensaios de campo e energização do equipamento, previstos pela CELG D, pelo fabricante e pela ABNT NBR 5356.

Quando requerido, o fornecedor será responsável pela supervisão de todas as tarefas que serão executadas para montagem do equipamento. Para tanto deve providenciar um ou mais engenheiros ou supervisores, com conhecimento técnico do equipamento em questão.

Se houver diferença que evidencie a necessidade de reparos no equipamento ou acessórios, os custos dos mesmos e do transporte devido à rejeição nos ensaios de campo correrão por conta do fornecedor.

Para a realização dos trabalhos de supervisão o fornecedor deve seguir o cronograma de montagem, a ser estabelecido de comum acordo com a CELG D.

**ANEXO A - TABELAS**

**TABELA 1**

**NÍVEIS DE ISOLAMENTO PARA ENROLAMENTOS E BUCHAS**

Tensão nominal do enrolamento (kVef)	Tensão máxima do enrolamento (kVef)	Terminais de linha					Terminal de neutro	
		Tensão suportável nominal de			Tensão induzida (kVef)	Tensão induzida de longa duração (kVef)	Tensão suportável nominal	
		impulso atmosférico pleno (kVcr)	impulso atmosférico cortado (kVcr)	à frequência industrial (kVcr)			de impulso atmosférico pleno (kVcr)	à frequência industrial (kVef)
13,8	15	110	121	34	34	-	110	34
34,5	36,2	170	187	70	70	-		
69	72,5	350	385	140	140	140		
138	145	550	605	230	230	230	170	70



**TABELA 2**

**TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA - CARACTERÍSTICAS**

Tensão nominal (kVef)	Nº de fases	Potência nominal a 55°C (MVA)	Tipo de resfriamento	Tipo de comutador	Tipo de isolamento dos enrolamentos	Deslocamento angular e ligações	Impedância a 75°C			Perdas máximas* a 75°C (W)	
							AT BT	AT T	BT T	Perdas em vazio (PO)	Perdas Totais (PT)
34,5/13,8	3	2,5	A	AC	Unif-Prog	Dynl	5,0	-	-	3.000	22.000
34,5/13,8		3,75	A	AC	Unif-Prog	Dynl	6,0	-	-	5.000	26.000
34,5/13,8		5/6,25	B	AC	Prog-Unif	YNdl	7,0	-	-	7.000	40.000
34,5/13,8		5/6,25	B	AC	Unif-Prog	Dynl	7,0	-	-	7.000	40.000
34,5/13,8		7,5/9,375	B	AC	Unif-Prog	Dynl	8,0	-	-	9.000	56.000
69/6,9		7,5/9,375	B	AC	Prog-Unif	YNdl	7,3	-	-	9.000	56.000
69/13,8		2,5	A	AC	Unif-Prog	Dynl	7,0	-	-	3.000	22.000
69/13,8		5/6,25	B	CDC	Unif-Prog	Dynl	7,0	-	-	7.000	40.000
69/13,8		5/6,25	B	AC	Unif-Prog	Dynl	7,0	-	-	7.000	40.000
69/13,8		10/12,5	B	AC	Prog-Unif	YNdl	7,0	-	-	11.000	72.000
69/13,8		10/12,5	B	CDC	Unif-Prog	Dynl	7,0	-	-	11.000	72.000
69/13,8		15/20	B	CDC	Unif-Prog	Dynl	7,0	-	-	16.000	107.000
69/34,5		5/6,25	B	CDC	Unif-Prog	Dynl	7,0	-	-	7.000	40.000
69/34,5		5/6,25	B	AC	Unif-Prog	Dynl	7,0	-	-	7.000	40.000
69/34,5		10/12,5	B	CDC	Unif-Prog	Dynl	7,0	-	-	11.000	72.000
69/34,5		15/20	B	CDC	Unif-Prog	Dynl	7,0	-	-	16.000	107.000
138/13,8		15/20/25	C	CDC	Prog-Prog	YNyn0	6,0	-	-	19.000	129.000
138/13,8		15/20/25	C	CDC	Unif-Prog	Dynl	6,0	-	-	19.000	129.000
138/13,8		20/26,6/33,3	C	CDC	Unif-Prog	Dynl	8,0	-	-	23.000	170.000
138/13,8		20/26,6/33,3	C	CDC	Prog-Prog	YNyn0	8,0	-	-	23.000	170.000
138/34,5		10/12,5	B	CDC	Unif-Prog	Dynl	8,0	-	-	11.000	72.000
138/34,5		15/20	B	CDC	Unif-Prog	Dynl	6,0	-	-	16.000	107.000
138/34,5		20/26,6/33,3	C	CDC	Unif-Prog	Dynl	8,0	-	-	23.000	170.000
138/13,8		30/40/50	C	CDC	Unif-Prog	Dynl	9			31.000	234.000

**Notas:**

1) Perdas máximas corrigidas para a temperatura de 75°C, referentes às tensões e às correntes nominais do equipamento, no último estágio de ventilação forçada;

2) Legenda:

A = ONAN

B = ONAN/ONAF

C = ONAN/ONAF/ONAF

**TABELA 3**

**AUTOTRANSFORMADOR DE POTÊNCIA - CARACTERÍSTICAS**

Tensão Nominal (kVef)	Nº de Fases	Potência Nominal a 55°C (MVA)	Tipo de Resfriamento	Tipo de Comutador	Tipo de Isolamento dos Enrolamentos	Deslocamento Angular e Ligações	Impedância a 75°C			Perdas Máximas* a 75°C (W)	
							AT BT	AT T	BT T	Perdas em Vazio (P0)	Perdas Totais (PT)
138/69	3	15/20/25	C**	CDC	Prog-Prog.	YNa0	5,0	-	-	14.000	84.000
138/69/13,8		30/40/50			Prog-Prog-Uniforme	YNa0dl	6,0	-	-	26.000	125.000

\* Perdas máximas corrigidas para a temperatura de 75°C, referentes às tensões e às correntes nominais do equipamento, no último estágio de ventilação forçada.

\*\* C = ONAN/ONAF/ONAF

**Notas:**

- 1) Os valores de impedâncias indicados são referidos à potência nominal ONAN.
- 2) Variações de tensão (lado de mais alta tensão):
  - 2.1) comutador de derivações sem tensão (CDST)  
Tensão nominal do enrolamento 34,5, 69 ou 138 kV; + 5% - 10%, degraus de 2,5%.
  - 2.2) comutador de derivações em carga (CDC)
    - 2.2.1) tensão nominal do enrolamento 69 kV; + 5% - 15%, degraus de 1,25%.
    - 2.2.2) tensão nominal do enrolamento 138 kV; + 5% - 15%, degraus de 0,625%.
- 3) Características dos TCs de bucha para proteção: Relação e classe de exatidão conforme Tabela 4; fator térmico: 1,0; corrente dos secundários: 5 A
- 4) Enrolamento terciário:
  - 4.1) todos os enrolamentos terciários dos transformadores trifásicos serão utilizados apenas como enrolamento de compensação e devem ser acessíveis através de duas buchas, de maneira a possibilitar uma eventual abertura da ligação triângulo;
  - 4.2) os enrolamentos terciários dos transformadores monofásicos também devem ser acessíveis e serão utilizados para ligação de cargas, sendo que sua potência deve ser preferencialmente 1/5 da potência do primário e será definida pelo fabricante.

**TABELA 4**

**TCs DE BUCHA PARA PROTEÇÃO DE TRANSFORMADORES**

Tensão Nominal (kVef)	Número de Fases	Potência Nominal a 55°C (MVA)	TCs de Bucha para Proteção		
			AT	BT	T
34,5/13,8	3	2,5	-	-	-
34,5/13,8		3,75	-	-	-
34,5/13,8		5/6,25	150/5 50 VA10P20	300/5 50VA10P20	-
34,5/13,8		7,5/9,375	300/5 50VA10P20	600/5 50VA10P20	-
69/6,9		7,5/9,375	200/5 50VA10P20	800/5 50VA10P20	-
69/13,8		2,5	-	-	-
69/13,8		5/6,25	200/5 50VA10P20	800/5 50VA10P20	-
69/13,8		10/12,5	500/5 50VA10P20	500/5 200VA10P20	-
69/13,8		15/20	500/5 100VA10P20	1.200/5 200VA10P20	-
69/34,5		5/6,25	200/5 50VA10P20	400/5 50VA10P20	-
69/34,5		10/12,5	500/5 50VA10P20	500/5 100VA10P20	-
69/34,5		15/20	500/5 100VA10P20	1.000/5 100VA10P20	-
138/13,8		15/20/25	400/5 100VA10P20	2.000/5 200VA10P20	-
138/13,8		20/26,6/33,3	400/5 100VA10P20	2.000/5 200VA10P20	-
138/13,8		30/40/50	600/5 200VA10P20	3.600/5 200VA10P20	-
138/34,5		10/12,5	-	-	-
138/34,5		15/20/25	500/5 100VA10P20	800/5 200VA10P20	-
138/34,5		20/26,6/33,3	400/5 100VA10P20	800/5 200VA10P20	-
138/69		15/20/25	600/5 100VA10P20	1.000/5 200VA10P20	-
138/69/13,8		30/40/50	600/5 200VA10P20	1.200/5 200VA10P20	3.600/5 200VA10P20

**TABELA 5**

**ESPECIFICAÇÃO DO ÓLEO ISOLANTE  
TIPO A (NAFTÊNICO) APÓS CONTATO COM O EQUIPAMENTO**

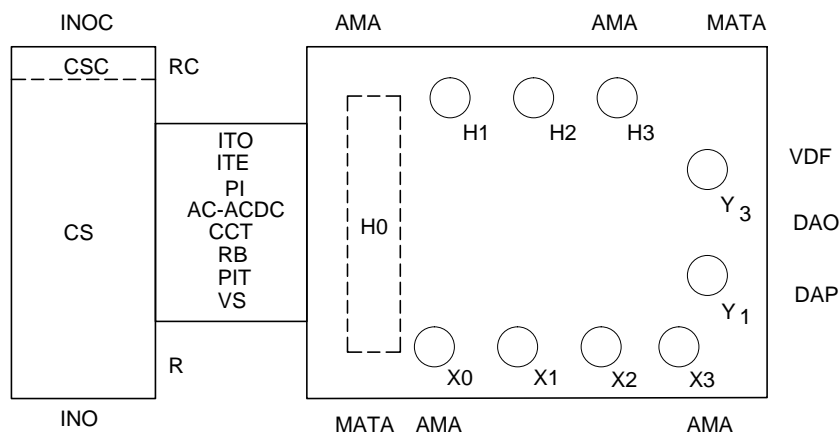
CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	VALORES GARANTIDOS		MÉTODO	
		Mínimo	Máximo		
Aparência	-	O óleo deve ser claro, límpido, isento de matérias em suspensão ou sedimentadas.		Visual	
Densidade a 20/4°C	-	0,861	0,900	ABNT NBR 7148	
Viscosidade cinemática a: (2)	20°C 40°C 100°C	mm <sup>2</sup> /s	- - -	25,0 11,0 3,0	ABNT NBR 10441
Ponto de fulgor	°C	140,0	-	ABNT NBR 11341	
Ponto de fluidez	°C	-	-39,0	ABNT NBR 11349	
Índice de neutralização	mg KOH/g	-	0,02	ABNT NBR 14248	
Tensão interfacial a 25°C	mN/m	40,0	-	ABNT NBR 6234	
Cor ASTM	-	-	1,0	ABNT NBR 14483	
Teor de água	mg/kg	-	10,0	ABNT NBR 10710	
Cloretos	-	Ausentes		ABNT NBR 5779	
Sulfatos	-	Ausentes		ABNT NBR 5779	
Enxofre corrosivo	-	Ausente		ABNT NBR 10505	
Rigidez dielétrica	kV	80,0	-	ABNT NBR IEC 60156	
Fator de perdas dielétricas a 100°C Ou Fator de dissipação a 90°C (3)	%	- -	0,60 0,50	ABNT NBR 12133	
Estabilidade à oxidação: -Índice de neutralização	mg KOH/g	-	0,40	ABNT NBR 10504	
-Borra	% massa	-	0,10	ABNT NBR 10504	
-Fator de dissipação a 90°C (4)	%	-	20,0	ABNT NBR 12133	
Teor de inibidor de oxidação DBPC/DBP	% massa	0,27	0,33	ABNT NBR 12134	
Porcentagem de carbonos	%	Anotar		ASTM D2140	
Teor de bifenilas policloradas (PCB)	mg/kg	Não detectável		ABNT NBR 13882	
Contagem de partículas total	-	-	1500 / 10 ml (15000 / 100 ml)	ABNT NBR 14275	
Teor de DBDS (Dibenzil-Dissulfeto)	mg/ml	Não detectável		ABNT NBR 16412	

**Notas:**

- 1) Antes de iniciar a inspeção, o fornecedor deve apresentar ao inspetor, certificado comprovando todas as características do óleo, contidas nesta tabela.
- 2) O ensaio de viscosidade será realizado em duas temperaturas dentre as três citadas.
- 3) Esta norma requer que o óleo isolante atenda ao limite de fator de perdas dielétricas a 100°C ou ao fator de dissipação a 90°C pelo método ABNT NBR 12133. Esta especificação não exige que o óleo isolante atenda aos limites medidos por ambos os métodos.
- 4) O ensaio do fator de dissipação a 90°C do óleo oxidado pelo método ABNT NBR 10504, será realizado conforme método ABNT NBR 12133.
- 5) Os recipientes destinados ao fornecimento do óleo mineral isolante devem ser limpos e isentos de matérias estranhas.
- 6) O revestimento interno desses recipientes deve ser constituído de resina epóxi, convenientemente curada, ou material equivalente em desempenho.

## ANEXO B - DESENHOS


### DESENHO 1



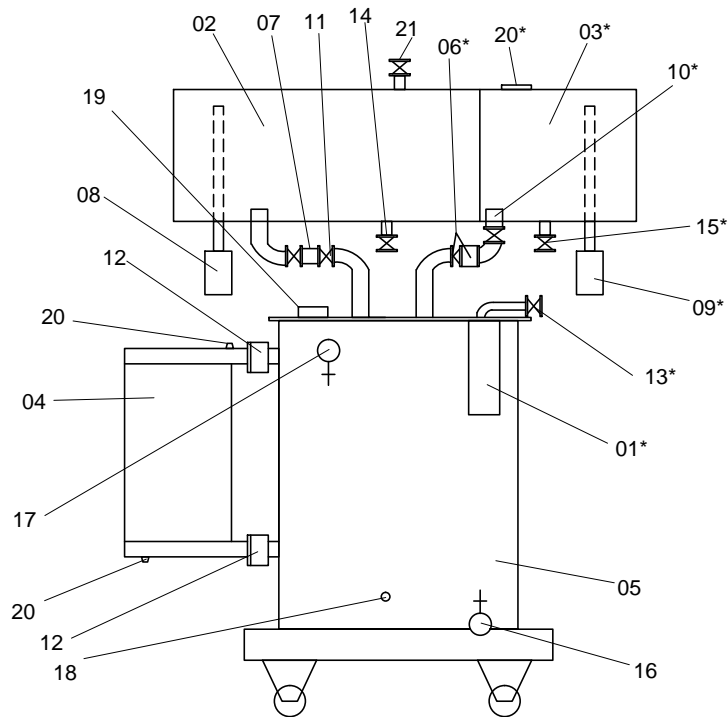
Transformadores e Autotransformadores Trifásicos

#### LEGENDA

- AC - Acionamento do comutador de derivações sem tensão
- ACDC - Acionamento do comutador de derivações em carga
- AMA - Apoio para macacos
- H - Bucha de AT.
- X - Bucha de BT.
- Y - Bucha de terciário.
- CS - Conservador de óleo
- CSC - Conservador de óleo para o CDC
- CCT - Caixa de comando e controle do transformador
- DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo
- DAP - Dispositivo para alívio de pressão
- DPC - Dispositivo de proteção da variação súbita de pressão do CDC
- INO - Indicador de nível de óleo do transformador
- INOC - Indicador de nível de óleo do CDC.
- ITE - Indicador de temperatura do enrolamento.
- ITO - Indicador de temperatura do óleo.
- MATA - Meios de aterramento do tanque.
- PI - Placa de identificação.
- PIT - Provisão da instalação do termômetro.
- R - Respirador do conservador de óleo.
- RB - Relé detetor de gás.
- RC - Respirador do conservador de óleo do CDC
- VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- VS - Válvula superior para filtro.

	CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.			DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS E ACESSÓRIOS - PLANTA		
	DIM.: Em mm	DES.: DT-SNT	APROV.:			
	ESC.: S/Esc.	VISTO:	DATA: OUT/16	NORMA: NTC-36	REF.:	65
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:					

## DESENHO 2



### TRANSFORMADORES E AUTOTRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

#### LEGENDA

- 01 - CDC - Comutador de derivações em carga
- 02 - CS - Conservador de óleo
- 03 - CSC - Conservador de óleo para o CDC
- 04 - RA - Radiador
- 05 - TA - Tanque
- 06 - DPC - Dispositivo de proteção de variação súbita de pressão do CDC (tipo relé c/ válvula)
- 07 - RB - Relé detetor de gás
- 08 - R - Respirador do conservador de óleo
- 09 - RC - Respirador do conservador de óleo p/ o CDC
- 10 - VOC - Válvula p/ reter o óleo do conservador do CDC e do DPC
- 11 - VOT - Válvula p/ reter o óleo do conservador e do relé detetor de gás
- 12 - VOR - Válvula p/ reter o óleo do radiador
- 13 - VDC - Válvula de drenagem do CDC
- 14 - VDCC - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador de óleo
- 15 - VDCC - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador do CDC
- 16 - VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- 17 - VS - Válvula superior de filtragem do óleo
- 18 - DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo do transformador
- 19 - DAP - Dispositivo p/ alívio de pressão
- 20 - B - Bujão (p/ enchimento, drenagem do óleo ou ar)
- 21 - VVC - Válvula p/ vácuo no conservador

\* - ACESSÓRIOS APENAS EM  
TRANSFORMADORES COM "CDC"



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

DIM.: Em mm	DES.: DT-SNT	APROV.:
ESC.: S/Esc.	VISTO:	DATA: OUT/16
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:	

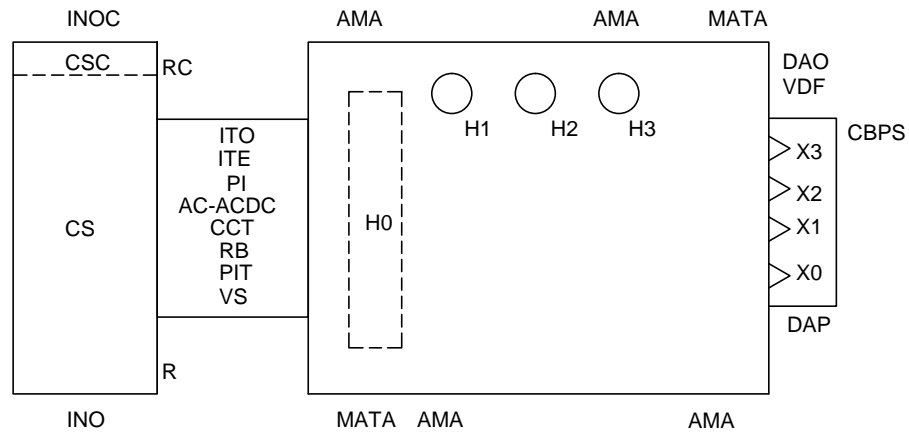
DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS  
E ACESSÓRIOS - VISTA

NORMA: NTC-36

REF.:

66

## DESENHO 3



TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS 69/13,8 kV e 138 /13,8 kV

### LEGENDA

- AC - Acionamento do comutador de derivações sem tensão
- ACDC- Acionamento do comutador de derivações em carga
- AMA - Apoio para macacos
- H - Bucha de AT
- X - Bucha de BT
- Y - Bucha de terciário.
- CS - Conservador de óleo
- CSC - Conservador de óleo para o CDC
- CCT - Caixa de comando e controle do transformador
- DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo
- DAP - Dispositivo para alívio de pressão
- DPC - Dispositivo de proteção contra variação súbita de pressão no CDC
- INO - Indicador de nível de óleo do transformador
- INOC - Indicador de nível de óleo do CDC.
- ITE - Indicador de temperatura do enrolamento.
- ITO - Indicador de temperatura do óleo
- MATA - Meios de aterramento do tanque
- PI - Placa de identificação
- PIT - Provisão para instalação de termômetro.
- R - Respirador do conservador de óleo
- RB - Relé detetor de gás
- RC - Respirador do conservador de óleo do CDC
- VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- VS - Válvula superior para filtro
- CBPS - Caixa protetora da bucha de BT



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

DIM.: Em mm	DES.: DT-SNT	APROV.:
ESC.: S/Esc.	VISTO:	DATA: OUT/16
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:	

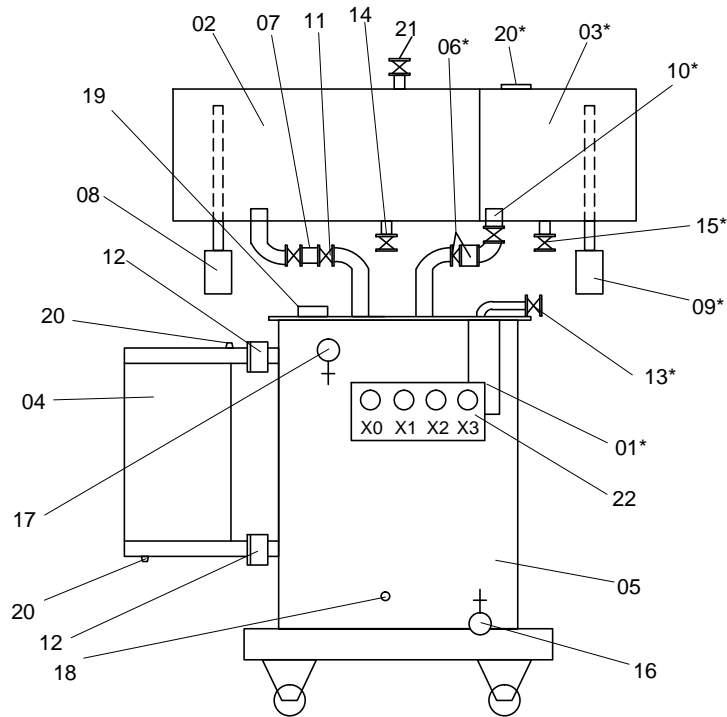
DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS  
E ACESSÓRIOS - PLANTA

NORMA: NTC-36

REF.:

67

## DESENHO 4



TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS 138 -13,8 kV

### LEGENDA

- 01 - CDC - Comutador de derivações em carga
- 02 - CS - Conservador de óleo
- 03 - CSC - Conservador de óleo para o CDC
- 04 - RA - Radiador
- 05 - TA - Tanque
- 06 - DPC - Dispositivo de proteção da variação súbita de pressão do CDC (tipo relé c/ válvula)
- 07 - RB - Relé detetor de gás
- 08 - R - Respirador do conservador de óleo
- 09 - RC - Respirador do conservador de óleo p/ o CDC
- 10 - VOC - Válvula p/ reter o óleo do conservador do CDC e do DPC
- 11 - VOT - Válvula p/ reter o óleo do conservador e do relé detetor de gás
- 12 - VOR - Válvula p/ reter o óleo do radiador
- 13 - VDC - Válvula de drenagem do CDC
- 14 - VDCCS - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador de óleo
- 15 - VDCC - Válvula de drenagem ou amostragem do conservador do CDC
- 16 - VDF - Válvula de drenagem e filtragem de óleo do transformador
- 17 - VS - Válvula superior de filtragem do óleo
- 18 - DAO - Dispositivo para retirar amostra de óleo do transformador
- 19 - DAP - Dispositivo p/ alívio de pressão
- 20 - B - Bujão (p/ enchimento, drenagem do óleo ou ar)
- 21 - VVC - Válvula p/ vácuo no conservador
- 22 - CBPS - Caixa protetora da bucha de BT

\* - ACESSÓRIOS APENAS EM  
TRANSFORMADORES COM "CDC"



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

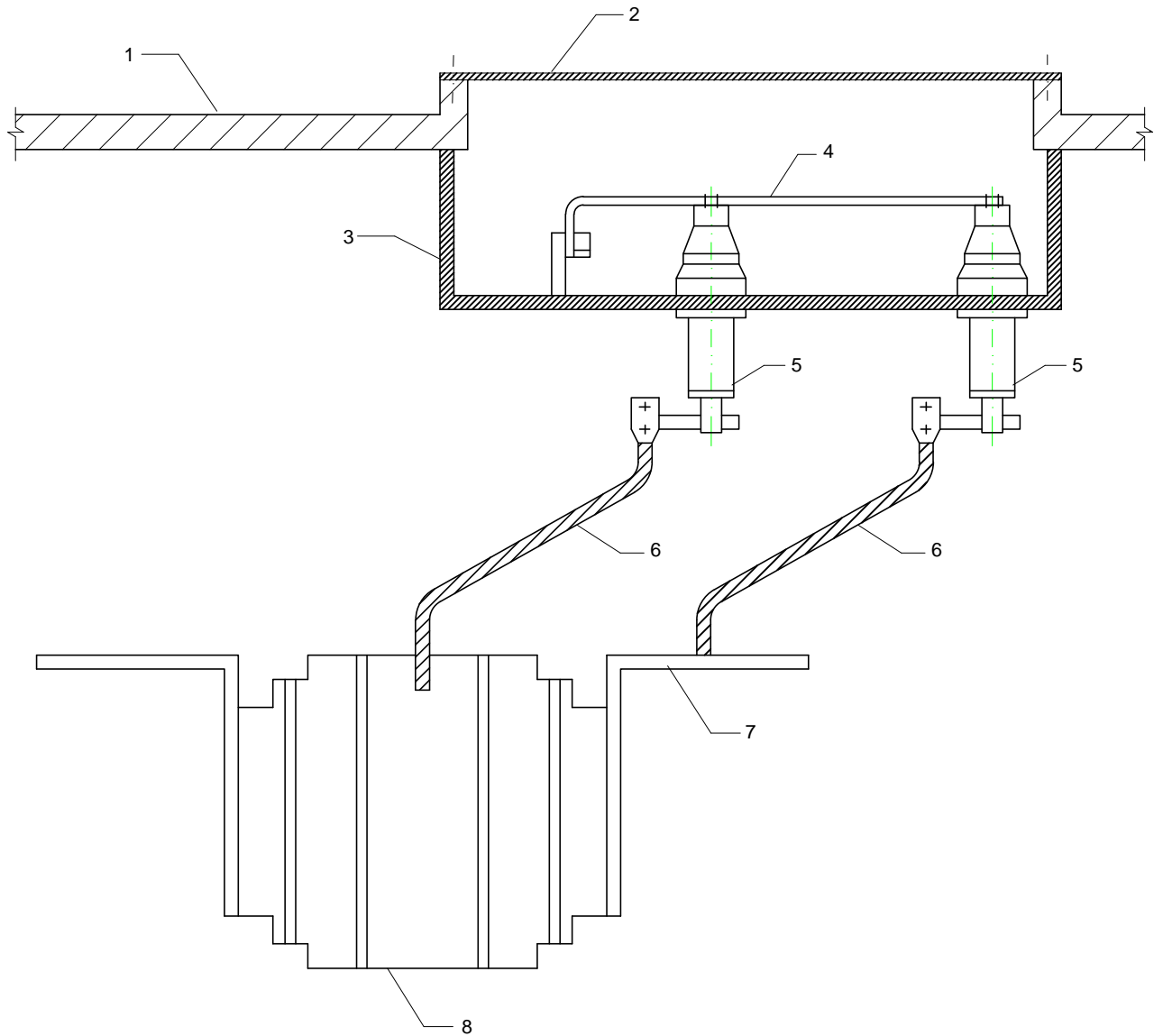
DIM.: Em mm	DES.: DT-SNT	APROV.:
ESC.: S/Esc.	VISTO:	DATA: OUT/16
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:	

DISPOSIÇÃO RECOMENDADA PARA BUCHAS  
E ACESSÓRIOS - VISTA

NORMA: NTC-36    REF.:    68



## DESENHO 5



### LEGENDA

- 1 - Tampa do tanque
- 2 - Tampa para inspeção
- 3 - Caixa de passagem
- 4 - Barra de aterramento
- 5 - Bucha
- 6 - Cordoalha de aterramento
- 7 - Suporte do núcleo
- 8 - Núcleo



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

DIM.: Em mm

DES.: DT-SNT

APROV.:

ESC.: S/Esc.

VISTO:

DATA: OUT/16

ELAB.: DT-SNT

SUBST.:

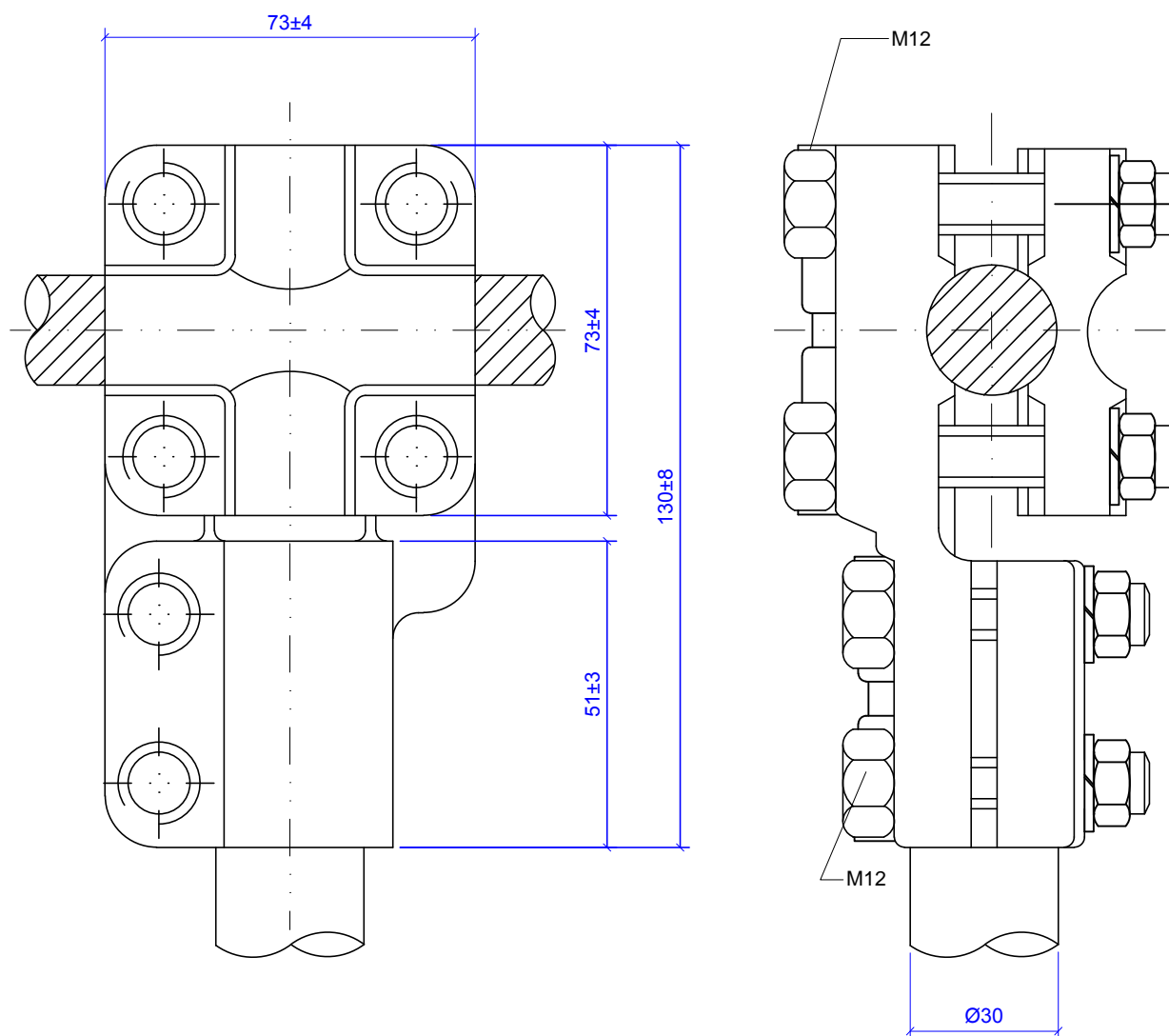
### ATERRAMENTO DO NÚCLEO

NORMA: NTC-36

REF.:

69

# DESENHO 6



## NOTAS:

- 1) Aplicação  
Ligação entre 0 e 90° do pino.
- 2) Material  
Corpo: liga de cobre.  
Parafusos, porcas, arruelas lisa e de pressão: aço zincado a quente.
- 3) Construção e Acabamento  
O corpo deve ser fabricado com travas para a fixação da cabeça dos parafusos.
- 4) Torque de Aperto  
4,6 kgf.m (condutor) e 4,7 kgf.m (pino).
- 5) Identificação  
O corpo do conector e sua embalagem devem ser marcados, legível e indelevelmente, com as seguintes informações:
  - nome e/ou marca comercial do fabricante;
  - faixa de seção nominal do condutor aplicável;
  - diâmetro nominal do pino a ser empregado.



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

DIM.: Em mm

ESC.: S/Esc.

ELAB.: DT-SNT

DES.: DT-SNT

VISTO:

SUBST.:

APROV.:

DATA: OUT/16

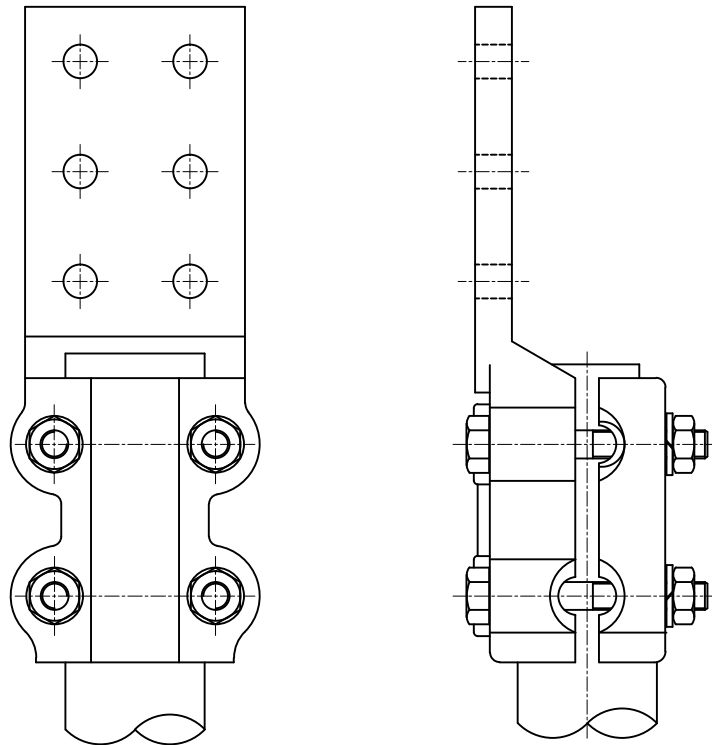
CONECTOR TERMINAL AT, MT E BT

NORMA: NTC-36

REF.:

70

## DESENHO 7



**NOTAS:**

1) Material

Corpo: liga de cobre.

Parafusos, porcas, arruelas lisa e de pressão: aço zincado a quente.

2) Construção e Acabamento

O corpo deve ser fabricado com travas para a fixação da cabeça dos parafusos.

3) Torque de Aperto

4,6 kgf.m (condutor) e 4,7 kgf.m (pino).

4) Identificação

O corpo do conector e sua embalagem devem ser marcados, legível e indelevelmente, com as seguintes informações:

- nome e/ou marca comercial do fabricante;
- diâmetro nominal do pino a ser empregado.



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

DIM.: Em mm

DES.: DT-SNT

APROV.:

ESC.: S/Esc.

VISTO:

DATA: OUT/16

ELAB.: DT-SNT

SUBST.:

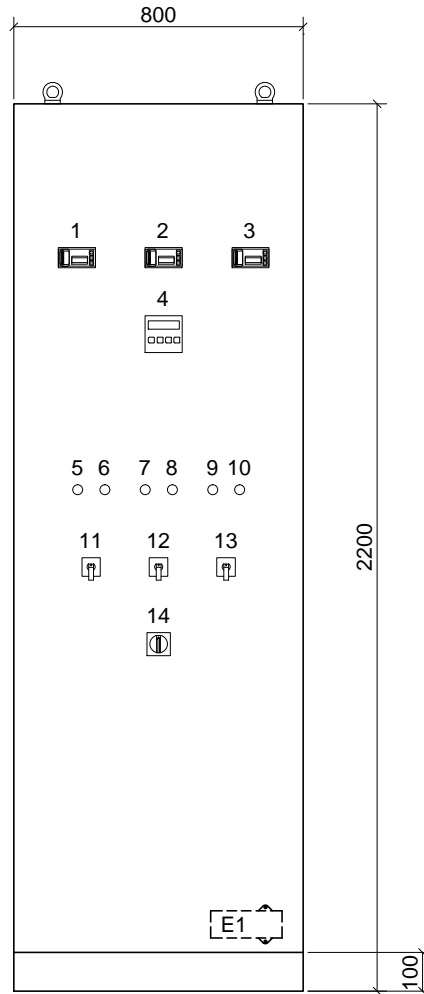
**CONECTOR TERMINAL BT  
TRANSFORMADOR 138/13,8 kV**

NORMA: NTC-36

REF.:

71

## DESENHO 8



**NOTA:**

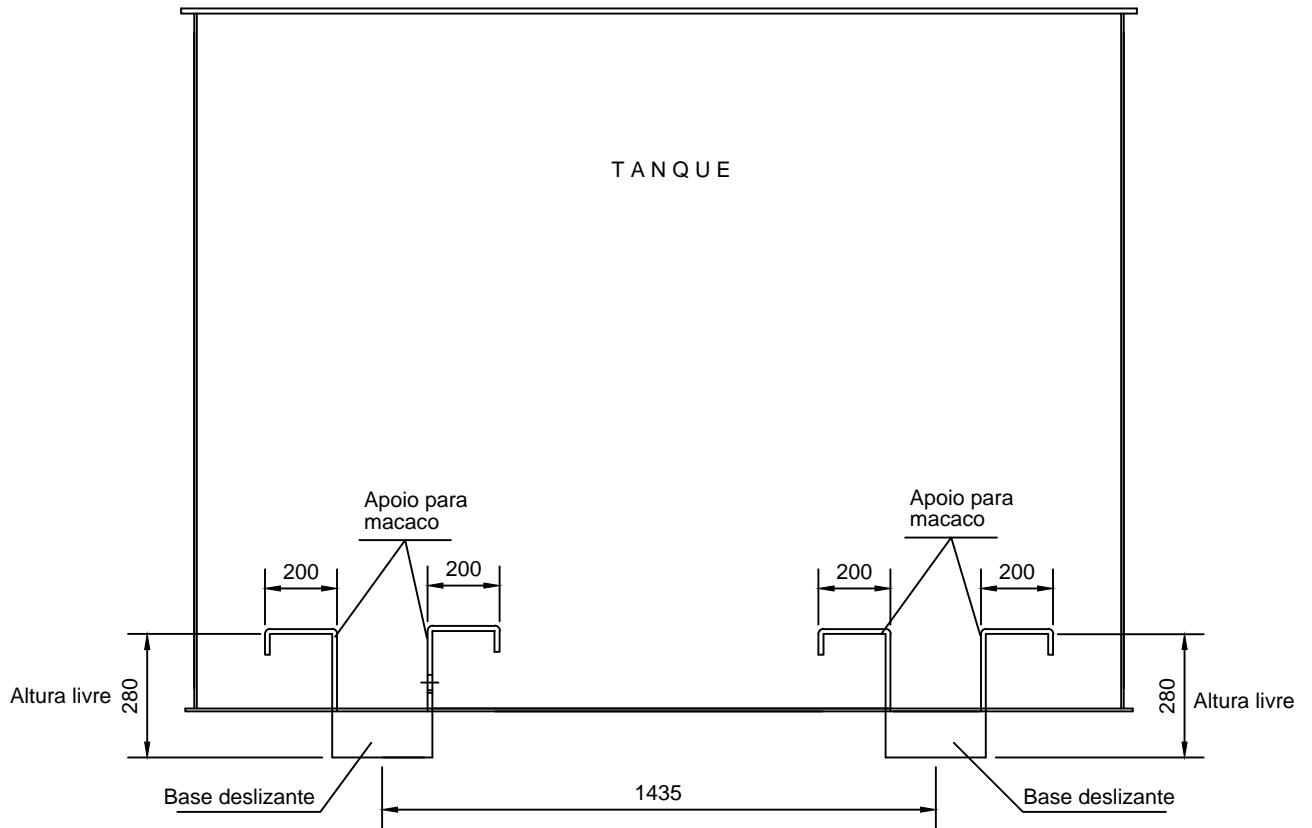
- Profundidade: 800 mm.

**LEGENDA:**

- 1 - Indicador de posição de taps - fase A
- 2 - Indicador de posição de taps - fase B
- 3 - Indicador de posição de taps - fase C
- 4 - Relé regulador de tensão - ANSI 90
- 5 - Sinaleiro VF fase A ligada
- 6 - Sinaleiro VF fase A desligada
- 7 - Sinaleiro VF fase B ligada
- 8 - Sinaleiro VF fase B desligada
- 9 - Sinaleiro VF fase C ligada
- 10 - Sinaleiro VF fase V desligada
- 11 - Chave seleção comando comutador/ventilação fase A
- 12 - Chave seleção comando comutador/ventilação fase B
- 13 - Chave seleção comando comutador/ventilação fase V
- 14 - Chave seleção comando comutador/ventilação ligada/desligada

	CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.			PAINEL DE CENTRALIZAÇÃO		
	DIM.: Em mm	DES.: DT-SNT	APROV.:			
	ESC.: S/Esc.	VISTO:	DATA: OUT/16	NORMA: NTC-36	REF.:	72
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:					

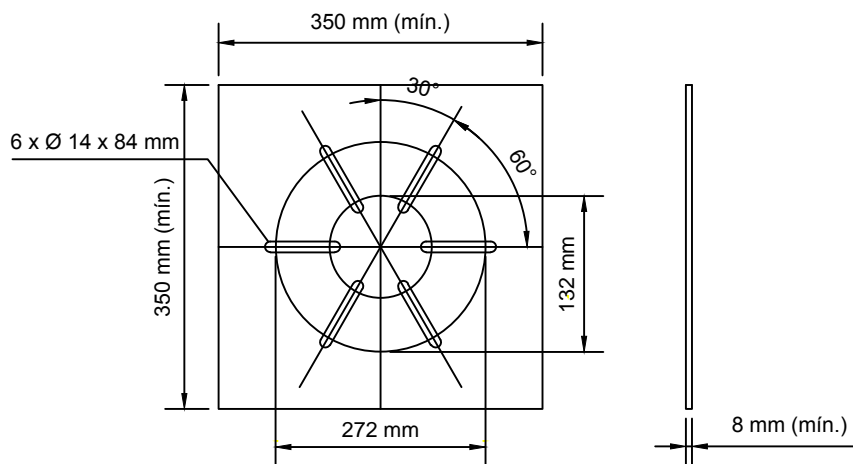
# DESENHO 9



**NOTA:**

- Os apoios para macaco devem ter 200 mm de profundidade.

## APOIO PARA MACACO



**NOTAS:**

- 1 - Características Gerais  
Conforme desenho e especificação.
- 2 - Material  
Aço carbono ABNT 1010 a 1020, laminado.
- 3 - Acabamento  
Zincagem por imersão a quente, conforme ABNT NBR 6323.  
Deve ser isenta de arestas cortantes, rebarbas e outras imperfeições.

## CHAPA PARA SUPORTE DO PARA-RAIOS



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

DIM.: Em mm

DES.: DT-SNT

APROV.:

ESC.: S/Esc.

VISTO:

DATA: OUT/16

ELAB.: DT-SNT

SUBST.:

APOIO PARA MACACO  
TRANSFORMADOR COM BASE DESLIZANTE  
E CHAPA PARA SUPORTE DO PARA-RAIOS

NORMA: NTC-36

REF.:

73

# DESENHO 10



NOTA:

Material: aço inox AISI 304, espessura 0,8 mm.



CELG DISTRIBUIÇÃO S.A.

DIM.: Em mm	DES.: DT-SNT	APROV.:
ESC.: S/Esc.	VISTO:	DATA: OUT/16
ELAB.: DT-SNT	SUBST.:	

PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE CADASTRO DE EQUIPAMENTOS

NORMA: NTC-36 REF.: 74

**ANEXO C**

**QUADRO DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS**

**TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA**

Nome do Fabricante: \_\_\_\_\_

Nº da Licitação: \_\_\_\_\_

Nº da Proposta: \_\_\_\_\_

ITEM	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS UNIDADES
<b>1.</b>	<b>Tipo e/ou Modelo</b>	
<b>2.</b>	<b>Tipo de Resfriamento</b>	
<b>3.</b>	<b>Faixas de Derivações</b>	
<b>4.</b>	<b>Ligações e Deslocamento Angular</b>	
<b>5.</b>	<b>Frequência Nominal</b>	Hz
<b>6.</b>	<b>Nível Máximo de Ruído (último estágio de refrigeração)</b>	dB
<b>7.</b>	<b>Características dos Enrolamentos</b>	
<b>7.1</b>	<b>Enrolamento de AT</b>	
7.1.1	Potência Nominal: ONAN ONAF ONAN/ONAF (segundo estágio de ventilação forçada, se aplicável)	MVA MVA MVA
7.1.2	Tensão Nominal	kV
7.1.3	Tensão Máxima	kV
7.1.4	Tipo de Isolamento	
7.1.5	Curto-Circuito Admissível: - corrente simétrica (valor eficaz) - corrente assimétrica (valor de crista) - duração	kA kA seg
7.1.6	Limites de Elevação de Temperatura: - método da variação da resistência - do ponto mais quente do enrolamento - do topo do óleo	°C °C °C
7.1.7	Tensões Suportáveis Nominais nos Terminais de Fase: - de impulso atmosférico - à frequência industrial - de impulso de manobra	kV kV kV
7.1.8	Tensões Suportáveis Nominais no Terminal de Neutro: - de impulso atmosférico - à frequência industrial	kV kV
7.1.9	Tensão Induzida de Longa Duração	kV
7.1.10	Material Isolante	
7.1.11	Seção do Condutor	mm <sup>2</sup>
7.1.12	Densidade de Corrente	A/mm <sup>2</sup>
7.1.13	Gradiente de Tensão	V/esp.
7.1.14	Resistência Elétrica	Ω/fase

ITEM	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS UNIDADES
<b>7.2</b>	<b>Características do Enrolamento de BT:</b>	
7.2.1	Potência Nominal: ONAN ONAF ONAN/ONAF (segundo estágio de ventilação forçada, se aplicável)	MVA MVA MVA
7.2.2	Tensão Nominal	kV
7.2.3	Tensão Máxima	kV
7.2.4	Tipo de Isolamento	
7.2.5	Curto-Circuito Admissível: - valor eficaz da corrente - duração	kA seg
7.2.6	Limites de Elevação de Temperatura: - método da variação da resistência - do ponto mais quente do enrolamento - do topo do óleo	°C °C °C
7.2.7	Tensões Suportáveis Nominais nos Terminais de Fase: - de impulso atmosférico - à frequência industrial - de impulso de manobra	kV kV kV
7.2.8	Tensões Suportáveis Nominais no Terminal de Neutro: - impulso atmosférico - frequência industrial	kV kV
7.2.9	Tensão Induzida de Longa Duração	kV
7.2.10	Material Isolante	
7.2.11	Seção do Condutor	mm <sup>2</sup>
7.2.12	Densidade de Corrente	A/mm <sup>2</sup>
7.2.13	Gradiente de Tensão	V/esp.
7.2.14	Resistência Elétrica	Ω/fase
<b>7.3</b>	<b>Características do Enrolamento Terciário (se aplicável)</b>	
7.3.1	Potência Nominal: ONAN ONAF ONAN/ONAF (segundo estágio de ventilação forçada, se aplicável)	MVA MVA MVA
7.3.2	Tensão Nominal	kV
7.3.3	Tensão Máxima	kV
7.3.4	Tipo de Isolamento	
7.3.5	Curto-Circuito Admissível: - valor eficaz da corrente - duração	kA seg
7.3.6	Limites de Elevação de Temperatura: - método da variação da resistência - do ponto mais quente do enrolamento - do topo do óleo	°C °C °C
7.3.7	Tensões Suportáveis Nominais nos Terminais de Fase: - à frequência industrial - de impulso atmosférico - de impulso de manobra	kV kV kV



ITEM	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS UNIDADES
7.3.8	Tensões Suportáveis Nominais no Terminal de Neutro: - à frequência industrial - de impulso atmosférico	kV kV
7.3.9	Tensão Induzida de Longa Duração	kV
7.3.10	Material Isolante	
7.3.11	Seção do Condutor	mm <sup>2</sup>
7.3.12	Densidade de Corrente	A/mm <sup>2</sup>
7.3.13	Gradiente de Tensão	V/esp.
7.3.14	Resistência Elétrica	Ω/fase
<b>8.</b>	<b>Características das Buchas:</b>	
<b>8.1</b>	<b>Buchas de AT:</b>	
	- fabricante - tipo - nível de isolamento - tensão nominal - corrente nominal - resistência mecânica a esforço no topo	kV kV A daN
<b>8.2</b>	<b>Buchas de BT:</b>	
	- fabricante - tipo - nível de isolamento - tensão nominal - corrente nominal - resistência mecânica a esforço no topo	kV kV A daN
<b>8.3</b>	<b>Buchas de Neutro/Terciário:</b>	
	- fabricante - tipo - nível de isolamento - tensão nominal - corrente nominal - resistência mecânica a esforço no topo	kV kV A daN
<b>8.4</b>	<b>Conectores das Buchas:</b>	
8.4.1	AT - modelo e tipo - fabricante - capacidades de corrente - elevação máxima de temperatura à corrente nominal - material - massa	A °C kg
8.4.2	BT - modelo e tipo - fabricante - capacidades de corrente - elevação máxima de temperatura à corrente nominal - material - massa	A °C kg

ITEM	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS UNIDADES
9.	<b>Impedâncias percentuais dos enrolamentos para as derivações externas, na base de potência nominal (ONAN) nas tensões nominais (fase-fase), 75°C, 60 Hz:</b> - tensão máxima de _____ V - tensão nominal de _____ V - tensão mínima de _____ V	   %
10.	<b>Perdas</b>	
10.1	<b>Perdas em vazio (Transformadores/Autotransformadores)</b>	
	- à tensão nominal	kW
	- a 105% da tensão nominal	kW
10.2	<b>Perdas em carga e totais referidas à temperatura de 75°C, para operação sob tensão, frequência e plena carga, base ONAF:</b>	
	- perdas $RI^2$	kW
	- perdas em carga adicionais	kW
	- perdas totais (perdas no ferro + em carga + adicionais)	kW
10.3	<b>Perdas em curto-circuito, na condição binária, no máximo estágio de refrigeração, nas condições nominais (somente autotransformador)</b>	
	AT/BT - Base ONAF	kW
	AT/Terciário - Base Pot. Terciário ONAF	kW
10.4	<b>Máximas perdas em curto-circuito na condição binária no máximo estágio de refrigeração, para a derivação correspondente às máximas perdas, na respectiva derivação de tensão. (Autotransformador somente)</b>	
	AT/BT (Base ONAF, relação _____/_____ kV)	kW
	AT/Terc.(base ONAF, relação _____/_____ 13,8 kV)	kW
10.5	<b>Perdas de refrigeração (potência dos motores dos ventiladores)</b>	kW
11.	<b>Corrente de excitação (em percentagem da corrente nominal à plena carga, no último estágio de refrigeração):</b>	
	- à tensão nominal	%
	- a 110% da tensão nominal	%
12.	<b>Rendimento para operação nas derivações nominais, em percentagens de carregamento máximo, nas condições de tensão e potência nominais e fator de potência unitário com:</b>	
	- 100% da carga	%
	- 75% da carga	%
	- 50% da carga	%
	- 25% da carga	%
13.	<b>Regulação de tensão para as condições de carregamento máximo, entre os terminais de alta e baixa tensão</b>	%
14.	<b>Características do Tanque:</b>	
	- espessura da chapa	mm
	- pressão interna máxima suportável durante 24 horas	Pa
	- nível máximo de vácuo suportável	Pa

ITEM	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS UNIDADES
<b>15.</b>	<b>Características do Núcleo:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tipo do núcleo</li> <li>- tipo da chapa de aço silício</li> <li>- perdas unitárias a 60 Hz a uma indução magnética de ____ T</li> </ul>	W/kg
<b>16.</b>	<b>Características do Comutador de Derivações:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tipo</li> <li>- fabricante</li> <li>- acionamento motorizado tipo</li> <li>- número de degraus</li> <li>- frequência nominal</li> <li>- corrente nominal</li> <li>- tensão de alimentação</li> <li>- consumo do mecanismo:</li> </ul>	Hz A Vca W
<b>17.</b>	<b>Transformadores de Corrente</b>	
<b>17.1</b>	<b>TC de bucha para AT:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fabricante</li> <li>- tipo</li> <li>- quantidade de TCs por bucha para proteção</li> <li>- quantidade de TCs para imagem térmica</li> <li>- relação nominal e classe de exatidão para proteção</li> <li>- relação nominal e classe de exatidão para imagem térmica</li> <li>- resistência interna do TC de proteção</li> <li>- valor de tensão de excitação na curva de saturação correspondente à corrente de excitação de 10 A</li> </ul>	
<b>17.2</b>	<b>TC de bucha para BT:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fabricante</li> <li>- tipo</li> <li>- quantidade de TCs por bucha para proteção</li> <li>- quantidade de TCs para imagem térmica</li> <li>- relação nominal e classe de exatidão para proteção</li> <li>- relação nominal e classe de exatidão para imagem térmica</li> <li>- resistência interna do TC de proteção</li> <li>- valor de tensão de excitação na curva de saturação correspondente à corrente de excitação de 10 A</li> </ul>	
<b>17.3</b>	<b>TC de bucha para terciário:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fabricante</li> <li>- tipo</li> <li>- quantidade de TCs por bucha para proteção</li> <li>- quantidade de TCs para imagem térmica</li> <li>- relação nominal e classe de exatidão para proteção</li> <li>- relação nominal e classe de exatidão para imagem térmica</li> <li>- resistência interna do TC de proteção</li> <li>- valor de tensão de excitação na curva de saturação correspondente à corrente de excitação de 10 A</li> </ul>	

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADES CARACTERÍSTICAS
<b>18.</b>	<b>Características dos moto-ventiladores:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fabricante</li> <li>- tipo</li> <li>- quantidade por estágio</li> <li>- tensão de ligação</li> <li>- potência nominal</li> <li>- velocidade nominal</li> <li>- vazão de cada ventilador</li> <li>- perdas dos moto-ventiladores</li> <li>- frequência nominal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>V</li> <li>kW</li> <li>rpm</li> <li>m<sup>3</sup>/min.</li> <li>W</li> <li>Hz</li> </ul>
<b>19.</b>	<b>Características do óleo isolante, após contato com o equipamento:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fabricante</li> <li>- tipo</li> <li>- viscosidade a 20°C (máximo)</li> <li>- densidade a 20°C (máximo)</li> <li>- índice de neutralização</li> <li>- ponto de fulgor (mínimo)</li> <li>- ponto de fluidez (mínimo)</li> <li>- rigidez dielétrica mínima</li> <li>- fator de potência a 100°C</li> <li>- cor ASTM (máximo)</li> <li>- enxofre corrosivo</li> <li>- teor de água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mm<sup>2</sup>/s</li> <li>mg KOH/g</li> <li>°C</li> <li>°C</li> <li>kV</li> <li>%</li> <li>Ωxcm</li> <li>ppm</li> </ul>
<b>20.</b>	<b>Massas Totais (preliminar):</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- de aço silício</li> <li>- de cobre</li> <li>- da parte ativa</li> <li>- do tanque e de todos os acessórios e peças</li> <li>- de óleo</li> <li>- do transformador sem óleo</li> <li>- do transformador com óleo</li> <li>- dos radiadores cheios de óleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>kg</li> <li>kg</li> <li>kg</li> <li>kg</li> <li>kg</li> <li>kg</li> <li>kg</li> <li>kg</li> </ul>
<b>21.</b>	<b>Dimensões (preliminar):</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- altura total</li> <li>- altura até a tampa</li> <li>- comprimento total</li> <li>- largura total</li> <li>- altura de embarque da maior peça</li> <li>- comprimento de embarque da maior peça</li> <li>- largura de embarque da maior peça</li> <li>- altura para remoção da parte ativa do tanque</li> <li>- altura para remoção da bucha de maior tensão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>m</li> <li>m</li> <li>m</li> <li>m</li> <li>m</li> <li>m</li> <li>m</li> <li>m</li> <li>m</li> </ul>
<b>22.</b>	<b>Volume de Óleo Requerido (preliminar):</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- para o tanque principal</li> <li>- para as buchas</li> <li>- para os radiadores</li> <li>- para o compartimento do comutador de derivações</li> <li>- para o conservador de óleo</li> <li>- total</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>l</li> <li>l</li> <li>l</li> <li>l</li> <li>l</li> <li>l</li> </ul>

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADES CARACTERÍSTICAS
<b>23.</b>	<b>Previsão para Ventilação Forçada (se aplicável):</b>	
	- número de estágios - potência máxima do transformador a ser atingida em cada estágio - número de ventiladores por estágio - potência nominal de cada ventilador - velocidade nominal do ventilador - vazão de cada ventilador	MVA  W rpm m <sup>3</sup> /s
<b>24.</b>	<b>Características dos Radiadores</b>	
	- altura - largura - profundidade - tipo construtivo (tubo ou chapa) - número de aletas - volume de óleo/radiador - quantidade de radiadores	mm mm mm   l
<b>25.</b>	<b>Relação X/R</b>	
	- valor da relação X/R.	

**Notas:**

- 1) *Apresentar tabela em separado das impedâncias percentuais para todas as derivações nominais dos enrolamentos na base de potência nominal (ONAN), 75°C, 60 Hz, entre os enrolamentos de alta e baixa tensão, e entre alta e terciário (onde aplicável)*
- 2) *Apresentar curva de sobre-excitação.*
- 3) *Apresentar curva de saturação, incluindo a reatância do núcleo de ar.*
- 4) *O fabricante deve obrigatoriamente apresentar na sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas, sob pena de inabilitação, caso omita qualquer dado técnico do equipamento principal e dos acessórios.*
- 5) *O fabricante deve garantir que a performance e as características dos equipamentos a serem fornecidos estarão em conformidade com as informações aqui apresentadas.*
- 6) *Todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas devem ser compatíveis com as informações descritas em outras partes da proposta de fornecimento. Em caso de dúvidas as informações prestadas no referido quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta.*

**ANEXO D**

**INFORMAÇÕES TÉCNICAS REQUERIDAS COM A PROPOSTA**

**TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA \_\_\_\_\_ kV \_\_\_\_\_ MVA**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>DESENHOS/CATÁLOGOS DE REFERÊNCIA</b>
<b>1</b>	Desenhos de dimensões	
<b>2</b>	Desenho do transformador com radiadores, mostrando a altura do tanque desmontado e altura para remoção das buchas. Desenho para transporte	
<b>3</b>	Catálogos dos seguintes componentes: - buchas de AT - buchas de BT - buchas terciárias (se aplicável) - buchas de neutro - comutador de derivações em carga - mecanismo motorizado do comutador sob carga - termômetro de óleo - sistema indicador de temperatura do enrolamento - relé Buchholz - diafragma do conservador - dispositivo de alívio de pressão - indicador do nível de óleo - relé de controle de tensão para o comutador sob carga - sistema de compensação de queda de tensão na linha - válvulas - registrador de impacto indicando tipo e quantidade a ser fornecida	
<b>4</b>	Dados técnicos do óleo isolante, incluindo a fonte de fornecimento e características conforme Tabela 5.	
<b>5</b>	Descrição detalhada da construção do núcleo principal, das bobinas, do tanque e dos radiadores.	
<b>6</b>	Preparação, pintura de base, e pintura final de todas as superfícies metálicas dos transformadores.	
<b>7</b>	Método de aterramento do neutro.	
<b>8</b>	Capacidade de resistência a curto-circuito (incluindo características de projeto, a descrição da experiência do proponente e dados específicos sobre cada transformador a ser fornecido).	
<b>9</b>	Lista de ferramentas especiais necessárias à montagem dos transformadores, se houver.	
<b>10</b>	Sistema de secagem.	

## **NOTAS RELATIVAS AOS ANEXOS:**

### **E - PEÇAS SOBRESSALENTES ESPECIFICADAS**

O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas nos Quadros de Peças Sobressalentes Especificadas.

A relação deve incluir no mínimo as peças indicadas no Anexo E, sendo que quando o item for relacionado como "conjunto", o fornecedor deve discriminar, à parte, cada peça componente do mesmo.

A CELG D reserva-se o direito de indicar por licitação o conjunto de peças sobressalentes a ser fornecido incluso no preço final.

Devem ser fornecidos pelos fabricantes, sem ônus para a CELG D, todos os equipamentos e ferramentas especiais, de montagem e manutenção, que sejam considerados necessários a uma adequada montagem, desmontagem, ajuste e calibração de qualquer parte do equipamento.

Por equipamentos e ferramentas especiais, ficam definidas aquelas partes especialmente projetadas e fabricadas para uso, de alguma forma, para um equipamento ou cliente particular, devendo o fabricante fornecê-las gratuitamente.

**ANEXO E**

**PEÇAS SOBRESSALENTES ESPECIFICADAS**

**TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA**

**Nome do Fabricante:** \_\_\_\_\_

**Nº da Licitação:** \_\_\_\_\_

**Nº da Proposta:** \_\_\_\_\_

**Tipo do Transformador:** \_\_\_\_\_

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.
1	Bucha de alta tensão completa com acessórios	un	01
2	Bucha de baixa tensão completa com acessórios	un	01
3	Bucha de neutro completa com acessórios	un	01
4	Conjunto de termoresistência PT 100	un	01
5	Monitor de temperatura da imagem térmica	un	01
6	Conjunto de relés auxiliares da caixa de comando	cj	01
7	Relé de controle de tensão	un	01
8	Conjunto de chaves seletoras de cada tipo utilizado na montagem	cj	01
9	Conjunto de transdutores (se houver)	cj	01
10	Conjunto de contator e/ou disjuntor de cada tipo utilizado	cj	01
11	Grupo moto-ventilador	cj	01
12	Conjunto de fusíveis utilizados	cj	01
13	Motor do comutador	un	01
14	Conjunto de contatos de comutação e transição do comutador	cj	01
15	Conjunto de resistores de transição do comutador	cj	01
16	Conjunto de válvulas incluindo uma válvula de cada tipo e tamanho utilizado	cj	01
17	Sistema digital de supervisão de paralelismo	un	01
18	Secador de ar a sílica-gel, de cada tipo empregado	un	01
19	Conjunto indicador de posições para medição de TAP por entrada potenciométrica	cj	01
20	Relé de falta de fase trifásico	un	01

**Nota:**

*Um conjunto de peças sobressalentes indicadas neste ANEXO E, deve estar incluso no preço final dos transformadores e deverão ser fornecidas obrigatoriamente para as aquisições de 01(uma) à 3 (três) unidades idênticas. Nas aquisições superiores a 03(três) unidades de características iguais, a CELG D definirá no Edital de Licitação, o quantitativo de conjuntos adicionais que deverão ser fornecidos inclusos no preço final.*



## ANEXO F

**COTAÇÃO DE ENSAIO DE TIPO**  
**TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA**

Nome do Fabricante: \_\_\_\_\_

Nº da Licitação: \_\_\_\_\_

Nº da Proposta: \_\_\_\_\_

Tipo do Transformador: \_\_\_\_\_

ITEM	ENSAIO	PREÇO (R\$)	CERTIFICADO
1	Nível de ruído		
2	Nível de tensão de radiointerferência		
3	Curto-circuito		
4	Medição da impedância de sequência zero nos transformadores trifásicos		
5	Medição de harmônicas na corrente de excitação		
6	Medição da potência absorvida pelos motores do sistema de resfriamento		
7	Descargas parciais		
8	Vácuo interno		

## ALTERAÇÕES NA NTC-36

Item	Data	Item da norma	Revisão	Alteração
1	SET/08	2	1	Revisão das normas ABNT aplicáveis
2		3.1		Condições do local de instalação
3		3.7		Garantia
4		4.6		Válvulas
5		4.11		Dispositivos de supervisão - Introdução de sensores de monitoramento de temperatura, com medição direta nos enrolamentos
6		4.13.3		Introdução da placa de identificação de cadastro do equipamento
7		4.15		Novo esquema de pintura
8		5.3		Características de exatidão e correntes nominais dos TCs de bucha para proteção
9		Tabela 4		Correntes nominais dos TCs de bucha para proteção
10		Tabela 7		Características do óleo isolante
11		Anexo C		Quadro de dados técnicos e características garantidas

1	MAR/09	2	2	Revisão das normas ABNT aplicáveis
2		3.3.7		Documentos complementares
3		4.5.4.b		Base deslizante
4		4.8		Buchas, pinos e conectores
5		4.9		Disposição das buchas, radiadores, tanque, cabine de controle e acessórios
6		4.10		Sistema de resfriamento
7		4.10.g		Dispositivo de partida individual para cada moto-ventilador
8		4.14		Caixas de controle
9		4.14.1		Equipamentos das cabines
10		5.3.1		Classe de exatidão dos TCs para serviço de proteção
11		8		Provisões técnicas para transporte e armazenagem
12		Tabela 3		Transformador de potência - Características
13		Tabela 4		TCs de bucha para proteção
14		Tabela 5		Autotransformador de potência - Características
15		Desenho 3		Disposição recomendada para buchas e acessórios
16		Desenho 4		Disposição recomendada para buchas e acessórios
17		Desenho 9		Aterramento do núcleo
18		Desenho 12		Painel de centralização
19		Desenho 13		Apoio para macaco
20		Anexo C		Quadro de dados técnicos e características garantidas

1	SET/09	4.11.1.3	3	Indicador de temperatura do enrolamento
2		4.12.2.2		Componentes do comutador de derivações em carga

1	OUT/13	4.12.2.1	4	Introdução do comutador de derivação sob carga à vácuo
---	--------	----------	---	--

1	NOV/14	3	5	Terminologia e Definições
2		4.2.1		Desenho Dimensional
3		4.2.9		Notas item 3
4		4.5.1		Itens obrigatórios
5		4.5.2		Itens opcionais
6		5.12		Dispositivos eletrônicos inteligentes para monitoramento de transformadores
7		5.13		Características comuns dos dispositivos eletrônicos inteligentes e sensores
8		5.14		Características específicas dos dispositivos eletrônicos inteligentes e sensores
9		5.16.1		Placa de identificação

Item	Data	Item da norma	Revisão	Alteração
10	NOV/14	6.3.1	5	Classe de exatidão de TCs para serviço de proteção
11		7.2		Ensaio de Recebimento
12		TABELA 1		Níveis de isolamento para transformadores e buchas
13		TABELA 2		Excluída
14		TABELA 3		Transformadores de Potência - características
15		TABELA 4		TCs de Bucha para proteção
16		TABELA 5		Autotransformador de potência - Características
17		ANEXO C		Quadro de desenhos técnicos e características garantidas
18		ANEXO E		Peças sobressalentes específicas
19		DESENHO 5		Excluído
20		DESENHO 6		
21		DESENHO 7		
22		DESENHO 8		
23		DESENHO 10		Modificado
24	DESENHO 11	Modificado Conector Terminal de BT Transformador 138/13,8 kV		

1	NOV/15	2	6	Revisão das normas ABNT aplicáveis
2		6.4		Foi retirada a informação para o transformador de 230 kV
3		TABELA 4		Atualização da tabela com as normas da ABNT
4		TABELA 5		Foi retirada a nota 5
5		ANEXO C		

1	OUT/16	2	7	Atualização do item Normas e Documentos Complementares
2		6.3.1		Foi excluído o item Classes de Exatidão de TCs para Serviço de Proteção
3		9		O item foi atualizado
4		10		Foi inserido o item Provisões Técnicas para Recebimento
5		10.1		Foi inserido o item Local de Recebimento
6		10.2		Foi inserido o item Inspeção de Recebimento no Local de Entrega
7		10.3		Foi inserido o item Descarregamento e Movimentação.
8		10.4		Foi inserido o item Procedimentos para Ensaio de Recebimento no Descarregamento.
9		10.5		Foi inserido o item Procedimentos para Armazenagem
10		11		Foi inserido o item Condições Específicas para Ensaio de Campo e Operação Inicial
11		TABELA 4		A tabela TCs de Bucha para Proteção de Transformadores foi atualizada com as informações dos TCs
12		ANEXO C		Foi inserido o item 8.4