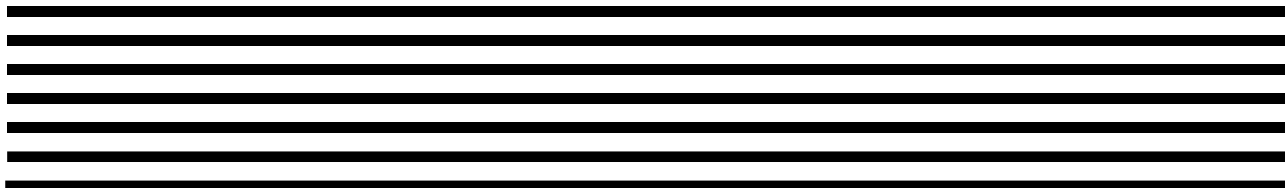


# **NORMA TÉCNICA COPEL – NTC**



**EQUIPAMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO**

## **TRANSFORMADOR SUBTERRÂNEO - 500 kVA SISTEMA RETICULADO SEM CHAVE INTERRUPTORA ACOPLADA**

**NTC 810078**

**22/12/2023**

---

**ORGÃO EMISSOR: COPEL DISTRIBUIÇÃO**

**SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO EMPRESARIAL DA DISTRIBUIÇÃO – SGD  
DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA DE SUPRIMENTOS – DPLS  
DIVISÃO DE NORMALIZAÇÃO TÉCNICA DA DIS – VNTD  
COLABORAÇÃO – DIVISÃO DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO DE SUBESTAÇÕES E  
AUTOMAÇÃO - VEMA**

---

## APRESENTAÇÃO

Esta Norma tem por objetivo estabelecer as condições mínimas exigíveis para o fornecimento do material em referência a ser utilizado nas Redes Subterrâneas de Distribuição Urbana, instalados em câmaras subterrâneas, na área de concessão da Companhia Paranaense de Energia - COPEL.

Para tanto foram consideradas as especificações e os padrões do material em referência, definidos nas Normas Brasileiras Registradas - NBR da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, particularizando-os para as Normas Técnicas COPEL - NTC, acrescidos das modificações baseadas nos resultados de desempenho destes materiais na COPEL.

Com a emissão deste documento, a COPEL procura atualizar as suas Normas Técnicas de acordo com a tecnologia mais avançada no Setor Elétrico.

Em caso de divergência esta Norma deve prevalecer sobre as outras de mesma finalidade editadas anteriormente.

## INDICE

1	OBJETIVO.....	5
2	NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES.....	6
3	DEFINIÇÕES .....	8
4	CONDIÇÕES GERAIS .....	9
4.1	Condições de serviço.....	9
4.2	Identificação dos Transformadores .....	9
4.3	Embalagem.....	9
4.4	Demais condições.....	10
5	CONDIÇÕES ESPECÍFICAS .....	11
5.1	Características operacionais.....	11
5.2	Características elétricas.....	11
5.3	Características construtivas .....	13
5.4	Peças sobressalentes e outros acessórios adicionais .....	23
5.5	Demais características .....	23
6	ENSAIOS .....	24
6.1	Relação dos ensaios.....	24
6.2	Classificação dos ensaios.....	25
6.3	Execução dos ensaios .....	26
6.4	Ensaio do líquido isolante.....	30
6.5	Ensaio para verificação do teor de bifenilas policloradas (PCB).....	30
7	INSPEÇÃO, ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO .....	31
7.1	Generalidades,.....	31
7.2	Formação da amostra .....	31
7.3	Aceitação ou rejeição:.....	32
7.4	Relatórios dos ensaios .....	33

---

8	ANÁLISE TÉCNICA E APROVAÇÃO.....	34
8.1	Aprovação de desenhos e documentos .....	34
8.2	Manual de operação e manutenção .....	35
8.3	Desenhos .....	35
8.4	Demais condições .....	36
9	TREINAMENTO .....	37
10	GARANTIA .....	38
10.1	Garantia .....	38
10.2	Direito de operar com material/equipamento insatisfatório .....	38
11	ANEXOS .....	39
11.1	ANEXO A .....	39
11.2	ANEXO B .....	44

## 1 OBJETIVO

Esta NTC padroniza as dimensões e estabelece as condições gerais e específicas do transformador subterrâneo de distribuição trifásico – submersível destinado às redes subterrâneas de distribuição urbanas, localizados na área de concessão da Companhia Paranaense de Energia – COPEL, instalados em câmaras subterrâneas, conforme descrito no quadro a seguir:

**Quadro 1 – Características Elétricas**

CÓDIGO COPEL	TENSÃO MÁXIMA	TIPO DO TRANSFORMADOR - POTÊNCIA [KVA]	PRIMÁRIO		SECUNDÁRIO	
	[KV]		LIGAÇÃO	TENSÃO NOMINAL [V]	LIGAÇÃO	TENSÃO NOMINAL [V]
20020648	15	TRIFÁSICO SUBMERSÍVEL - 500	TRIÂNGULO	13750/13406/13063/ 12719/12375	ESTRELA COM NEUTRO ACESSÍVEL	216,5/125

**Nota:** a elevação máxima de temperatura deste equipamento deve ser de 55 °C.

## 2 NORMAS E DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Para fins de projeto, seleção de matéria-prima, fabricação, controle de qualidade, inspeção, utilização e acondicionamento dos transformadores subterrâneos de distribuição a serem fornecidos, esta especificação adota as normas abaixo relacionadas, bem como, as normas nelas citadas e em suas versões mais atualizadas:

- ABNT NBR 11835 Acessórios isolados desconectáveis para cabos de potência para tensões de 15 kV a 35 kV – Especificação.
- ABNT NBR 5034 Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV – Especificação.
- ABNT NBR 5356-1 Transformadores de potência – Parte 1: Generalidades.
- ABNT NBR 5356-2 Transformadores de potência – Parte 2: Aquecimento.
- ABNT NBR 5356-3 Transformadores de potência – Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar.
- ABNT NBR 5356-5 Transformadores de potência – Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos.
- ABNT NBR 5356-7 Transformadores de potência – Parte 7: Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido isolante.
- ABNT NBR 16856 Buchas para transformadores imersos em líquido isolante – Tensão nominal de 1,2kV e correntes de 160A até 8.000A – Especificação.
- ABNT NBR 5440 Transformadores para redes aéreas de distribuição – Requisitos.
- ABNT NBR 5456 Eletricidade geral – Terminologia.
- ABNT NBR 5458 Transformador de potência – Terminologia.
- ABNT NBR 5906 Bobinas e chapas laminadas a quente de aço-carbono para estampagem – Especificação.
- ABNT NBR 5915-6 Chapas e bobinas de aço laminadas a frio – Parte 6: Aços microligados.
- ABNT NBR IEC 60529 Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP).
- ABNT NBR 6648 Bobinas e chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural – Especificação.
- ABNT NBR 6649 Bobinas e 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 11888 Bobinas e chapas finas a frio e a quente de açocarbono e de aço de alta resistência e baixa liga – Requisitos gerais.
- ABNT NBR 60085 Isolação elétrica – Avaliação e designação térmicas.
- ABNT NBR 7277 Transformadores e reatores – Determinação do nível de ruído.
- ABNT NBR 9369 Transformadores subterrâneos – Característica elétricas e mecânicas – Padronização.

- ABNT NBR 11889 Bobinas e chapas grossas de aço-carbono e de aço de baixa liga e alta resistência - Requisitos.
- ANSI/IEEE-Std386 Separable Insulated Connector Systems for Power Distribution Systems Rated 2,5kV Through 35kV.
- ASTM B-545 Specification for electrodeposited coatings of Tin.
- ASTM D-1535 Specifying color by the Munsell System.
- SIS-055900 Pictorial surface preparations standards for painting steel surfaces.
- COPEL-NTC 810027 Transformador de Distribuição.
- ABNT NBR 11003 Pintura industrial – Determinação na aderência pelos métodos de corte na pintura.
- ABNT NBR 8158 Ferragens eletrotécnicas para redes aéreas de distribuição de energia elétrica – Especificação.
- ABNT NBR 6326 Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – Especificação.
- CISPR/TR 18-2 Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits.

As siglas acima referem-se a:

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR Norma Brasileira Registrada.
- NTC Norma Técnica Copel.
- ISO International Standardization Organization.
- ASTM American Society for Testing and Materials.
- ANSI/IEEE American National Standards Institute / Institute of Electrical and Electronics Engineers.

As normas mencionadas não excluem outras reconhecidas, desde que, concomitantemente:

- Assegurem qualidade igual ou superior;
- Sejam mencionadas pelo proponente na proposta;
- Sejam anexadas à proposta;
- Sejam aceitas pela COPEL.

Em caso de dúvida ou omissão prevalecem:

- Esta especificação;
- Normas Técnicas COPEL;
- As normas citadas no item 2 desta NTC;
- As normas apresentadas pelo proponente e aprovadas pela COPEL.

---

### **3      DEFINIÇÕES**

Os termos técnicos utilizados nesta especificação estão definidos na NBR 5456, na NBR 5458 e nas demais normas mencionadas no item 2 desta especificação.



## **4 CONDIÇÕES GERAIS**

### **4.1 Condições de serviço**

- 4.1.1 Os transformadores subterrâneos de distribuição abrangidos por esta especificação devem ser adequados para operar a uma altitude de até 1000 metros, em clima tropical com temperatura ambiente de -5°C até 40°C, com média diária não superior a 35°C, umidade relativa do ar de até 100%, precipitação pluviométrica média anual de 1500 a 3000 milímetros, sendo que ficarão expostos ao sol e chuva, à submersão de líquidos de qualquer natureza e à poeira, instalados em câmaras subterrâneas abaixo do nível do solo.
- 4.1.2 O clima contribui para a formação de fungos e acelera a deterioração e a corrosão. O fornecedor deve providenciar a tropicalização e tudo mais que for necessário para o bom desempenho dos transformadores nas condições objeto deste item.
- 4.1.3 Os transformadores aqui especificados são aplicáveis a sistemas elétricos de frequência nominal 60 Hz, com as características dadas na Tabela 1 e configurações dadas na Figura 1 do ANEXO B desta especificação.

### **4.2 Identificação dos Transformadores**

- 4.2.1 Todos os transformadores subterrâneos de distribuição devem possuir placa de identificação conforme Figura 8, de acordo com a NBR 9369, de modo a permitir a leitura das características com o transformador instalado na câmara subterrânea.
- 4.2.2 Todas as informações devem ser gravadas em português de forma legível e indelével. A ocorrência de irregularidades da gravação, superfície metálica porosa e falta de aderência da tinta, serão condições de rejeição.
- 4.2.3 Na parte superior da referida placa deverão ser gravados os dados do fabricante e local de fabricação e na parte inferior deverão ser gravados o número do contrato da COPEL.
- 4.2.4 Na placa deverá constar a inscrição "ISENTO DE PCB".

### **4.3 Embalagem**

- 4.3.1 O acondicionamento dos transformadores deverá ser efetuado de modo a garantir um transporte seguro em quaisquer condições e limitações que possam ser encontradas.
- 4.3.2 A embalagem deverá proteger todo o transformador contra quebras e danos de qualquer espécie, desde a saída da fábrica até a chegada ao local de destino, e ser feita de modo que a massa e as dimensões sejam mantidas dentro de limites razoáveis, a fim de facilitar o manuseio, o armazenamento e o transporte.
- 4.3.3 As embalagens não serão devolvidas ao fornecedor.

4.3.4 O fornecedor deverá atender as recomendações do guia de embalagens, disponível no site da COPEL:

[www.copel.com](http://www.copel.com)

Fornecedores e Parceiros

Guias para fornecedores

Guia de embalagens

4.3.5 Marcações adicionais, necessárias para facilidade de transporte de materiais importados, poderão ser usadas e deverão ser indicadas no contrato ou nas instruções para embarque.

4.3.6 Deverão ser fornecidas proteções das buchas primárias e secundárias juntamente com os transformadores. As buchas primárias deverão ser fornecidas com dispositivo tipo tampão. Deverá ser instalada uma placa de metal contornando as buchas secundárias e aparafusada no transformador. As placas não serão devolvidas ao fabricante e devem ser de material resistente e pintado com o mesmo processo da pintura externa do transformador. As buchas de inserção devem ser fornecidas a parte.

#### **4.4 Demais condições**

4.4.1 Montagem para entrega: os transformadores deverão ser fornecidos completamente montados, cheios de líquido isolante, com as buchas e terminais, todos os dispositivos, equipamentos e acessórios descritos nesta especificação e outros não descritos, mas, solicitados nela ou no contrato, necessários para o seu pronto funcionamento e aptos para operação.

## **5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS**

O transformador subterrâneo, objeto desta especificação, deve atender às características deste item, bem como todas aquelas aqui não relatadas, mas mencionadas através das normas relacionadas no item 2 desta especificação.

### **5.1 Características operacionais**

Os transformadores subterrâneos, objeto desta especificação, devem trabalhar em sistemas do tipo reticulado conforme diagrama apresentado na Figura 1 do ANEXO B desta especificação.

### **5.2 Características elétricas**

#### **5.2.1 Potência nominal**

A potência nominal está indicada no Quadro 1 do item 1 desta especificação.

#### **5.2.2 Tensão nominal e derivações**

A tensão nominal e as derivações dos enrolamentos para o comutador devem ser como apresentadas na Tabela 3 do ANEXO A desta especificação.

#### **5.2.3 Nível de isolamento**

Os transformadores devem ser capazes de suportar o nível de isolamento apresentado na Tabela 4 do ANEXO A desta especificação, sem que ocorram descargas e sem que haja evidência de defeitos.

#### **5.2.4 Frequência nominal**

A frequência nominal é de 60 Hz.

#### **5.2.5 Polaridade**

Os transformadores devem ser de polaridade subtrativa.

#### **5.2.6 Deslocamento angular e diagrama vetorial**

O deslocamento angular nos transformadores trifásicos ligados em triângulo-estrela é de 30°, com fases de tensão inferior atrasadas em relação à correspondente tensão superior (ligação DYN1), de acordo com o diagrama vetorial da Figura 2 do ANEXO B.

## 5.2.7 Perdas

5.2.7.1 Os valores das perdas elétricas não devem exceder os limites apresentados nas colunas 4 e 5 da Tabela 5 do ANEXO A desta especificação.

5.2.7.2 O fabricante deve declarar na sua proposta e garantir as perdas totais na temperatura de 75 °C, com tensão senoidal, à frequência nominal e referidas a tensão nominal principal (correspondente ao TAP 1).

5.2.7.3 As perdas obtidas nos ensaios dos transformadores não devem ultrapassar os valores garantidos sob pena de reprovação dos mesmos.

## 5.2.8 Corrente de excitação

5.2.8.1 O valor da corrente de excitação em porcentagem não deve exceder o limite apresentado na coluna 3 da Tabela 5 do ANEXO A desta especificação.

5.2.8.2 O fabricante deve declarar em sua proposta e garantir o valor percentual da corrente de excitação referida à corrente nominal do enrolamento em que é medida, com tensão senoidal de 13.750 V e à frequência nominal.

5.2.8.3 Ao valor declarado pelo fabricante aplicam-se as tolerâncias indicadas no item 10 da NBR 5356-1.

5.2.8.4 Num transformador trifásico considera-se como corrente de excitação a média aritmética das correntes medidas nas três fases.

## 5.2.9 Impedância de curto-circuito

A impedância dos transformadores, obtida por ensaio (ensaio de curto-circuito) e expressa em porcentagem, deve estar de acordo com o valor especificado na coluna 6 da Tabela 5 do ANEXO A desta especificação, sujeita às tolerâncias e estipulações previstas no item 10 da NBR 5356-1, referidas à tensão nominal (correspondente ao TAP 1).

## 5.2.10 Relação de tensão

A relação de tensão deve atender aos limites de tolerância especificados no item 10 da NBR 5356-1.

## 5.2.11 Limite de elevação de temperatura

Quando o transformador estiver sendo ensaiado sob condições de máxima perda, a elevação de temperatura, acima da temperatura do meio refrigerante, dos enrolamentos ou outras partes do transformador, não deve exceder o limite especificado no item 4.2 da NBR 5356-2.

## 5.2.12 Sobrecarga

Os transformadores podem ser sobrecarregados de acordo com a NBR 5356-7.

Os equipamentos auxiliares, tais como buchas e outros, devem suportar sobrecargas correspondentes a até uma vez e meia a potência nominal do transformador.

#### 5.2.13 Capacidade de curto-circuito

Os transformadores devem ser projetados e construídos para resistir aos efeitos mecânicos e térmicos causados por curtos-circuitos externos, sob as condições previstas na NBR 5356-5.

#### 5.2.14 Regulação

O fabricante deve declarar a regulação de tensão garantida para os transformadores operando com fatores de potência entre 100% e 80% em atraso, a 75°C.

#### 5.2.15 Nível de ruído

Os transformadores devem ser projetados de tal forma que, quando energizados com a tensão 13.750 V, à frequência nominal e sem carga, não excedam o limite máximo de nível do ruído, medidos em decibéis, fixado na coluna 2 da Tabela 6 do ANEXO A desta especificação.

#### 5.2.16 Tensão de rádio interferência

Os transformadores devem ser projetados de tal forma que, quando energizados com a tensão nominal, à frequência nominal e em carga, não excedam o limite de tensão de rádio interferência estabelecido na coluna 3 da Tabela 6 do ANEXO A desta especificação.

### **5.3 Características construtivas**

#### 5.3.1 Dimensões

Devem ser atendidas as dimensões externas máximas indicadas na Figura 3 do ANEXO B desta especificação, figura 21 do anexo A da NBR 9369 e Tabela 2 do ANEXO A desta especificação. Sendo que o formato apresentado tem caráter ilustrativo, portanto, não tem caráter de padronização.

#### 5.3.2 Peso

O peso do transformador não deve superar os valores indicados na coluna 8 da Tabela 2 do ANEXO A desta especificação.

#### 5.3.3 Posicionamento dos componentes

Os componentes (dispositivos, acessórios e outros) estão apresentados na Figura 3 do ANEXO B desta especificação, sendo que o mesmo tem caráter ilustrativo, portanto, o posicionamento indicado não tem caráter de padronização.

#### 5.3.4 Tanque

- 5.3.4.1 O tanque não tem respirador. Deve, portanto, funcionar hermeticamente fechado e ser de construção robusta para suportar a variação da pressão interna, bem como, o peso próprio quando suspenso. O tanque deve ser de construção selada, de chapas de aço, com espessuras indicadas na Tabela 7 do ANEXO A desta especificação e cuja composição química e características mecânicas devem estar de acordo com a NBR 6650 e NBR 11888.
- 5.3.4.2 O tanque deve ter dimensões e formato de maneira que a pressão interna no espaço gasoso resultante da operação à potência nominal não exceda a 0,05 MPa (0,5 kgf/cm<sup>2</sup>).
- 5.3.4.3 O nível do líquido isolante a 25°C deve ser marcado internamente no tanque, em baixo ou em alto relevo e pintado com tinta indelével, contrastante com a pintura interna, visível através da abertura de inspeção quando existente e deve estar no mínimo 50 mm acima da parte ativa de maior cota em relação ao fundo do tanque.
- 5.3.4.4 O tanque deve suportar uma moderada sobre pressão de ar seco ou gás inerte acima da superfície do óleo durante o transporte e operação. Deve suportar também uma moderada sobre pressão de nitrogênio, com que será preenchido, acima da superfície do óleo, para reduzir ou evitar a corrosão interna de suas paredes durante a operação normal.
- 5.3.4.5 O tanque deve ser bastante rígido e forte de modo que o transformador totalmente montado, cheio de líquido isolante e com os barramentos de baixa tensão instalados, possa ser levantado, sem deformação, por ganchos de suspensão, soldados em sua parte exterior.

#### 5.3.5 Paredes Laterais

- 5.3.5.1 A chapa das paredes laterais deve estar de acordo com a Tabela 7 do ANEXO A desta especificação, bem como as NBR 6649, NBR 6650, NBR 11888, NBR 6648 e NBR 11889 no que forem aplicáveis.
- 5.3.5.2 Os seguintes dispositivos e acessórios devem estar localizados nas paredes laterais:
- Termômetro tipo mostrador, com ponteiro de arrasto, para líquido isolante;
  - Indicador de nível de líquido isolante;
  - Válvula globo para ligação do filtro prensa e drenagem do líquido isolante;
  - Válvula globo para ligação do filtro prensa e enchimento do líquido isolante;
  - Terminal de neutro;
  - Terminal para aterramento;
  - Dispositivo para acoplamento e suporte do protetor de rede;
  - Ganchos para suspensão do transformador.

### 5.3.6 Radiadores

- 5.3.6.1 As chapas dos radiadores devem estar de acordo com a Tabela 7 do ANEXO A desta especificação, bem como, atender as NBR 5906 e NBR 5915-6, no que forem aplicáveis.
- 5.3.6.2 Os radiadores devem ser soldados ao tanque de modo a não dificultar a ligação dos cabos aos respectivos terminais primários e secundários.
- 5.3.6.3 Somente serão aceitos radiadores galvanizados a quente, como elementos dissipadores de calor, confeccionados com aletas.

### 5.3.7 Tampa

- 5.3.7.1 A tampa principal deve ser construída de chapa de aço com espessura indicada na Tabela 7 do ANEXO A desta especificação, com composição química e características mecânicas de acordo com as NBR 6649, NBR 6650, e NBR 11888.
- 5.3.7.2 A tampa deve ser soldada ao tanque. Deve haver entre a tampa e o tanque, material que separe as respectivas chapas de forma a evitar a corrosão e o acúmulo de impurezas entre ambas, facilitando a remoção da tampa quando necessário. Tal material não poderá sofrer alterações por ocasião da soldagem da tampa, nem em contato com gases internos ao transformador, bem como, em contato com o líquido isolante. Outro método poderá ser empregado desde que garanta a mesma função, com qualidade igual ou superior ao método descrito neste item.
- 5.3.7.3 Todas as aberturas na tampa do transformador devem ter ressaltos para impossibilitar acumulação e penetração de água junto as guarnições.
- 5.3.7.4 A tampa deve possuir olhais de suspensão. O processo de fixação destes olhais deve ser de tal forma que a tampa não precise ser perfurada.
- 5.3.7.5 Os seguintes dispositivos e acessórios devem estar localizados na tampa principal:
  - a) Válvula de alívio de pressão;
  - b) Dispositivo de suspensão da tampa;
  - c) Dispositivo para enchimento de gás;
  - d) Abertura de inspeção com tampa;
  - e) Manovacuômetro.

### 5.3.8 Fundo

- 5.3.8.1 O fundo do transformador deve ser suficientemente rígido, com espessura mínima indicada na Tabela 7 do ANEXO A desta especificação, com composição química e características mecânicas de acordo com as NBRs 6649, 6650 e 11888.
- 5.3.8.2 Junto ao fundo do tanque deve ser instalada uma base para arrasto, com comprimento não inferior a 1/3 da altura total do transformador e disposto de maneira tal que, utilizando macacos ou alavancas para suspendê-lo, não danifiquem o fundo ou os seus radiadores.
- 5.3.8.3 A base deve ser apropriada para o deslocamento do transformador com o uso de roletes ou suporte com rodas, que não fazem parte deste fornecimento.
- 5.3.8.4 A projeção do tanque, sem radiadores e acessórios, deve estar contida no contorno da base de arraste.

### 5.3.9 Dispositivos para acoplamento e suporte

Os transformadores devem ser fornecidos conforme descrito a seguir.

#### 5.3.9.1 Com dispositivo para acoplamento de suporte para caixa do protetor

Para o acoplamento do protetor de rede, o transformador deve possuir no lado da tensão secundária, uma garganta com flange na extremidade e suporte de sustentação cujas dimensões, furações e posições relativas estejam de acordo com a Figura 5 do ANEXO B desta especificação.

A ligação entre o protetor de rede e o transformador deve ser feita através dos conectores flexíveis conforme a Figura 6 do ANEXO B desta especificação.

Os conectores flexíveis devem ser fornecidos juntamente com os transformadores.

O protetor de rede não faz parte do escopo deste fornecimento.



### 5.3.10 Terminal de neutro

5.3.10.1 O condutor de neutro do enrolamento de tensão secundária deve ser ligado a uma barra de material condutor, em aço inox ou cobre eletrolítico com capacidade de condução de corrente não inferior à dos terminais de tensão secundária, soldada na face interna da parede do transformador.

5.3.10.2 Externamente, o terminal de neutro em aço inoxidável deve ser soldado, na mesma parede em posição simétrica oposta à barra interna, diretamente ao tanque de acordo com a Figura 7 e com a Figura 3 do ANEXO B desta especificação.

5.3.10.3 A ligação interna deve ser facilmente desfeita preferencialmente através da abertura de inspeção, ou através da abertura de fixação da válvula de alívio de pressão, quando possível.

### 5.3.11 Marcação externa dos terminais

5.3.11.1 A marcação externa dos terminais de tensão primária e secundária deve estar de acordo com a disposição e localização da figura 9 do anexo A da NBR 9369.

5.3.11.2 A marcação deve ser feita em tinta na cor branca, com os caracteres possuindo altura não inferior a 30 mm, e imediatamente acima dos terminais.

### 5.3.12 Buchas

5.3.12.1 As buchas de tensão secundária do transformador devem atender as prescrições das NBRs 5034 e 16856, no que forem aplicáveis.

5.3.12.2 As buchas devem ser desmontáveis pela parte externa do transformador.

5.3.12.3 Todas as partes em contato, planas ou roscadas, devem ser prateadas.

5.3.12.4 As buchas de baixa tensão, em número de três, localizadas no flange da parede lateral do transformador devem ter as seguintes características:

- a) Conforme a figura 18, do anexo A da NBR 9369 - bucha secundária 1,3 kV/1875 A;
- b) O conector interno, do tipo barra, deve ser soldado a prata, à haste condutora. A este conector será ligado o terminal flexível proveniente do barramento do enrolamento de tensão secundária do transformador;
- c) A barra deve ser interrompida entre as buchas de tensão secundária pela inserção de material não-magnético;
- d) As hastas condutoras devem ser em cobre eletrolítico, 98 % IACS, e apresentar, quando para acoplamento em protetor de rede um comprimento livre mínimo de 44mm, um diâmetro de 38,1mm (1. 1/2") e rosca padrão americano 12 UNF-2 A.
- e) Todas as peças metálicas condutoras e de conexão, bem como, os parafusos de ligação e porcas deverão ser em liga de cobre e prateadas.

- 5.3.12.5 As buchas de baixa tensão deverão ser acompanhadas de conector flexível conforme descrito na NBR 9369.
- 5.3.12.6 As buchas de alta tensão, em número de três, localizadas no lado oposto das buchas de baixa tensão, deverão ser do tipo poço moldado em epóxi, isentas de bolhas, inclusões e outras imperfeições, que permitam a conexão aos terminais desconectáveis do tipo DEAD BREAK com dispositivos de fixação.
- 5.3.12.7 Juntamente com as buchas tipo poço, deverão ser fornecidas as buchas de inserção moldadas em borracha para serem utilizados com cabos de isolamento extrudada (15 kV), com as características da norma ANSI/IEEE Std 386.
- 5.3.12.8 Todas as partes metálicas condutoras das buchas de alta tensão, bem como, os parafusos de ligação e porcas deverão ser em liga de cobre e prateadas.
- 5.3.13 Materiais isolantes
- 5.3.13.1 Os isolamentos devem ser projetados de maneira a resistir aos esforços resultantes das tensões especificadas (frequência industrial e de impulso) a que possam estar sujeitos durante a operação.
- 5.3.13.2 Os materiais isolantes dos transformadores desta especificação são da classe A (105 °C), conforme NBR 60085.
- 5.3.13.3 Os materiais isolantes e compostos de impregnação não devem afetar nem serem afetados pelo líquido isolante, nem sofrer deterioração indevida quando submetidos à temperatura resultante da operação normal do equipamento.
- 5.3.13.4 Quando se utilizar o enrolamento de baixa ou de alta tensão do tipo lâmina, deverá ser utilizada dupla camada (mínima) de isolamento (papel ou outro material) entre as espiras dos enrolamentos.
- 5.3.14 Enrolamentos
- 5.3.14.1 Devem ser de cobre ou alumínio, de forma a atender as características elétricas especificadas no item 5.2 desta especificação.
- 5.3.14.2 Devem ser projetados de maneira a resistir aos esforços resultantes das tensões especificadas (frequência industrial e de impulso) a que possam estar sujeitos durante a operação e aos ensaios de curto-circuito.
- 5.3.14.3 Todos os enrolamentos do transformador devem ser de isolamento total para a terra.
- 5.3.14.4 A impregnação dos enrolamentos, de preferência, deve ser feita antes da colocação do núcleo.
- 5.3.14.5 As ligações entre as bobinas devem ser feitas por solda forte, à compressão ou equivalente, não sendo permitida solda de estanho.
- 5.3.14.6 Os terminais internos devem ser marcados de modo a permitir a identificação, de maneira permanente, da fase a que pertence.

5.3.14.7 Os condutores terminais internos e partes vivas devem ser instalados com folga, providos de esforços adequados. Os condutores terminais internos acima de 600V devem ser isolados. Os condutores das fases devem ir diretamente das buchas às bobinas, e nas derivações para o comutador, devem ser executadas por solda forte.

5.3.14.8 O fabricante deve informar a seção dos condutores, o número de espiras e o peso para todos os enrolamentos, na ocasião do fornecimento do relatório de ensaios.

#### 5.3.15 Núcleo

5.3.15.1 Fica a critério do fabricante a escolha do tipo de núcleo mais adequado, para atender às características elétricas e mecânicas exigidas para o transformador. Deve ser preocupação do fabricante, o uso de matéria-prima da melhor qualidade e procedência, bem como das mais modernas técnicas de projeto de núcleo e processamento mecânico e térmico na sua fabricação.

5.3.15.2 Entretanto, para os transformadores abrangidos por esta especificação, ficam estabelecidas as seguintes condições mínimas e recomendações:

- a) Deve ser possível, no caso de manutenção, a sua retirada ou reaproveitamento sem o uso de máquinas, equipamentos ou ferramentas especiais.
- b) O núcleo deve ser construído com chapas de aço silício de grãos orientados, laminado e não envelhecível, recozidas convenientemente, ou material de qualidade superior, de forma a atender ao limite de perdas em vazio especificado no item 5.2.7 desta especificação.
- c) O isolamento de ambas as superfícies das lâminas deve ser de composto inorgânico, produzido por processo termoquímico durante a laminação do próprio aço silício. Não se aceita papel para isolamento.
- d) As lâminas devem ser presas no lugar por uma estrutura apropriada, que sirva como meio de centrar e firmar no tanque o conjunto núcleo-bobina, de tal modo que o mesmo não tenha movimento em quaisquer direções. Esta estrutura deve também permitir a retirada do conjunto do tanque.
- e) Para fins de ligação à terra, o núcleo deve ter ligação elétrica ao tanque.
- f) Os tirantes e calços devem ser isolados em material que permitam, após alguns anos, a retirada da parte flexível.

#### 5.3.16 Acessórios

Quaisquer parafusos, necessários para a fixação dos acessórios junto ao tanque, paredes ou tampa, não devem atravessar as suas chapas.

Todos os acessórios deverão ser compatíveis com o líquido isolante de origem mineral naftênico e deverão ser protegidos contra a corrosão.

##### 5.3.16.1 Dispositivo para mudança de derivação

Para mudança de derivação deve ser utilizado um comutador de derivações, observando-se:

- a) O comutador de derivações, para operação do transformador sem tensão deve possuir acionamento interno.

- b) O mecanismo de operação deve ser acessível através de abertura de inspeção e permitir o travamento do comutador em qualquer uma das posições, sendo estas perfeitamente identificáveis de acordo com o diagrama apresentado na placa de identificação da figura 35 do anexo A da NBR 9369/87.

#### 5.3.16.2 Válvula globo para ligação do filtro prensa, enchimento e drenagem do líquido isolante

O transformador deve ser provido de válvula, do tipo globo com diâmetro nominal de 1 ¼" RWG, para ligação do filtro prensa, enchimento e para drenagem do líquido isolante, de acordo com as figuras 25A e 25B do anexo A da NBR 9369, providas de bujão preso por corrente ao corpo da válvula.

#### 5.3.16.3 Termômetro tipo mostrador para líquido isolante

O transformador deve ser provido de um termômetro tipo submersível com grau de proteção IP 68, conforme figura 27, do anexo A da NBR 9369, devendo possuir ainda uma caixa de ligação para os dois contatos ajustáveis para alarme e desligamento.

Deve estar localizado na parede lateral de maior dimensão do tanque (reversível para ambas laterais) e indicar a temperatura próxima à superfície do líquido isolante.

Os termômetros deverão vir lacrados de fábrica com selo de integridade do fabricante. Desta forma, os contatos de alarme deverão vir já pré-ajustados em 95°C e 105°C para que não seja necessária à sua abertura para ajustes.

- a) Ser preferencialmente do tipo de haste reta, alternativamente, pode ser do tipo de tubo capilar, devendo neste caso ser o tubo capilar protegido contra corrosão, abrasão e choques mecânicos por meio de uma armadura metálica flexível.
- b) Deve ser instalado com poço de óleo para permitir a troca sem esgotamento do óleo do transformador.
- c) Um ponteiro para indicar a temperatura instantânea do óleo e um ponteiro de arraste para indicar a temperatura máxima atingida num determinado período. O ponteiro de arraste deve ter ainda um dispositivo de acesso externo para seu retorno (por imã). Não será admitido sistema de retorno do ponteiro de arraste por haste que atravesse o vidro.
- d) Escala graduada de, no mínimo, 0 a 120°C, em intervalos de no máximo 5°C, com precisão mínima de  $\pm 3^\circ\text{C}$  na faixa de 20 a 110°C e em arco de 210 graus.
- e) Mostrador com diâmetro mínimo de 100mm com inscrições indeléveis sob calor e umidade.
- f) Meios que possibilitem a aferição e calibração do instrumento por comparação com um termômetro padrão.
- g) Ser provido de dois contatos elétricos, contatos NA, do tipo "micro switch" preferencialmente, com capacidade de condução contínua de no mínimo 3A sob 250 V C.C., ajustáveis.
- h) Os contatos deverão vir ajustados para atuação em 95°C e 105 °C.

#### 5.3.16.4 Indicador de nível de líquido isolante

O transformador deve ser provido de indicador de nível do líquido isolante, tipo submersível.

O indicador deve ser do tipo magnético com boia metálica conforme figura 28 do anexo A da NBR 9369. Deve possuir graduação para indicar os níveis máximo e mínimo na temperatura de 25°C. Deve ter contato ajustado para fechamento quando a boia atingir a posição correspondente ao nível mínimo.

#### 5.3.16.5 Manovacuômetro tipo mostrador para gás inerte

Cada transformador deve ser provido de um manovacuômetro tipo mostrador para gás inerte, tipo submersível, com grau de proteção IP 68 com ponteiro de arrasto colocado em posição que permita fácil leitura de pressão do gás inerte com o transformador em serviço conforme figura 30 do anexo A da NBR 9369. Deve possuir escala que indique a faixa de -1kgf/cm<sup>2</sup> a +1kgf/cm<sup>2</sup>.

Deve possuir contato elétrico ajustado para atuar em 0,6 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### 5.3.16.6 Válvula de alívio de pressão

A válvula de alívio de pressão deve ser prevista para operação à pressão positiva de 0,07 MPa (0,7 kgf/cm<sup>2</sup>) e provida de indicador visual de operação (cor vermelha) que deverá permanecer nessa posição, mesmo quando a válvula retornar automaticamente à posição inicial.

Deve ficar localizada na tampa do transformador e deve ser confeccionado em material não corrosível.

#### 5.3.16.7 Terminal de aterramento

Deve ser conector em aço inoxidável, conforme figura 31 do anexo A da NBR 9369. Quanto ao torque, o conector deve suportar o valor mínimo de ensaio especificado na tabela 5 da NTC 810027 sem sofrer ruptura nem deformação permanente.

Este dispositivo deve estar localizado em local de fácil acesso, conforme Figura 3 do ANEXO B desta especificação.

#### 5.3.16.8 Meios para suspensão da parte ativa e do transformador

O tanque do transformador deve possuir 4 ganchos para suspensão, permitindo o seu levantamento, com o líquido isolante em seu nível normal.

Os ganchos para suspensão não devem apresentar arestas vivas na posição de encaixe do cabo para levantamento

A parte ativa deve possuir meios para suspensão que possibilite a sua retirada do tanque do transformador em nível.

#### 5.3.16.9 Abertura de inspeção

A abertura de inspeção, quando necessária, deverá ser construída com a mesma chapa especificada para a tampa principal, deverá localizar-se e ter dimensões que permitam a realização de inspeção interna e acesso ao comutador de derivações, buchas secundárias e ao neutro.

Esta tampa da abertura de inspeção não poderá ser soldada ao tanque.

#### 5.3.16.10 Dispositivo para enchimento de gás

Deve ser instalado na tampa do transformador e ser confeccionado conforme a figura 2 do anexo A da NBR 9369.

#### 5.3.17 Placa de identificação

Cada transformador deve ser provido de uma placa de identificação de aço inoxidável com espessura mínima de 0,8 mm, fixada ao suporte através de rebites de aço inoxidável a uma distância mínima de 20 mm entre a placa e o tanque. A placa deve ser colocada em posição visível, sempre que possível do lado de tensão secundária, indelevelmente marcada, observando ainda as seguintes informações:

- a) Nome do fabricante;
- b) Número de série do fabricante;
- c) Data de fabricação;

- d) Tipo de transformador do fabricante;
- e) Potência Nominal (kVA);
- f) Elevação de temperatura do líquido isolante e dos enrolamentos (°C);
- g) Número de fases;
- h) Tipo de resfriamento;
- i) Impedância (%) e tensão de ensaio (V);
- j) Frequência (Hz);
- k) Tipo de líquido isolante;
- l) Níveis de isolamento (kV);
- m) Norma aplicada;
- n) Quadro de tensões primárias e terminais para o comutador;
- o) Quadro de tensão secundária;
- p) Diagrama fasorial;
- q) Peso da parte ativa (extraível);
- r) Peso do tanque e acessórios;
- s) Peso do líquido isolante;
- t) Peso total;
- u) Número do livro de Instruções;
- v) Volume do líquido isolante;
- w) Número do contrato da COPEL;
- x) Número de ordem da COPEL.

### 5.3.18 Líquidos isolantes

O líquido isolante deve ser de origem mineral naftênico conforme as resoluções vigentes da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), e após contato com o equipamento, deve possuir as seguintes características.

Deve ter aparência clara e límpida e ser isento de matérias em suspensão ou sedimentadas. Os valores limites das propriedades físicas, químicas, elétricas e ambientais do referido óleo, estão contidos nas resoluções da ANP e deverão ser verificados por ocasião da inspeção.

Deve ser isento de ascaréis (PCB - bifenilas policloradas). Esta informação deverá constar no Boletim de Inspeção de Material – BIM.

### 5.3.19 Acabamento e pintura

#### 5.3.19.1 Pintura externa

Após a fabricação do tanque dever-se-á realizar o seguinte preparo e acabamento:

- a) Preparo da superfície: jateamento abrasivo ao metal, quase branco, e conforme padrão Sa 2 ½ da Norma Sueca SIS 055900.

- b) Primer: uma demão de tinta de fundo, à base de resina epóxi, bi componente, curada com poliamida, pigmentada com zinco, tendo como conteúdo de zinco metálico na película seca superior a 85%, com espessura mínima do filme seco de 80µm. Sólidos por volume mínimo de 53%.
- c) Intermediário: uma demão de tinta epóxi alcatrão de hulha, bi componente, curada com poliamida, pigmentada com cargas inertes, de alta resistência à abrasão, com espessura mínima de filme seco de 200 µm, na cor marrom. Sólidos por volume mínimo de 72%.
- d) Acabamento: uma demão de tinta epóxi alcatrão de hulha, bi componente, curada com poliamida, pigmentada com cargas inertes, de alta resistência à abrasão, com espessura mínima de filme seco de 200 µm, na cor preta. Sólidos por volume mínimo de 72%.

A pintura do tanque deverá atender aos ensaios prescritos no item 6 e no anexo B da NBR 9369.

O preparo e acabamento poderão ser feitos por qualquer outro processo desde que assegurem qualidade igual ou superior ao descrito acima.

#### 5.3.19.2 Pintura interna

Deve ser conforme item 5.11.1 da NBR 5440.

Obs.: Não deverá ser utilizada a opção da ABNT NBR 5440 que permite não pintar internamente o tanque.

#### 5.3.20 Guarnições

As juntas de vedação devem ser de elastômero apropriado, compatível com óleo de origem mineral naftênico, para tanto, deverão ser utilizadas vedações à base de Viton ou Fluorcarbonos.

Todas as gaxetas utilizadas nos transformadores devem estar de acordo com as normas da ABNT.

### 5.4 Peças sobressalentes e outros acessórios adicionais

- 5.4.1 O fornecedor deverá incluir na proposta uma relação das peças sobressalentes recomendáveis para os transformadores propostos, em função da vida útil dos mesmos.
- 5.4.2 A relação deverá incluir os respectivos preços unitários, quantidades recomendadas e a numeração codificada das peças sobressalentes, referenciadas nos desenhos apresentados para facilitar a eventual aquisição e posterior estocagem das mesmas.
- 5.4.3 O fornecedor deverá se comprometer a fornecer, durante um período mínimo de 10 (dez) anos, a contar da data de entrega dos transformadores, e dentro de no máximo 2(dois) meses da data de emissão do contrato, as peças cuja substituição venha a ser necessária.

### 5.5 Demais características

As exigências contidas nesta especificação, não eximem o fabricante de instalar equipamentos necessários à operação e boa qualidade do transformador nas condições descritas nesta especificação.



## 6 ENSAIOS

Os transformadores abrangidos por esta especificação devem atender aos requisitos de ensaio prescritos nas NBR 5356-1 e demais NBRs específicas.

### 6.1 Relação dos ensaios

Para comprovação das características de projeto, material e mão-de-obra são exigidos os seguintes ensaios:

- a) Inspeção geral;
- b) Verificação dimensional;
- c) Tensão suportável nominal à frequência industrial (tensão aplicada);
- d) Tensão induzida;
- e) Tensão suportável nominal de impulso atmosférico;
- f) Tensão de rádio interferência;
- g) Nível de ruído;
- h) Resistência do isolamento;
- i) Relação de tensões;
- j) Deslocamento angular e sequência de fases;
- k) Corrente de excitação;
- l) Perdas em vazio e em carga;
- m) Tensão de curto-circuito;
- n) Resistência elétrica dos enrolamentos;
- o) Elevação de temperatura;
- p) Estanqueidade e resistência à pressão interna;
- q) Curto-circuito;
- r) Ensaio do óleo isolante;
- s) Ensaio da pintura;
- t) Verificação do funcionamento dos dispositivos e acessórios;
- u) Zincagem;
- v) Torque nos terminais;
- w) Estanhagem;
- x) Prateação.

Os ensaios relacionados neste item não invalidam a realização, por parte do fornecedor, daqueles que julgar necessários ao controle de qualidade do seu produto.



## **6.2 Classificação dos ensaios**

Os ensaios previstos nesta especificação são classificados em:

- a) Ensaio de tipo;
- b) Ensaio de recebimento;
- c) Ensaio complementares de recebimento.

### **6.2.1 Ensaio de Tipo**

São os ensaios relacionados na coluna 3 da Tabela 8 do ANEXO A desta especificação, realizados pelo fornecedor em um protótipo idêntico aos transformadores a serem fornecidos, para verificação das características do projeto e dos materiais nele empregados. Estes ensaios devem ter seus resultados devidamente comprovados, por meio de relatórios de ensaios emitidos por órgão tecnicamente capacitado ou em seus próprios laboratórios, desde que devidamente comprovada a sua capacidade técnica, devendo o relatório de ensaio atender ao item 7.4 desta especificação.

Estes ensaios devem ser realizados conforme o item 6.3 desta especificação.

Os Ensaio de Tipo poderão ser realizados conjuntamente aos Ensaio de Recebimento, a critério do Fornecedor, ficando a ônus deste todas as despesas para tal, seguindo-se o mesmo critério dos Ensaio de Recebimento, inclusive em relação à Inspeção Copel.

### **6.2.2 Ensaio de Recebimento**

São os ensaios relacionados na coluna 4 da Tabela 8 do ANEXO A desta especificação, realizados nas instalações do fornecedor, na presença de inspetor da COPEL, por ocasião do recebimento de cada lote.

Estes ensaios devem ser realizados conforme o item 6.3 desta especificação.

### **6.2.3 Ensaio Complementares de Recebimento**

São os ensaios relacionados na coluna 5 da Tabela 8 do ANEXO A desta especificação, realizados em uma (01) unidade de cada lote, nas instalações do fornecedor ou em órgão tecnicamente capacitado, na presença dos inspetores da COPEL e por ocasião da inspeção dos transformadores.

A critério da Copel, poderão ser aceitos relatórios para este item, seguindo-se os mesmos critérios do item 6.2.1, desde que estes ensaios tenham sido realizados em um protótipo idêntico aos transformadores a serem fornecidos.

### **6.3 Execução dos ensaios**

Os métodos de ensaios dos transformadores de distribuição devem obedecer ao descrito a seguir e estarem de acordo com as normas e/ou documentos complementares citados no item 2 desta especificação.

As características dos equipamentos, aparelhos e instrumentos utilizados durante os ensaios devem ser estáveis e estar aferidas.

#### **6.3.1 Inspeção geral**

a) Características construtivas: devem atender aos requisitos mencionados no item 5.3 desta especificação;

b) Acessórios: devem atender aos requisitos mencionados no item 5.3.16 desta especificação;

c) Identificação: deve atender aos requisitos mencionados no item 4.2 desta especificação;

d) Embalagem: deve atender aos requisitos mencionados no item 4.3 desta especificação;

Constitui falha a não conformidade de qualquer uma das características verificadas com as especificadas nos itens desta especificação acima mencionados.

#### **6.3.2 Verificação dimensional**

Devem ser verificadas todas as dimensões indicadas na Figura 3 do ANEXO B desta especificação e Tabela 2 do ANEXO A desta especificação, conforme o caso em questão.

Constitui falha a não conformidade de qualquer uma das dimensões verificadas com as especificadas nas figuras e tabela desta especificação acima citadas.

#### **6.3.3 Tensão suportável nominal à frequência industrial (tensão aplicada)**

O ensaio deve ser executado conforme descrito nos itens 7 e 11 da NBR 5356-3 e 11 da NBR 5356-1.

Constitui falha a ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a algum componente do transformador, sob a tensão de ensaio especificada na Tabela 4 do ANEXO A desta especificação.

#### **6.3.4 Tensão induzida**

O ensaio deve ser executado conforme descrito no item 12 da NBR 5356-3.

Constitui falha a ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a algum componente do transformador, sob a tensão de ensaio especificada na Tabela 4 do ANEXO A desta especificação.

#### **6.3.5 Tensão suportável nominal de impulso atmosférico**

O ensaio deve ser executado conforme descrito no item 13 da NBR 5356-3.

Constitui falha a ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a algum componente do transformador, sob a tensão de ensaio especificada na Tabela 4 do ANEXO A desta especificação.

#### **6.3.6 Tensão de rádio interferência**

O transformador deve ser submetido ao ensaio de rádio interferência segundo a CISPR/TR 18-2. A tensão de ensaio é a especificada nas NTC's de padronização, e deve ser aplicada a cada terminal de AT do transformador totalmente montado, com os demais terminais e tanque aterrados.

Constitui falha a ocorrência de tensão de rádio interferência, medida na frequência de 1000 KHz e referida a 300W, de valor superior ao especificado na Tabela 6 do ANEXO A desta especificação.

#### 6.3.7 Nível de ruído

O ensaio deve ser executado conforme prescrições da NBR 7277.

Constitui falha a ocorrência de níveis de ruído superiores aos especificados na Tabela 6 do ANEXO A desta especificação.

#### 6.3.8 Resistência do isolamento

O ensaio deve ser executado conforme descrito no item 11.9 – Anexo E4 da NBR 5356-1.

Este ensaio não é reprobatório e sim apenas precaução preliminar na execução de ensaios dielétricos, bem como referência para futuras manutenções e cuidados preliminares à energização do transformador.

#### 6.3.9 Relação de tensões

O ensaio deve ser executado conforme descrito no Anexo E3 da NBR 5356-1.

Constitui falha a ocorrência de erros de tensão, em relação às tensões nominais especificadas na Tabela 3 do ANEXO A desta especificação, além das tolerâncias admitidas no item 10 da NBR 5356-1.

#### 6.3.10 Deslocamento angular e sequência de fases

Os ensaios devem ser executados conforme descrito nos Anexos E6 e E7 da NBR 5356-1.

Constitui falha a não coincidência entre os diagramas fasoriais (primário e secundário) levantados neste ensaio e os diagramas fasoriais (primário e secundário) indicados na Figura 2 do ANEXO B desta especificação.

#### 6.3.11 Corrente de excitação

O ensaio deve ser executado conforme descrito no Anexo E8 da NBR 5356-1.

Constitui falha a ocorrência de corrente de excitação com valor superior ao limite máximo indicado na Tabela 5 do ANEXO A desta especificação, observadas as tolerâncias indicadas no item 10 da NBR 5356-1.

#### 6.3.12 Perdas a vazio e em carga (totais)

O ensaio deve ser executado conforme descrito nos Anexos E8 e E9 da NBR 5356-1.

Constitui falha a ocorrência de perdas, tanto a vazio quanto em carga, com valor superior aos limites máximos indicados na Tabela 5 do ANEXO A desta especificação, observadas as tolerâncias indicadas no item 10 da NBR 5356-1.

#### 6.3.13 Tensão (ou impedância) percentual de curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme descrito no Anexo E9 da NBR 5356-1.

Constitui falha a ocorrência de tensão percentual de curto-circuito com valor diferente do prescrito na Tabela 5 do ANEXO A desta especificação, observadas as tolerâncias indicadas no item 10 da NBR 5356-1.

#### 6.3.14 Resistência elétrica dos enrolamentos

O ensaio deve ser executado conforme descrito no Anexo E2 da NBR 5356-1.

Este ensaio não é reprobatório e sim apenas referência para o ensaio de elevação de temperatura do transformador, para futuras manutenções e para cuidados preliminares na energização do transformador.

#### 6.3.15 Elevação de temperatura

O ensaio deve ser executado conforme descrito no Anexo E13 da NBR 5356-1.

Constitui falha a ocorrência de elevações de temperatura dos enrolamentos e do óleo isolante superiores aos limites especificados no item 5.2.11 desta especificação.

#### 6.3.16 Estanqueidade e resistência à pressão interna

O ensaio deve ser executado conforme descrito no Anexo E11 da NBR 5356-1.

Constitui falha se o transformador não suportar a pressão manométrica de ensaio durante o tempo de ensaio, especificados nos itens 11.10 e 11.10.1 da NBR 5356-1.

#### 6.3.17 Capacidade de suportar curtos-circuitos

O ensaio deve ser executado conforme descrito na NBR 5356-5.

#### 6.3.18 Ensaio do óleo isolante

Devem ser verificadas as características listadas na tabela 5 do item 11.11 da NBR 5356-1, pelos métodos de ensaio descritos nas normas indicadas nessas mesmas tabelas.

Constitui falha o não atendimento aos valores limites de qualquer das características físico-químicas indicadas na tabela 5 do item 11.11 da NBR 5356-1, bem como o não atendimento às exigências gerais contidas no item 5.3.18 desta especificação.

#### 6.3.19 Ensaio da pintura

A pintura interna deve ser ensaiada conforme descrito nos itens D.2, D.3, D.4, D.6 e D.9 do anexo D da NBR 5440. Constitui falha o não atendimento às condições de aprovação contidas nesses mesmos itens de ensaio ou às exigências do item 5.3.19.2 desta especificação.

A pintura externa deve ser ensaiada conforme descrito nos itens D.1 até D.9 do anexo D da NBR 5440.

Constitui falha o não atendimento às condições de aprovação contidas nesses mesmos itens de ensaio ou às exigências do item 5.3.19.1 desta especificação.

NOTA: O padrão de aderência (item D.4 do anexo D da NBR 5440) deve ser verificado através do método Y1X1, conforme descrito na NBR 11003.

#### 6.3.20 Verificação do funcionamento dos dispositivos e acessórios

Este ensaio aplica-se aos dispositivos e acessórios relacionados abaixo:

- a) Termômetro;
- b) Válvula de alívio de pressão;
- c) Indicador de nível de líquido;
- d) Manovacuômetro;
- e) Dispositivo para mudança de derivação.

Constitui falha o não atendimento às exigências do item 5.3.16 desta especificação.

#### 6.3.21 Zincagem

O ensaio deve ser executado conforme previsto na NBR 6323, sendo aplicável às ferragens e aos componentes em aço zincado.

Constitui falha o não atendimento de alguma peça zincada aos requisitos prescritos nos itens 5.4 e 6.5.4 da NBR 8158 e nesta especificação.

#### 6.3.22 Torque nos terminais

Os parafusos de ligação dos terminais de A.T. e dos terminais de B.T. tipo T1, bem como o parafuso do dispositivo de aterramento, devem ser submetidos ao torque de ensaio especificado na tabela 8 do anexo A da NTC 810027.

Constitui falha a ocorrência de qualquer dano ou deformação permanente nos parafusos, porcas ou componentes dos terminais ou dispositivo de aterramento.

#### 6.3.23 Estanhagem

O ensaio deve ser aplicado aos terminais de A.T. e B.T., bem como às partes estanhadas do dispositivo de aterramento, conforme prescrição da norma ASTM B-568 – Standard Test Method for Measurement of Coating Thickness by X-Ray Spectrometry.

Deve ser providenciada a medição em pelo menos 5 pontos de cada terminal primário e secundário de todos os transformadores amostrados.

A espessura mínima deve estar de acordo com as normas de padronização. Devem ser priorizados, atendendo à viabilidade do método, pontos das faces de contato dos terminais com conectores/cabos.

Constitui falha a existência de revestimento de estanho em desacordo com o previsto nas normas de padronização.

#### 6.3.24 Prateação

O ensaio deve ser aplicado às partes prateadas, conforme prescrições da norma ASTM A-167.

Constitui falha a existência de revestimento de prata em desacordo com o especificado no item 5.3.12.4 desta especificação.

#### **6.4 Ensaios do líquido isolante**

Deverão ser colhidas 3 amostras de 2 litros cada, de transformadores do lote, independentemente do número de unidades do lote. Estas amostras serão encaminhadas a laboratório qualificado, para análise e emissão de relatório.

A liberação final do lote ficará condicionada à aprovação neste ensaio, comprovada pelo envio pelo fabricante do Relatórios do ensaio à Inspeção da Copel.

#### **6.5 Ensaio para verificação do teor de bifenilas policloradas (PCB)**

Em especial para a comprovação da ausência (não detecção) do teor de PCB serão retiradas 3 amostras de 20 ml de cada transformador do lote, independentemente do número de unidades do lote, que serão encaminhadas a laboratório qualificado, para análise e emissão de relatório.

Visando atender à legislação ambiental, no BIM – Boletim de Inspeção Copel deverá constar:

- a) Cópia autenticada ou original do laudo fornecido pelo fornecedor do líquido isolante, com informações sobre a isenção de PCB.
- b) Declaração do fabricante do transformador de que o seu processo produtivo testou e não contaminou o líquido isolante dos transformadores com PCB.
- c) Relação com número de série dos transformadores inspecionados e com a seguinte observação:  
“Foram colhidas e lacradas com selos da Inspeção Copel 3 amostras de 20 ml cada, para realização de ensaios de comprovação da ausência (não detecção) de PCB”

A liberação final do lote ficará condicionada à aprovação neste ensaio, comprovada pelo envio pelo fabricante do Relatórios do ensaio à Inspeção da Copel.

## **7 INSPEÇÃO, ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO**

### **7.1 Generalidades,**

A COPEL reserva-se o direito de inspecionar e ensaiar os transformadores abrangidos por esta especificação, quer no período de fabricação, quer na época de embarque, ou a qualquer momento que julgar necessário.

O fornecedor tomará às suas expensas todas as providências para que a inspeção dos transformadores, por parte da COPEL, se realize em condições adequadas, de acordo com as normas recomendadas e com esta especificação. Assim o fornecedor deverá propiciar todas as facilidades para o livre acesso aos laboratórios, às dependências onde estão sendo fabricados os transformadores, ao local de embalagem, etc., bem como fornecer pessoal habilitado a prestar informações e executar os ensaios, além de todos os dispositivos, instrumentos, etc., para realizá-los.

O fornecedor deve avisar a COPEL, com antecedência de no mínimo 5 (cinco) dias úteis, para fornecedor nacional, e de 15 (quinze) dias úteis, para fornecedor estrangeiro, sobre as datas em que os transformadores estarão disponibilizados para inspeção. A COPEL terá o prazo de 10 (dez) dias úteis para iniciar a inspeção, após a disponibilização do material. O período para inspeção deve estar contido nos prazos de entrega estabelecidos no contrato de compra.

**Nota:** Todos os instrumentos utilizados no laboratório para a inspeção devem ter sua calibração comprovada pela apresentação dos respectivos relatórios de calibração dentro da validade de 12 meses, emitidos por laboratório acreditado junto à Rede Brasileira de Calibração – RBC ou pela própria RBC.

### **7.2 Formação da amostra**

As amostras devem ser colhidas, pelo inspetor da COPEL, nos lotes prontos para embarque. Considera-se como um lote o conjunto de transformadores de mesmo tipo construtivo, mesma tensão e potência nominais e mesma data de entrega.

#### **7.2.1 Para os ensaios de recebimento**

##### **7.2.1.1 Ensaios dielétricos**

Os ensaios de resistência do isolamento, tensão aplicada e tensão induzida deverão ser realizados em 100% do lote.

##### **7.2.1.2 Ensaio do óleo isolante**

Deverão ser colhidas 3 amostras de 2 litros cada, independentemente do número de unidades do lote, correspondendo cada amostra a um transformador aleatoriamente escolhido do lote sob inspeção.

##### **7.2.1.3 Ensaio da pintura**

O Fornecedor deve enviar à COPEL, o mais tardar juntamente com o aviso para inspeção mencionado no item 7.1 desta especificação, 10 corpos de prova em chapa bitola USG nº 18, tamanho 110mm x 220mm. Os corpos de prova deverão apresentar, em ambas as faces, a mesma pintura empregada no lote sob inspeção, sendo 6(seis) corpos de prova com a pintura externa e 4 (quatro) com a pintura interna, devidamente identificados com etiqueta adesiva (caso a diferença de cor não seja evidente). Serão realizados também, nas instalações do



fornecedor, sobre uma amostra conforme tabela 12 do anexo A da NTC 810027, os ensaios de aderência e medição de espessura (tanto na pintura interna como na externa) e o de brilho (somente pintura externa).

#### 7.2.1.4 Demais ensaios de recebimento

A amostra será formada conforme a tabela 12 do anexo A da NTC 810027.

#### 7.2.2 Para os ensaios complementares de recebimento

##### 7.2.2.1 Ensaio de curto-circuito

O tamanho da amostra será de 1(uma) unidade, aleatoriamente escolhida do lote sob inspeção.

##### 7.2.2.2 Demais ensaios complementares de recebimento

A amostra será formada por 3(três) unidades, aleatoriamente escolhidas do lote sob inspeção, distintas para cada ensaio complementar de recebimento.

### 7.3 Aceitação ou rejeição:

A aceitação dos transformadores pela COPEL, seja pela comprovação dos valores seja por eventual dispensa de inspeção, não eximirá o fornecedor de sua responsabilidade em fornecer os transformadores em plena concordância com a ordem de compra e com esta especificação, nem invalidará qualquer reclamação que a COPEL venha a fazer baseada na existência de transformadores inadequados ou defeituosos.

Por outro lado, a rejeição de transformadores em virtude de falhas constatadas por meio da inspeção, durante os ensaios ou em virtude de discordância com o contrato de compra ou com esta especificação, não eximirá o fornecedor de sua responsabilidade em fornecer os transformadores na data de entrega prometida. Se, na opinião da COPEL, a rejeição tornar impraticável a entrega na data prometida ou se tudo indicar que o fornecedor será incapaz de satisfazer os requisitos exigidos, a COPEL reserva-se o direito de rescindir todas as suas obrigações e adquirir os transformadores em outra fonte, sendo o fornecedor considerado como infrator do contrato de compra, estando sujeito às penalidades aplicáveis ao caso.

As unidades defeituosas constantes de amostras aprovadas nos ensaios devem ser substituídas por novas, o mesmo ocorrendo com o total das amostras aprovadas em ensaios destrutivos.

#### 7.3.1 Critérios para aceitação ou rejeição nos ensaios de recebimento

##### 7.3.1.1 Ensaios dielétricos

As unidades que falharem serão rejeitadas, devendo ser substituídas por outras que também serão submetidas aos ensaios com o mesmo critério de aceitação, de modo a se ter um lote com 100% de unidades ensaiadas e aprovadas nestes ensaios.

##### 7.3.1.2 Ensaio do óleo isolante e da pintura

O lote somente será aceito pela COPEL após a emissão de laudo favorável emitido por laboratório competente sobre os resultados dos ensaios realizados nas amostras colhidas (e nos corpos de prova, no ensaio da pintura).



### 7.3.1.3 Demais ensaios de recebimento

As quantidades de unidades de cada amostra cujas falhas determinam a aceitação ou a rejeição do lote, para cada ensaio, são as constantes da tabela 12 do anexo A da NTC 810027.

### 7.3.2 Critérios para aceitação ou rejeição nos ensaios complementares de recebimento

#### 7.3.2.1 Ensaio de curto-circuito

Em caso de falha da unidade de amostra ensaiada, todo o lote será rejeitado. No entanto, mediante a apresentação, por parte do fornecedor, de relatório apontando as causas da falha e as medidas tomadas para corrigi-las, poderá ser realizado novo ensaio, desta vez em duas unidades do lote, não sendo permitida nenhuma falha ou contraprova.

#### 7.3.2.2 Demais ensaios complementares de recebimento

- a) Se nenhuma unidade falhar no ensaio, o lote será aprovado;
- b) Se apenas uma unidade falhar no ensaio, o fornecedor deverá apresentar relatório apontando as causas da falha e as medidas tomadas para corrigi-las, submetendo-se o lote a novo ensaio, desta vez em mais três unidades do lote, não sendo permitida nenhuma nova falha ou contraprova;
- c) Se duas ou mais unidades falharem no ensaio, o lote será recusado,

## 7.4 Relatórios dos ensaios

Os relatórios dos ensaios a serem realizados devem ser em formulários de tamanho A4 da ABNT, com as indicações necessárias à sua perfeita compreensão, além dos requisitos mínimos abaixo:

- a) Nome do ensaio;
- b) Nome da COPEL e do fornecedor;
- c) Número e item do contrato de compra da COPEL e número da ordem de fabricação do fornecedor;
- d) Data e local dos ensaios;
- e) Identificação e quantidade do transformador submetido a ensaio;
- f) Descrição sumária do processo de ensaio com constantes, métodos e instrumentos empregados;
- g) Valores obtidos no ensaio;
- h) Sumário das características (garantidas versus medidas).
- i) Atestado dos resultados, informando de forma clara e explícita se o transformador ensaiado passou ou não no referido ensaio.

Logo após cada ensaio, será entregue ao inspetor da COPEL uma cópia dos relatórios que foram preenchidos durante a realização do ensaio, devidamente rubricada pelo encarregado do ensaio e pelo inspetor da COPEL.

Imediatamente, o fornecedor remeterá à COPEL 1 (uma) cópia dos relatórios, assinadas pelo encarregado dos ensaios e por funcionário categorizado,

No caso de a COPEL dispensar a presença de seu inspetor durante 05 ensaios, o fornecedor deve apresentar, além dos referidos relatórios, a garantia da autenticidade dos resultados. Esta garantia pode ser dada no próprio relatório ou através de um certificado a parte.

## **8 ANÁLISE TÉCNICA E APROVAÇÃO**

O fornecimento de transformadores subterrâneos à COPEL deve ser precedido de análise técnica e aprovação.

Para a aprovação do transformador, o proponente deverá apresentar os documentos relacionados neste item, bem como, as informações nela solicitadas para que a COPEL faça a análise técnica.

Todos os desenhos, fotografias, manuais ou documentos similares em meio impresso devem ser enviados em embalagens adequadas que os protejam contra danos de qualquer espécie.

Os documentos enviados no formato eletrônico devem ser enviados em formato PDF, devem ser numerados e enviados com uma lista anexa contendo o número/referência e a sua data de atualização.

### **8.1 Aprovação de desenhos e documentos**

8.1.1 O fornecedor deve submeter à aprovação da COPEL, para cada item do fornecimento e antes do início da fabricação, 2 (duas) cópias dos desenhos e documentos relacionados nos itens 6.2 e 6.3 desta especificação. Feita a verificação, será devolvida ao fornecedor uma cópia de cada desenho (se impressos) ou lista informando o “status” de aprovação de cada um dos desenhos apresentados com os seguintes resultados:

- a) Aprovado sem ressalvas;
- b) Aprovado com ressalvas;
- c) Não aprovado.

8.1.2 No caso “a”, os equipamentos poderão ser fabricados e a inspeção e a aceitação dos equipamentos serão feitas com base nos desenhos com carimbo “APROVADO SEM RESSALVAS”.

8.1.3 No caso “b”, o fornecedor poderá proceder à fabricação desde que feitas às correções indicadas, submetendo novamente à aprovação da COPEL, duas (02) cópias dos desenhos, com as correções solicitadas.

8.1.4 No caso “c”, o fornecedor deverá submeter à nova análise da COPEL duas (02) cópias dos desenhos, com as correções solicitadas na análise.

## **8.2 Manual de operação e manutenção**

O fornecedor deve remeter Manuais de Instruções Técnicas de Operação e Manutenção, contendo as seguintes informações:

- a) Instruções completas cobrindo descrição de funcionamento, manuseio, instalação, ajustes, operação, manutenção e descarte do equipamento e peças em questão;
- b) Relação completa dos componentes e acessórios, incluindo nome, descrição, número de referência, número de catálogo, quantidade usada, identificação no desenho e instruções para aquisição quando necessário. No caso de peças sobressalentes constituídas por um conjunto de componentes, este deverá ser claramente identificado;
- c) Diagramas esquemáticos legíveis de todos os circuitos elétricos;
- d) Guia de manutenção para os principais defeitos que possam ocorrer, causas prováveis e metodologia para localização dos componentes danificados quando for o caso;
- e) Procedimentos de calibração e ajustes com indicação dos pontos de teste e grandezas a serem medidas, bem como, valores esperados;
- f) Instrumentos de ensaio especiais recomendados para o teste do equipamento quando for o caso;
- g) Relação de desenhos de todas as ferramentas especiais fornecidas pelo fabricante e necessárias à montagem, operação e manutenção dos equipamentos;
- h) Informar características e propriedades de todos os lubrificantes e isolantes utilizados no equipamento, adesivos para vedação, solventes, borrachas e outros produtos químicos utilizados.

Por ocasião da entrega dos equipamentos deverão ser fornecidos, no mínimo, uma (01) cópia do manual de operação e manutenção do transformador proposto, para cada transformador fornecido, no idioma português, contendo instruções detalhadas para as corretas operação e manutenção dos transformadores propostos.

## **8.3 Desenhos**

### **8.3.1 Apresentação dos Desenhos**

8.3.1.1 Todos os desenhos e tabelas deverão ser confeccionados nos formatos padronizados A0, A1, A2, A3 e A4 pela norma ABNT-NBR 5984, obedecendo sempre as seguintes espessuras mínimas de traços e tamanhos mínimos de letras conforme abaixo:

8.3.1.2 Desenhos que não obedeçam à padronização anterior serão recusados pela COPEL, devendo o fornecedor elaborar um novo desenho que atenda as condições aqui especificadas.

### **8.3.2 Relação de Desenhos**

8.3.2.1 Para aprovação e completa apreciação do projeto, o fornecedor deverá apresentar os seguintes desenhos, já no ato da Proposta de Fornecimento:

- a) Desenhos do contorno (vistas) e cortes do transformador, indicando a localização de todos os acessórios com as respectivas dimensões;

- b) Desenhos da base ou dos suportes com dimensões e cotas, peso completo para operação, etc., a fim de possibilitar a preparação das fundações;
- c) Desenhos detalhados das buchas, terminais, suportes de fixação e dos conectores externos (de linha e de terra) com todas as dimensões necessárias para a montagem ou substituição destes componentes;
- d) Desenhos construtivos;
- e) Desenhos dos diagramas de fiação dos dispositivos de potencial e esquema das ligações;
- f) Desenho da placa de identificação do transformador;
- g) Desenho das estruturas suportes, incluindo as dimensões e pontos de fixação;
- h) Desenhos de todas as ferramentas especiais necessárias à montagem, ajuste e manutenção do equipamento ofertado;
- i) Qualquer outro desenho necessário para montar, operar e reparar os transformadores;
- j) Desenho com a vista explodida do conjunto eletromecânico e acessórios.

8.3.2.2 Os desenhos deverão apresentar as dimensões e respectivas tolerâncias garantidas.

8.3.3 Preenchimento da folha com as características técnicas

O proponente deverá apresentar uma folha contendo todos os dados do transformador com os valores garantidos que se pretende fornecer baseado nas tabelas 02 a 07 do ANEXO A desta NTC.

8.3.4 Aprovação da folha de características técnicas

A COPEL, de posse de todos os documentos e elementos, procederá análise da folha de características técnicas.

As inspeções de recebimento devem ser com base no conteúdo da folha técnica aprovada.

## **8.4 Demais condições**

8.4.1 A aprovação de qualquer desenho pela COPEL não exime o fornecedor da plena responsabilidade quanto ao funcionamento correto do equipamento, nem da obrigação de fornecê-lo de acordo com os requisitos do Contrato de Compra, das normas e desta especificação.

8.4.2 Qualquer requisito exigido nas especificações e não indicadas nos desenhos, ou indicados nos desenhos e não mencionado nas especificações tem validade como se fosse exigido nos dois.

8.4.3 No caso de discrepância entre os desenhos e especificações, vigorarão as especificações, exceto para os desenhos de fabricação já aprovados.

8.4.4 Os desenhos e manuais entregues na forma impressa, após a análise técnica e aprovação, deverão ser apresentados em meio digital e elaborados em software do tipo CAD. A elaboração deve obedecer aos requisitos acima e deverão ser de padrão compatível com software MicroStation, Autocad ou outros softwares, sob consulta prévia.

## **9 TREINAMENTO**

O fornecedor deverá realizar um treinamento para doze (12) funcionários da COPEL, com a duração mínima de dois (2) dias e oito (8) horas-aula por dia, sobre o transformador no local de entrega previsto no contrato e nas instalações da COPEL.

O curso deverá abranger, no mínimo, os seguintes tópicos:

- a) Projeto e fabricação;
- b) Operação e manutenção;
- c) Testes e ajustes dos equipamentos.

No curso de manutenção, deverá ser realizada a montagem e desmontagem de, no mínimo, os seguintes equipamentos componentes do transformador:

- a) Buchas de baixa e alta tensão;
- b) Instrumentos;
- c) Operação de comutadores e chaves;
- d) Ensaio elétrico.

O fornecedor deve prover o treinamento responsabilizando-se pelo fornecimento de apostilas (materiais impressos), uso de computadores, projetores, ferramentas e equipamentos especiais necessários para a realização das aulas teórico e práticas, bem como, o transporte e estadia de instrutores.

## **10 GARANTIA**

### **10.1 Garantia**

O material/equipamento deverá ser garantido pelo fornecedor contra falhas ou defeitos de fabricação que venham a se registrar no período de 36 (trinta e seis) meses a partir da data de entrega na COPEL.

O fornecedor será obrigado a reparar tais defeitos ou, se necessário, a substituir o material/equipamento defeituoso, às suas expensas, responsabilizando-se por todos os custos decorrentes, sejam de material, de mão-de-obra ou de transporte a partir do almoxarifado (mesmo local de entrega do contrato onde será devolvido ao fabricante).

Se a falha constatada for oriunda de erro de projeto ou de produção, tal que comprometa todas as unidades do lote, o fornecedor será obrigado a repará-las, independente da ocorrência de defeito em cada uma delas, e, se as mesmas estão ou não em garantia.

No caso de substituição de peças ou equipamentos defeituosos, o prazo de garantia para estes, deverá ser estendido para um novo período de 36 (trinta e seis) meses.

### **10.2 Direito de operar com material/equipamento insatisfatório**

Mediante a devida comunicação da ocorrência do defeito ao fornecedor, a COPEL reserva-se o direito de optar pela permanência do material/equipamento insatisfatório em operação, até que possa ser retirado do serviço sem prejuízo para o sistema e entregue ao fornecedor para os reparos definitivos.

**11 ANEXOS**

**11.1 ANEXO A**

Tabela 1 - Características do Sistema Elétrico da Copel

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DO SISTEMA ELÉTRICO DA COPEL	
Tensão nominal do Sistema	13,8 kV
Tensão máxima de operação do sistema (fase-fase)	13,8 kV
Neutro	Aterramento por reatância $\frac{X_0}{X_1} \leq 10$
Tensão máxima admissível fase-terra em caso de falta	15 kV
Nível de isolamento do isolamento (NBI)	95 kV
Potência máxima de curto-circuito do sistema	250 MVA

NOTA: As tensões e ligações da rede secundária são indicadas na Figura 1 do ANEXO B desta especificação.

Tabela 2 - Dimensões e Pesos

Tensão máxima do equipamento (kV)	Potência (kVA)	Dimensões máximas (mm)					Massa (Kg) Máximo
		A Máximo	B Máximo	C Máximo	D Máximo	E Máximo	
15	500	1440	1000	1740	1200	1300	2370
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>

NOTA: As dimensões incluem os radiadores, se houver.

As dimensões A, B, C, D e E do transformador, estão indicadas na Figura 3 do ANEXO B desta especificação.

A – Distância entre a flange primária e a flange secundária

B – Largura considerando o radiador

C – Altura total do transformador

D – Distância entre a base e a linha média do flange primário

E - Distância entre a base e a linha média do flange secundário

H = Terminais de tensões primária

X = Terminais de tensões secundária

X<sub>0</sub> = Terminal de neutro



Tabela 3 - Tensão Nominal e Derivações dos Enrolamentos para o Comutador

TENSÃO NOMINAL E DERIVAÇÕES DOS ENROLAMENTOS PARA O COMUTADOR							
ALTA TENSÃO			TERMINAIS H1 H2 H3			BAIXA TENSÃO	TERMINAIS X0 X1 X2 X3
V	A	Posição	Comutador	-	Liga	V	A
13750	21	1	10-13 31-28	11-14 32-29	12-15 33-30	216,5Y/12 5	1333
13406	21,5	2	13-7 28-34	14-8 29-35	15-9 30-36		
13063	22,1	3	7-16 34-25	8-17 35-26	9-18 36-27		
12719	22,7	4	16-4 25-37	17-5 26-38	18-6 27-39		
12375	23,3	5	4-19 37-22	5-20 38-23	6-21 39-24		
1	2	3	4	5	6	7	8

Tabela 4 - Níveis de Isolamento

NÍVEIS DE ISOLAMENTO			
Tensão máxima do equipamento	Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico pleno	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico cortado
kV (eficaz)	kV (eficaz)	kV (crista)	kV (crista)
1,2	10	-	-
15,0	34	110	121
1	2	3	4

Tabela 5 - Perdas, Corrente de Excitação e Impedância de Curto-circuito

PERDAS, CORRENTE DE EXCITAÇÃO E IMPEDÂNCIA DE CURTO-CIRCUITO					
Tensão	Potência	Corrente de excitação $I_0$	Perdas a vazio $P_0$	Perdas totais $P_t$	Impedância de Curto circuito à 75°C em 216,5/125V
kV	kVA	%	W	W	%
13,75	500	1,6	1300	6400	5,0
1	2	3	4	5	6

Tabela 6 - Níveis de Ruído e Tensão de rádio interferência

NÍVEIS DE RUÍDO E TENSÃO RÁDIO INTERFERÊNCIA		
Potência do Transformador	Nível de ruído médio	Nível de tensão de rádio interferência
kVA	dB	$\mu$ V
500	56	250
1	2	3

Tabela 7 - Espessura das chapas

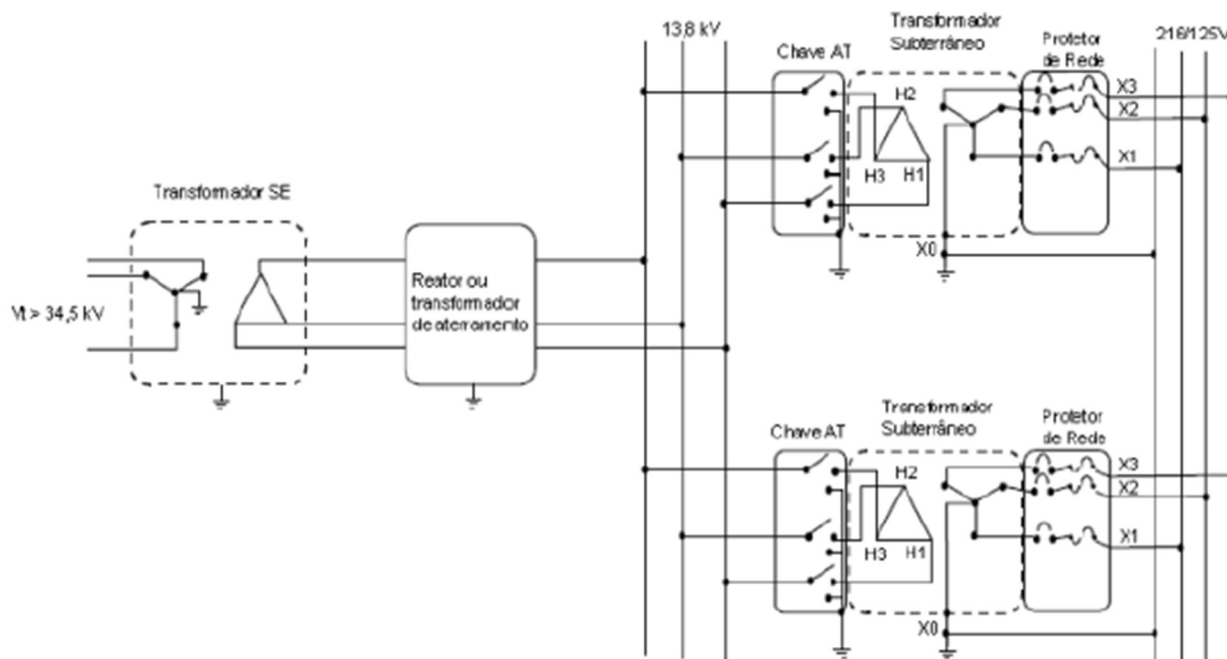
ESPESSURA DAS CHAPAS	
Utilização	Espessura (mm)
Paredes Laterais	6,35
Tampa e fundo	9,53
Radiadores/Aletas	2,28

Tabela 8 - Ensaios

Item	Descrição dos ensaios	Tipo	Recebimento	Complementar
a	Inspeção Geral	-	X	-
b	Verificação Dimensional	-	X	-
c	Tensão Suportável Nominal à Frequência Industrial	X	X	-
d	Tensão Induzida	X	X	-
e	Tensão Suportável Nominal de Impulso	X	-	X
f	Tensão de Rádio- Interferência	X	-	X
g	Nível de Ruído	X	-	X
h	Resistência do Isolamento	X	X	-
i	Relação de Tensão	X	X	-
j	Deslocamento Angular e Sequência de Fases	X	X	-
k	Corrente de Excitação	X	X	-
l	Perdas à Vazio e Totais	X	X	-
m	Tensão de Curto-Circuito	X	-	X
n	Resistência Elétrica dos Enrolamentos	X	X	-
o	Elevação de Temperatura	X	-	X
p	Estanqueidade e Resistência à Pressão Interna à	X	-	X
q	Estanqueidade e Resistência à Pressão Interna à	X	-	X
r	Capacidade de Suportar Curto-Circuito	X	-	X
s	Características Físico-Químicas do Líquido Isolante	X	X	-
t	Característica da Pintura	X	X	-
u	Verificação do Funcionamento dos Dispositivos e	-	X	-
v	Zincagem	-	X	-
w	Torque nos Terminais	-	X	-
x	Estanhagem	-	X	-
y	Prateação	-	X	-
1	2	3	4	5

11.2 ANEXO B

Figura 1 - Sistema Reticulado (Network) - 13,8 kV



Sistema de neutro isolado, aterrado através de reator ou transformador trifásico de aterramento para proteção contra faltas fase-terra, sendo permitida apenas a ligação de transformadores subterrâneos de distribuição trifásico em triângulo-estrela, com a baixa tensão interligada.

Figura 2 - Diagrama fasorial e deslocamento angular Dyn-1

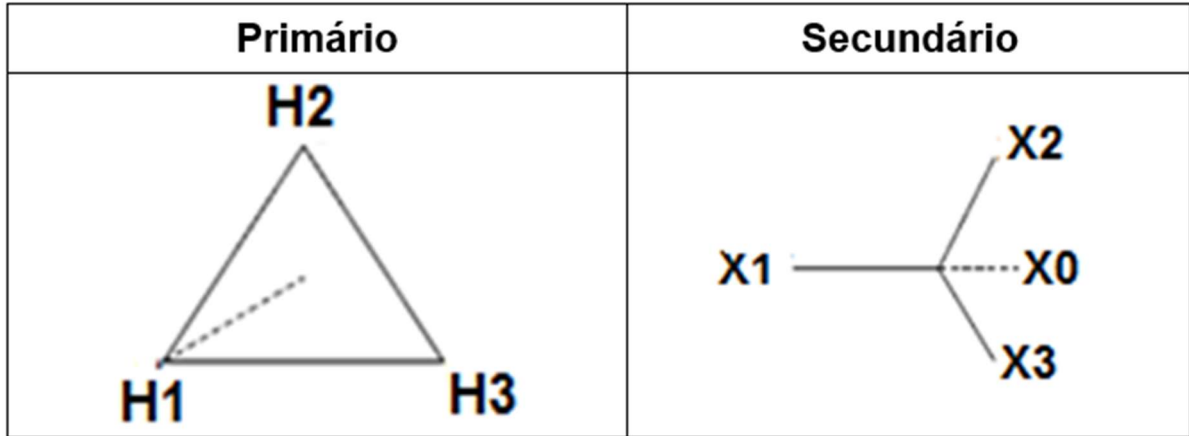
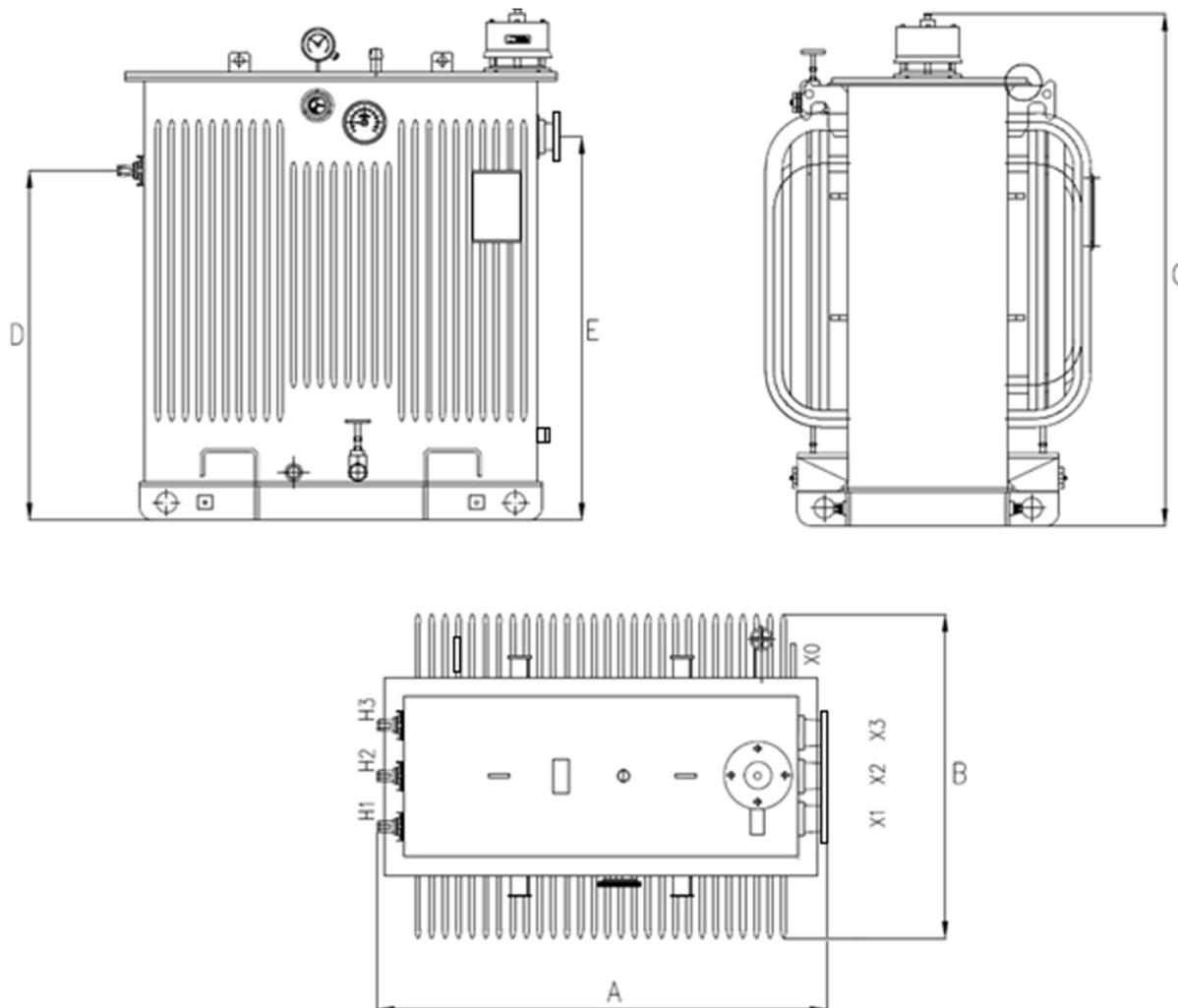


Figura 3 - Dimensões do transformador



Nota: As medidas A, B, C, D e E estão indicadas na Tabela 2 do ANEXO A desta especificação.

A – Distância entre a flange primária e a flange secundária

B – Largura considerando o radiador

C – Altura total do transformador

D – Distância entre a base e a linha média do flange primário

E - Distância entre a base e a linha média do flange secundário

H = Terminais de tensões primária

X = Terminais de tensões secundária

X<sub>0</sub> = Terminal de neutro

Dimensões máximas em mm				
A	B	C	D	E
1440	1000	1740	1200	1300

Figura 4 - Espelho para tensão primária 15 kV

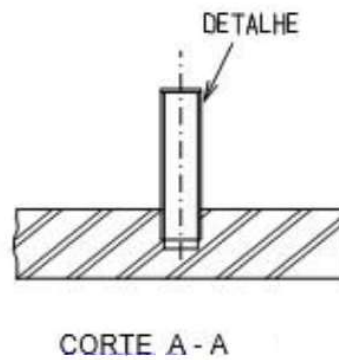
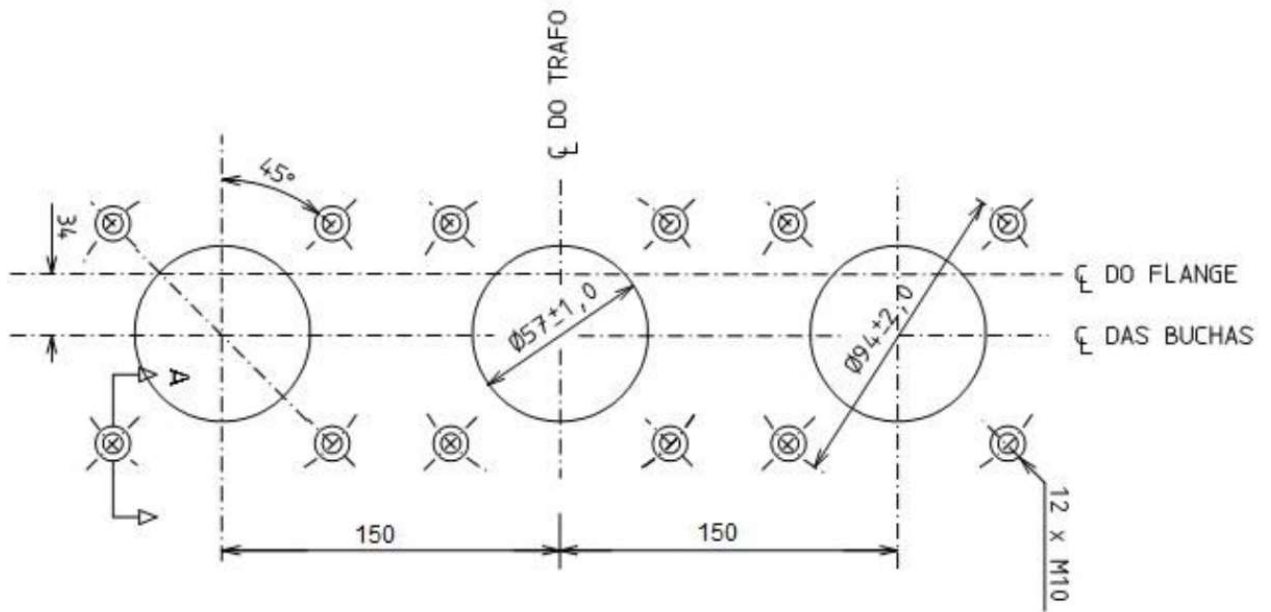
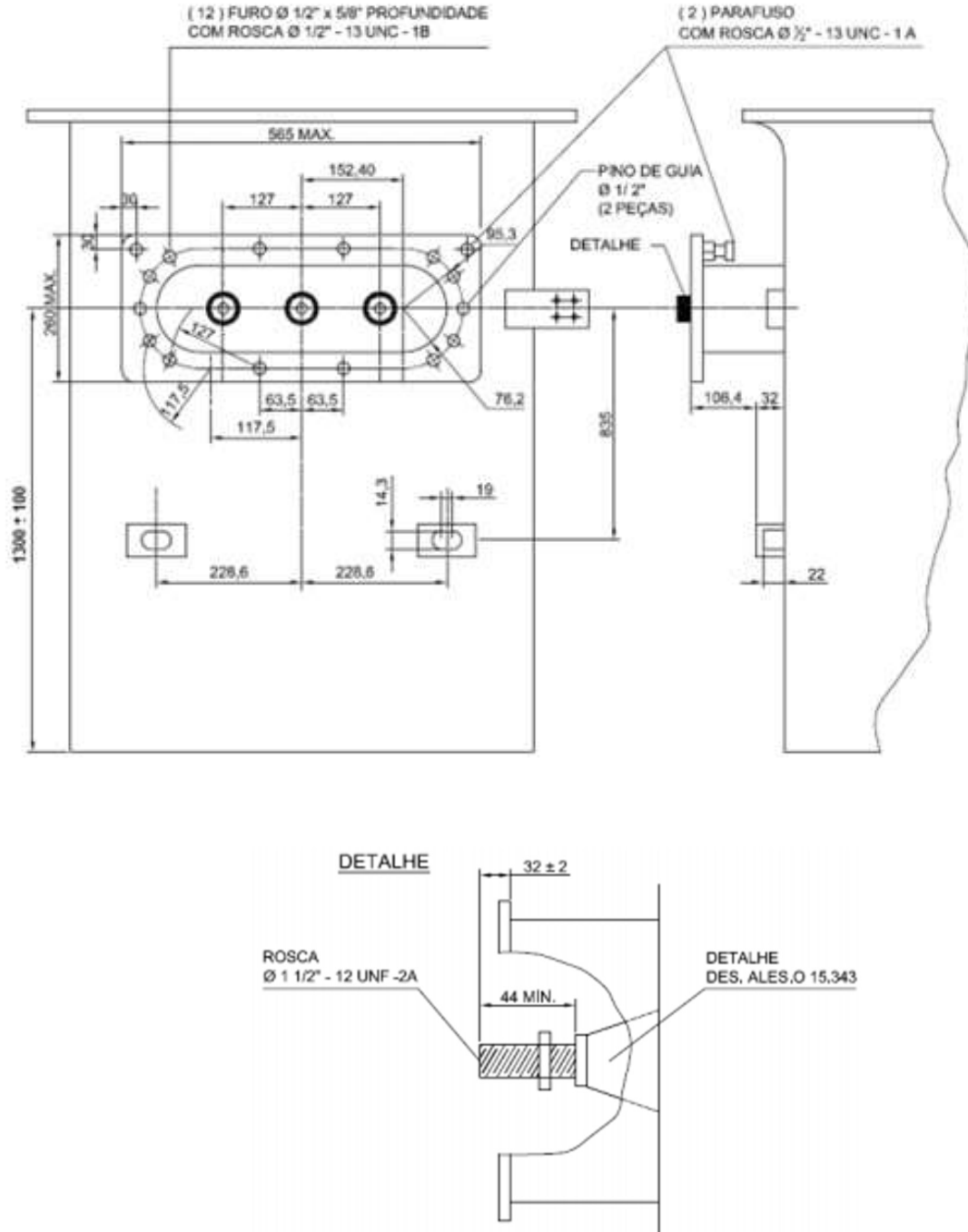


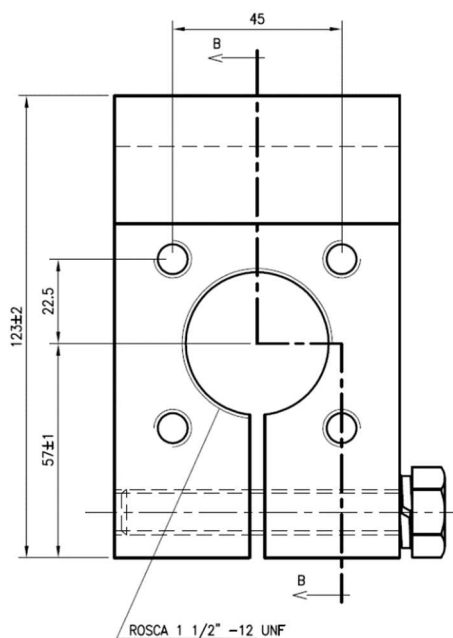
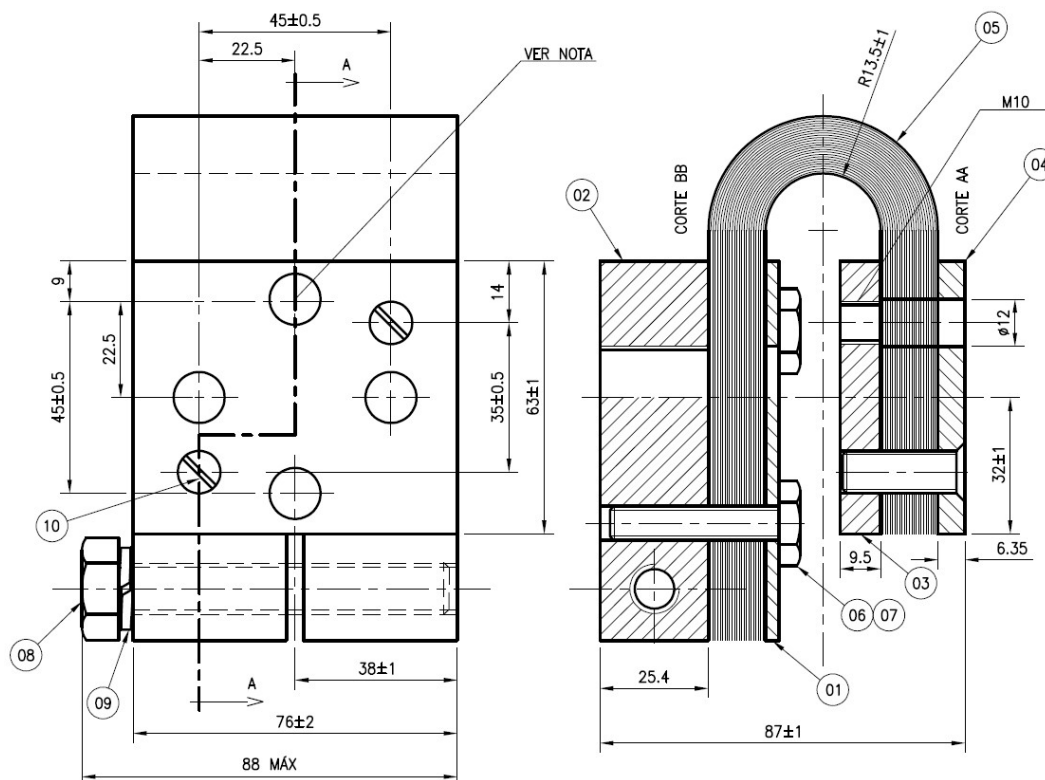
Figura 5 - Dimensões para fixação do protetor de rede (1600A, 1875A e 2250A) ao transformador



Nota: As rosca da garganta de acoplamento devem ser protegidas contra corrosão.



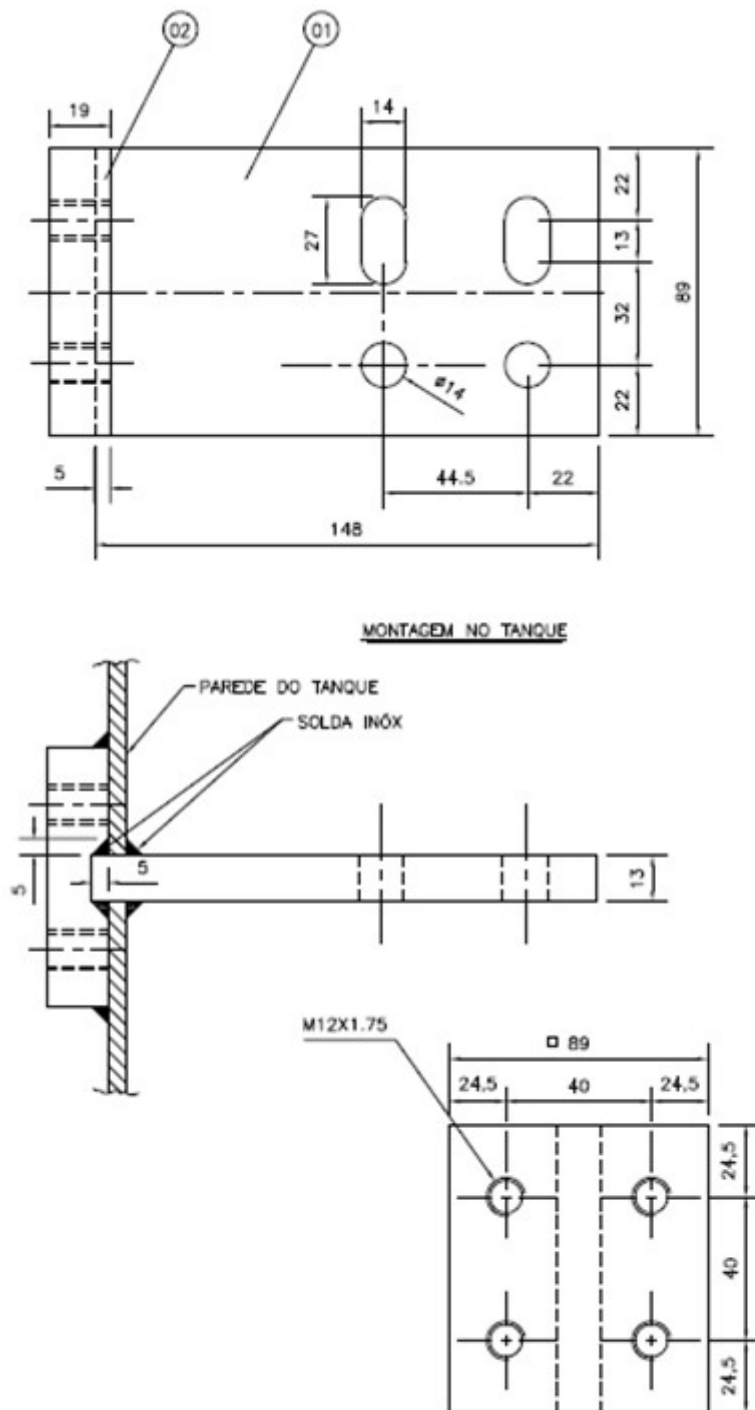
Figura 6 - Dimensões (em mm) conector flexível de BT até 1875A



NOTA: FURO 12mm NA PEÇA 4 E M.10 NA PEÇA 3

10	PARAFUSO CABEÇA ESCAREADA	2	10 UNC x 25	LATÃO
09	ARRUELA DE PRESSÃO	1	1/2"	BRONZE FOSF.
08	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA	1	1/2" UNC x 70	BRONZE SIL.
07	ARRUELA DE PRESSÃO	4	3/8"	BRONZE FOSF.
06	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA	4	3/8" UNC x 32	BRONZE SIL.
05	CHAPAS	25	0,56 x 76	COBRE MEIO DURO
04	BARRA	1	1/4" x 3" x 2 1/2"	COBRE
03	BARRA	1	3/8" x 3" x 2 1/2"	AÇO INOX 304
02	BLOCO DE APERTO	1	1" x 3" x 3 1/2"	COBRE
01	BARRA	1	1/8" x 3" x 3 1/2"	COBRE
ITEM	DENOMINAÇÃO	QUANT.	DIMENSÕES/DESENHOS	MATERIAL

Figura 7 - Terminal de neutro para transformador até 500 kVA



02	TERMINAL INTERNO	1	19x89x89	AÇO INÓX
01	TERMINAL EXTERNO	1	13x89x148	AÇO INÓX
ITEM	DENOMINAÇÃO	QUANT.	DIMENSÕES/DESENHOS	MATERIAL

Figura 8 - Placa de identificação

148+/-1  
138+/-1

NOME E MARCA DO FABRICANTE

TRANSFORMADOR SUBTERRÂNEO SUBMERSIVEL

Nº Fabr/c.

Data Fabr/c.

KVA  Eev. óleo/ENR.  °C Fases  Resfr.

Imped.  % Em  V Freq.

Níveis de Isol AT-BT  Norma

ALTA TENSÃO		TERMINAIS
V	A	H1 H2 H3
		LIGAÇÃO

BAIXA TENSÃO		TERMINAIS
V	A	X0 X1 X2 X3
		LIGAÇÃO

Nível de eficiência

Material dos enrolamentos AT/BT

Massas aproximadas em kg

Parte ativa

Tangue e acess

Líquido isolante

Total

LP

Diagrama fasorial

Instruções

Volume líquido isolante

Placa de identificação, nº

210+/-1  
200+0,5

1. Gravação em baixo relevo na cor preta e fundo na cor do material.
2. A não observação das tolerâncias, irregularidades da gravação, superfície metálica porosa e falta de aderência da tinta serão condições de rejeição.
3. A gravação dos espaços em branco deve ser feita na fábrica, após os ensaios.
4. Material: Aço inoxidável.