



## ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

**Transformadores para redes aéreas de distribuição de  
classe de tensão de 15 kV e 34,5 kV**

## **1 OBJETIVO**

- 1.3** Esta Especificação Técnica (ET) estabelece os critérios e as exigências técnicas mínimas aplicáveis à fabricação e ao recebimento de transformadores trifásicos, bifásicos e monofásicos de tensão máxima do equipamento (classe de tensão) de 15 kV e 36,2 kV, com tensões nominais de respectivamente 13,8 kV e 34,5 kV, imersos em óleos isolantes, sem conservador de óleo, com resfriamento natural
- 1.4** Nessa Especificação, sempre que for usado, o termo CONTRATANTE se refere à RORAIMA ENERGIA S/A, ou às empresas por ela indicadas.
- 1.5** Todos os transformadores fornecidos à Contratante, bem como os destinados a empreendimentos particulares, devem atender integralmente a Portaria Interministerial nº 104 de 22 de março de 2013 do Ministério de Minas e Energia, evidenciado pela Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE, realizado pelo INMETRO, por meio do Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE, conforme Portaria nº 378 de 28 de setembro de 2010, alterada pela Portaria nº 488, de 4 de novembro de 2014, ou suas sucessoras, atendendo os prazos referidos nos artigos 12 e 13, devendo possuir a ETIQUETA INMETRO. Caso a empresa não atenda a portaria a mesma não poderá fornecer equipamentos.
- 1.6** Todos os transformadores aqui especificados serão instalados em redes aéreas de distribuição.
- 1.4.1.** Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e definições das ABNT NBR 5458 e ABNT NBR 5356-1.
- 1.7** Escopo
- 1.5.1.** Fazem parte do escopo do fornecimento os transformadores, nas quantidades e descrições resumidas.
- 1.8** Faz ainda parte do escopo de fornecimento previsto:
- 1.6.1.** Realização de todos os ensaios de rotina definidos nas Normas ABNT-NBR 5356, ABNT - NBR 5440, ABNT NBR 5556, ABNT NBR 5380 e ABNT NBR 9369, aplicáveis a cada um dos tipos de transformadores aqui especificados.
- 1.6.2.** Cotação de todos os ensaios de tipo definidos nas Normas ABNT-NBR 5356, ABNT - NBR 5440, ABNT NBR 5556, ABNT NBR 5380 e ABNT NBR 9369. Caberá ao Contratante a definição de quais ensaios deverão ser efetivamente incluídos no Contrato de Compra e em quais transformadores serão aplicados.
- 1.6.3.** Disponibilização e envio juntamente com as respectivas propostas cópias de relatórios de todos os ensaios de tipo previstos nas Normas ABNT-NBR 5356, ABNT-NBR 5440, ABNT NBR 5556, ABNT NBR 5380 e ABNT NBR 9369 aplicáveis a cada um dos tipos de transformadores aqui especificados.
- 1.6.4.** Disponibilização e envio juntamente com as respectivas propostas de Lista de fornecimentos anteriores de unidades idênticas ou os mais semelhantes possíveis às ofertadas.

## **2 MEIO AMBIENTE**

- 2.3** Em todas as etapas da fabricação, do transporte e do recebimento, devem ser rigorosamente cumpridas as legislações ambientais nas esferas federal, estadual e municipal aplicáveis.
- 2.4** Fornecedores estrangeiros devem cumprir a legislação ambiental vigente nos seus países de origem e as normas internacionais relacionadas à produção, ao manuseio e ao transporte até o seu aporte no Brasil.
- 2.5** O FORNECEDOR é o responsável pelo pagamento de multas e pelas ações decorrentes de práticas lesivas ao meio ambiente, que possam incidir sobre a CONTRATANTE, quando derivadas de condutas praticadas por ele ou por seus subfornecedores.
- 2.6** A CONTRATANTE pode verificar, nos órgãos oficiais de controle ambiental, a validade das licenças de operação e de transporte dos fornecedores e subfornecedores.

## **3 CONDIÇÕES GERAIS**

### **3.3 Geral**

- 3.1.1** Os transformadores abrangidos por esta ET devem satisfazer as últimas versões da NBR 5440 e da série ABNT NBR 5356, prevalecendo os requisitos aqui estabelecidos.
- 3.1.2** Nenhuma modificação no transformador deve ser feita “a posteriori” pelo fabricante sem a aprovação da CONTRATANTE. No caso de alguma alteração, o fabricante deve realizar todos os ensaios de tipo, na presença do inspetor da CONTRATANTE, sem qualquer custo adicional.
- 3.1.3** Caso haja divergência, nos diversos documentos, para os valores aceitáveis nos diversos ensaios indicados, prevalecem as exigências mais rigorosas em todos os casos
- 3.1.4** Os transformadores devem ser projetados de modo que as manutenções possam ser efetuadas pela Contratante ou em oficinas por ela qualificadas, sem o emprego de máquinas ou ferramentas especiais.
- 3.1.5** O projeto, componentes empregados, fabricação e acabamento devem incorporar, tanto quanto possível, as mais recentes técnicas, mesmo que tais condições não sejam mencionadas explicitamente nesta ET.
- 3.1.2** Os equipamentos devem:
- 3.1.2.1** Ser fornecidos completos, com todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, mesmo os não explicitamente citados nesta ET ou no Pedido de Compra.
  - 3.1.2.2** Ter todas as peças correspondentes intercambiáveis quando de mesmas características nominais e fornecidas pelo mesmo fornecedor, de acordo com esta ET.
  - 3.1.2.3** Possuir o mesmo projeto e serem essencialmente idênticos, quando pertencerem a um mesmo item do Pedido de Compra.
- 3.1.3** **A vencedora do processo aquisitivo somente poderá assinar o Contrato de Fornecimento depois de avaliada tecnicamente quanto à sua capacidade de atender às normas e códigos exigidos nesta Especificação Técnica através do seu processo de assegurar o controle da qualidade e a garantia da qualidade, além de avaliar a sua capacidade fabril. Ainda deverá demonstrar através do histórico de fornecimento o comprometimento com os prazos de entrega conforme**

**estabelecidos em contrato.**

3.1.3.1 A vencedora deverá demonstrar que audita seus fornecedores em relação aos seus processos de gerenciamento de controle e garantia da qualidade de uma sistemática recomendada pela norma ISO 9001 ou equivalente, desde que aprovada pela CONTRATANTE.

3.1.3.2 Todos os transformadores deverão apresentar certificados de conformidade de acordo com ISO 9000 e ISO 14000.

**3.4 Avaliação de perdas e penalidades**

**3.2.1 Avaliação de perdas**

3.2.1.1 Nenhum valor de PT que é o valor das perdas nominais totais em Watts e PV que é o valor das perdas a vazio em Watt. pode exceder aos valores indicados na norma ABNT NBR 5440.

**3.2.2 Penalidades por desempenho inferior ao garantido**

3.2.2.1 Caso as perdas no cobre ou no ferro (separadamente) medidas em cada unidade ensaiada, excedam os valores garantidos na proposta, a Contratante se reserva o direito de rejeitar o equipamento.

3.2.2.2 Os transformadores deverão ter perdas totais (ferro + cobre) conforme valores indicados nas Tabelas de 4 a 7, desta especificação, que atendem à Norma NBR 5440. Nenhum valor acima dos valores máximos estabelecidos na NBR-5440 será aceito. O transformador será rejeitado no momento do teste.

**3.5 Unidades e Idiomas**

3.3.1 As unidades de medida do Sistema Internacional de Unidades serão usadas para as referências da proposta, inclusive descrições técnicas, especificações, desenhos e qualquer documento ou dados adicionais. Quaisquer valores indicados, por conveniência, em qualquer outro sistema de medidas deverão ser também expressos em unidades do Sistema Internacional de Unidades. Todas as instruções escritas, bem como os desenhos, legendas, artigos, folhetos, publicações, catálogos técnicos e relatórios de ensaios emitidos pelo fabricante, devem ser redigidos, preferencialmente, em português.

**3.6 Cronograma de fabricação e entrega**

3.4.1 Após o recebimento da ordem de compra e esclarecidos todos os detalhes técnicos e comerciais, o fornecedor deverá, para cada item, confirmar o cronograma de fabricação enviado na proposta comercial. Três cópias desses cronogramas deverão ser enviados à CONTRATANTE, até 15 dias após o recebimento do Pedido de Compra.

3.4.1.1 Caso a CONTRATADA altere o cronograma de entrega sem o consentimento por escrito da CONTRATANTE serão aplicadas as penalidades previstas no edital.

**3.7 Manual de Instruções**

3.5.1 Os equipamentos devem estar acompanhados de manuais de operação e manutenção, escritos em português, que forneçam todas as informações necessárias ao seu manuseio. Os manuais deverão conter no mínimo as seguintes informações:

3.5.1.1 Instruções completas cobrindo: descrição, funcionamento, manuseio, instalação, ajustes,

operação, manutenção e reparos, incluindo os números de série e modelos aos quais ele se aplica.

3.5.1.2 Relação completa de todos os componentes e acessórios, incluindo nome, descrição, número de catálogo, quantidade usada, identificação do desenho e instruções para aquisição.

3.5.1.3 Procedimentos específicos relativos ao descarte dos equipamentos propostos, quer ao final da sua vida útil, quer em caso de inutilização por avaria.

**3.5.2** No mínimo um mês antes da inspeção inicial, o fornecedor deve entregar à CONTRATANTE duas vias do Manual de Instruções. Uma outra via deve acompanhar o equipamento.

**3.5.3** O Manual de Instruções deve também ser fornecido com uma cópia do Anexo A desta Especificação devidamente preenchida pelo fornecedor com os dados referentes a um equipamento do lote.

### **3.8 Requisitos da Garantia da Qualidade**

**3.6.1** Os itens ou item objeto desta especificação devem ser fabricados dentro de um sistema da qualidade. O proponente deve atender a uma das seguintes situações abaixo:

3.6.1.1 Apresentar documento, comprometendo-se a implementar um sistema da qualidade específico para a fabricação dos itens deste fornecimento. Esse sistema da qualidade deverá estar regulamentado em um plano da qualidade a ser avaliado e aceito pela contratante antes do início da fabricação.

3.6.1.2 Apresentar documento, comprometendo-se a implementar um sistema da qualidade antes do início da fabricação. Esse sistema da qualidade deve ser baseado na norma NBR ISO 9001, e deverá ser avaliado e aceito pela contratante antes do início da fabricação.

**3.6.1.3 Apresentar documento declarando já possuir implementado um sistema da qualidade baseado na norma NBR ISO 9000 e NBR ISO 14000, o qual deverá ser avaliado e aceito pela contratante antes do início da fabricação.**

3.6.1.4 A contratada deverá ser avaliada quanto à sua capacidade fabril ou capacidade de fornecer serviços técnicos de engenharia conforme solicitados no termo de referência, em conformidade com as especificações técnicas, normas e códigos aplicáveis, devendo ser aprovada e aceita pela contratante antes do início da fabricação.

#### **Notas:**

**i)** no caso de o proponente apresentar cópia de certificado emitido por Órgão certificador aceito pela contratante, comprovando possuir já implantado, para a fabricação dos itens deste fornecimento, um sistema da qualidade baseado na norma NBR ISO 9001 E NBR ISO 14001, esse sistema, a critério da contratante, poderá ser dispensado de avaliação pela contratante.

**(ii)** o fornecimento poderá ser executado por distribuidor ou representante de um fabricante. Nesse caso, o atendimento às alternativas acima, no que se refere à implementação de um Durante todo o período de fornecimento, o fabricante deverá manter válida a aceitação do seu sistema da qualidade pela contratante.

**3.6.2** Caso o fabricante não seja a empresa contratada, cabe a esta garantir que o fabricante mantenha válida a aceitação do seu sistema da qualidade pela contratante.

**3.6.3 A não obtenção, pelo fabricante, da aceitação do seu sistema da qualidade pela**

**contratante implicará na rescisão do contrato.**

**3.6.4 A verificação da continuidade da aplicação do sistema da qualidade pelo fabricante será efetuada pela contratante através de auditorias de sistema da qualidade.**

**3.6.5** Os custos inerentes ao processo de aceitação do sistema da qualidade pela CONTRATANTE serão arcados da seguinte forma:

**3.6.5.1** No caso de fabricante nacional:

**3.6.5.1.1** Serão de responsabilidade da contratante os custos do seu próprio pessoal ou do pessoal por ela delegado;

**3.6.5.1.2** Serão de responsabilidade da contratada, todos os custos referentes ao seu pessoal e à compra e/ou locação de equipamentos, instalações e serviços necessários à implantação do sistema da qualidade a ser aceito pela CONTRATANTE.

**3.6.5.2** No caso de fabricante estrangeiro:

a) Serão de responsabilidade da contratada, todos os custos referentes ao seu pessoal e à compra e/ou locação de equipamentos, instalações e serviços necessários à implantação do sistema da qualidade a ser aceito pela contratante, bem como todos os custos do pessoal destas empresas, ou do pessoal por ela delegado para a realização da avaliação do sistema da qualidade do fabricante.

### **3.9 Acondicionamento e Marcação**

**3.7.1** Os transformadores devem ser acondicionados individualmente, em embalagens de madeira adequadas ao transporte ferroviário e/ou rodoviário, cujas bases devem ter, no mínimo, as dimensões da Figura 1.

**3.7.1.1** As embalagens devem ser construídas de modo a possibilitar:

- a) uso de empilhadeiras e carro hidráulico; carga e descarga, através da alça de suspensão do transformador, com o uso de pontes rolantes;
- b) transporte e/ou armazenamento superpostos de dois transformadores.

**3.7.1.2** Além do exposto em 4.6.1, as embalagens devem ter:

- c) travas diagonais para evitar os movimentos laterais dos transformadores no transporte; topo nivelado de modo a permitir o perfeito empilhamento de outra embalagem sobreposta; suas laterais superiores dimensionadas para suportar, sem deformação, o peso de outra embalagem sobreposta.

**3.7.1.3** A madeira empregada deve ter qualidade no mínimo igual à de pinho de segunda, com espessura mínima de 22 mm.

**3.7.2** As embalagens devem ser identificadas de forma indelével, no mínimo com as seguintes informações:

**3.7.2.1** Nome ou marca do fabricante.

**3.7.2.2** Designação do tipo, modelo ou equivalente.

**3.7.2.3** Número de série.

**3.7.2.4** Posição de transporte.

**3.7.2.5** Massa total do volume em quilogramas.

**3.7.2.6** Indicações de cuidados no manuseio.

**3.7.2.7** Número do Pedido de Compra.

**3.7.3** As embalagens devem ser acomodadas em pallets, em forma e quantidades adequadas ao transporte.

**3.7.4** A embalagem será considerada satisfatória se o equipamento for encontrado em perfeito estado na chegada ao destino.

**3.7.5** A embalagem final, assim como o acondicionamento parcial deverão ser feitos de modo que o peso e as dimensões sejam mantidos dentro de limites razoáveis a fim de facilitar o manuseio, o armazenamento e o transporte.

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

### **3.10 Numeração de série de fabricação**

**3.8.1** O número de série de fabricação deve ser puncionado nos seguintes pontos:

- a) na placa de identificação;
- b) em uma das orelhas de suspensão, preferencialmente a que fica à direita de um observador voltado para o lado de baixa tensão;
- c) na tampa do tanque;
- d) em uma das barras superiores de aperto do núcleo.

NOTA: Alternativamente, no caso da barra de aperto, o número de série poderá ser pintado.

### **3.11 Numeração de patrimônio**

**3.9.1** Caso sejam solicitados pela Contratante os transformadores devem conter a numeração seqüencial de patrimônio fornecida juntamente com o Pedido de Compra, posicionada da maneira indicada na Figura 2, com altura dos caracteres não inferior a 30mm.

**3.9.2** A inscrição deve ser indelével, feita com tinta preta, notação MUNSELL N1, e resistir às condições de ambiente agressivo, durante a vida útil do equipamento.

**3.9.3** O fornecedor deve enviar à Contratante, após a liberação dos equipamentos, uma relação individualizando o número de série de fabricação de cada transformador com o número de patrimônio correspondente.

**3.9.4** No tanque do transformador, deverá ser pintado em tinta na cor preto:

- 1- N° de série da placa: Altura da letra: 50 mm e Comprimento: Conforme numero do transformador
- 2- Potência do transformador: Altura da letra: 50 mm e Comprimento: 150 mm
- 3- Logotipo da Distribuidora: Altura da letra – 40 mm e comprimento máximo - 200 mm
- 4- N° do elo fusível correspondente a potência (ED Piauí): Altura da letra: 50 mm e Comprimento: 150 mm

| Transformador | Monofásico Fase-Neutro |        | Monofásico Fase-Fase |        | Trifásico Fase-Fase |        |
|---------------|------------------------|--------|----------------------|--------|---------------------|--------|
| Tensão        | 7,96kV                 | 19,9kV | 13,8kV               | 34,5kV | 13,8kV              | 34,5kV |
| Potência      | ELO                    | ELO    | ELO                  | ELO    | ELO                 | ELO    |
| 5             | 0,5 H                  | 0,5 H  | 0,5 H                | 0,5 H  | *                   | *      |
| 10            | 1 H                    | 0,5 H  | 0,5 H                | 0,5 H  | *                   | *      |
| 15            | 2 H                    | 1 H    | 1 H                  | 0,5 H  | 1 H                 | 0,5 H  |
| 25            | 2 H                    | 1 H    | 1 H                  | 1 H    | *                   | *      |
| 30            | *                      | *      | *                    | *      | 1 H                 | 1 H    |
| 45            | *                      | *      | *                    | *      | 2 H                 | 1 H    |
| 75            | *                      | *      | *                    | *      | 3 H                 | 2 H    |
| 112,5         | *                      | *      | *                    | *      | 5 H                 | 2 H    |
| 150           | *                      | *      | *                    | *      | 6 K                 | *      |
| 225           | *                      | *      | *                    | *      | 8 K                 | *      |
| 300           | *                      | *      | *                    | *      | 10 K                | *      |

|       |    | Potência Nominal do Transformador (kVA) - 13,8 kV |       |      |      |      |      |      |         |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |
|-------|----|---------------------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|       |    | ≤ 5                                               | ≤ 7,5 | ≤ 10 | ≤ 15 | ≤ 30 | ≤ 45 | ≤ 75 | ≤ 112,5 | ≤ 150 | ≤ 225 | ≤ 250 | ≤ 300 | ≤ 450 | ≤ 500 | ≤ 700 | ≤ 1000 | ≤ 1200 | ≤ 1500 |
| FASES | 1Φ | 1H                                                | 1H    | 2H   | 2H   | -    | -    | -    | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -      | -      |
|       | 2Φ | 0,5H                                              | 1H    | 1H   | 2H   | 3H   | -    | -    | -       | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -      | -      |
|       | 3Φ | 0,5H                                              | 0,5H  | 1H   | 1H   | 2H   | 3H   | 5H   | 6K      | 8K    | 10K   | 12K   | 15K   | 20K   | 25K   | 30K   | 40K    | 50K    | 65K    |

## 4 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

### 4.3 Características Técnicas Básicas

4.1.1 Os transformadores devem ser projetados para operar nas seguintes condições:

- sistema de distribuição com neutro comum multi-aterrado;
- instalação aérea;
- resfriamento natural (ONAN);
- frequência nominal 60 Hz;
- polaridade subtrativa;
- deslocamento angular 30° (Dyn1).

4.1.2 A massa total de cada transformador não deve ser superior a 1500 kg.

### 4.4 Relações de Tensão nominais

4.2.1 As tensões nominais especificadas estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Relações nominais de tensão

| Tensão máxima | Primário | Secundário |
|---------------|----------|------------|
|---------------|----------|------------|

| do equipamento (kV eficaz)                                       | Trifásico ou bifásico (FF) | Monofásico (FN) | Trifásico                                       | Monofásico (FN) ou Bifásico (FF)                |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 15                                                               | 13.800 V                   | 7.967 V         | 220/127 V<br>ou<br>380/220 V, conforme Item 1.5 | 240/120 V<br>ou<br>440/220 V, conforme Item 1.5 |
| 36,2                                                             | 34.500 V                   | 19.919 V        |                                                 |                                                 |
| NOTA: FF =tensão entre fases;<br>FN =tensão entre fase e neutro. |                            |                 |                                                 |                                                 |

**4.2.2** As derivações dos transformadores estão relacionadas na Tabela 2.

**Tabela 2 - Derivações**

| Tensão máxima do equipamento (kV eficaz) | Primário                                                                                           | Secundário                               |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 15                                       | 13800/13200/12600/12000/11400 V ou 13800/13200/12600/12000/11400/10800/10200 V, conforme item 1.5. | 380/220 V ou 220/127 V conforme item 1.5 |
| 15                                       | 7967/7630/7283/6936/6589 V ou 7967/7630/7283/6936/6589/6235/5890 V, conforme item 1.5.             | 440/220 V ou 240/120 V conforme item 1.5 |
| 36,2                                     | 34500 /33750 /33300 /32250 /31500 V                                                                | 380/220 V ou 220/127 V conforme item 1.5 |
| 36,2                                     | 19919 /19486/ 19226/18620/18.187 V                                                                 | 440/220 V ou 240/120 V conforme item 1.5 |

#### **4.5 Operações em tensões diferentes da nominal**

**4.3.1** Os transformadores devem ser capazes de funcionar, com tensões diferentes da nominal, nas condições especificadas pela NBR-5356.

#### **4.6 Níveis de isolamento**

**4.4.1** Os níveis de isolamento estão relacionados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Níveis de Isolamento**

| Tensão máxima do equipamento (kV eficaz) | Tensão suportável nominal sob 60 Hz, durante 1 minuto (kV eficaz) | Tensão suportável nominal de impulso atmosférico (kV crista) | Espaçamento mínimo no ar |                   |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------|
|                                          |                                                                   |                                                              | De fase para terra       | De fase para fase |
| 1,2                                      | 10                                                                | 30                                                           | 25                       | 25                |
| 15                                       | 34                                                                | 95                                                           | 130                      | 140               |
| 36,2                                     | 50                                                                | 150                                                          | 200                      | 230               |

#### **4.7 Perdas, corrente de excitação e impedância de curto-circuito**

**4.5.1** Os valores médios de perdas e correntes de excitação, para cada lote de transformadores, devem ser, no máximo, aqueles apresentados nas Tabelas 4 a 7. No entanto, valores individuais não podem ultrapassar as tolerâncias indicadas na Tabela 8.

**4.5.2** A tensão de curto-circuito deve corresponder aos valores das Tabelas 4 a 7, observadas as tolerâncias especificadas na Tabela 8.

**4.5.3** Os valores de perdas, tensão de curto-circuito e corrente de excitação são referidos à derivação principal (derivação de maior tensão) e à temperatura de referencia de 75°C.

**Tabela 4 – Valores de Perdas, Correntes de excitação e tensões de curto- circuito para transformadores trifásicos com tensões máximas de 15 kV**

| Potência do transformador (kVA) | Perda em vazio (W) | Perda total (W) | Corrente de excitação (%) | Tensão de curto-circuito (%) |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------|
| 15                              | 85                 | 410             | 4,0                       | 3,5                          |
| 30                              | 150                | 695             | 3,6                       |                              |
| 45                              | 195                | 945             | 3,2                       |                              |
| 75                              | 295                | 1395            | 2,7                       |                              |
| 112,5                           | 390                | 1890            | 2,5                       |                              |
| 150                             | 485                | 2335            | 2,3                       |                              |
| 225                             | 650                | 3260            | 2,1                       | 4,5                          |
| 300                             | 810                | 4060            | 1,9                       |                              |

**Tabela 5 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito para transformadores trifásicos com tensões máximas de 36,2 kV**

| Potência do transformador (kVA) | Perda em vazio (W) | Perda total (W) | Corrente de excitação (%) | Tensão de curto-circuito (%) |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------|
| 15                              | 100                | 460             | 5,0                       | 4,0                          |
| 30                              | 165                | 775             | 4,4                       |                              |
| 45                              | 230                | 1075            | 3,8                       |                              |
| 75                              | 320                | 1580            | 3,4                       |                              |
| 112,5                           | 440                | 2055            | 3,0                       |                              |
| 150                             | 540                | 2640            | 2,8                       |                              |
| 225                             | 750                | 3600            | 2,5                       | 5,0                          |
| 300                             | 900                | 4450            | 2,2                       |                              |

**Tabela 6 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito para transformadores monofásicos ou bifásicos com tensões máximas de 15 kV**

| Potência do transformador (kVA) | Perda em vazio (W) | Perda total (W) | Corrente de excitação (%) | Tensão de curto-circuito (%) |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------|
| 5                               | 35                 | 140             | 3,4                       | 2,5                          |
| 10                              | 50                 | 245             | 2,7                       |                              |
| 15                              | 65                 | 330             | 2,4                       |                              |
| 25                              | 90                 | 480             | 2,2                       |                              |
| 37,5                            | 135                | 665             | 2,1                       |                              |
| 50                              | 165                | 780             | 2,0                       |                              |
| 75                              | 205                | 1110            | 1,9                       |                              |
| 100                             | 255                | 1445            | 1,8                       |                              |

**Tabela 7 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito para transformadores monofásicos ou bifásicos com tensões máximas de 36,2 kV**

| Potência do transformador (kVA) | Perda em vazio (W) | Perda total (W) | Corrente de excitação (%) | Tensão de curto-circuito (%) |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------|
| 5                               | 45                 | 160             | 4,1                       | 3,0                          |
| 10                              | 60                 | 270             | 3,5                       |                              |
| 15                              | 80                 | 380             | 3,2                       |                              |
| 25                              | 105                | 545             | 3,0                       |                              |
| 37,5                            | 150                | 740             | 2,8                       |                              |
| 50                              | 200                | 935             | 2,6                       |                              |
| 75                              | 240                | 1225            | 2,0                       |                              |
| 100                             | 280                | 1480            | 1,4                       |                              |

**Tabela 8 – Tolerâncias**

| Características especificadas                                                                                                                                                                                                            | Tolerância                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Impedância de curto-circuito dos enrolamentos                                                                                                                                                                                            | ±7,5%                                                          |
| Perdas em vazio                                                                                                                                                                                                                          | +10%                                                           |
| Perdas totais                                                                                                                                                                                                                            | +6%                                                            |
| Relação de tensão em qualquer derivação                                                                                                                                                                                                  | ±0,5%                                                          |
| Relação de tensão em transformadores providos de derivação. Quando a espira for superior a 0,5 % da tensão de derivação respectiva, a tolerância especificada aplica-se ao valor de tensão correspondente à espira completa mais próxima | ± 1/10 da impedância de curto-circuito expressa em porcentagem |
| Corrente de excitação                                                                                                                                                                                                                    | +20%                                                           |

**NOTA: A tolerância é aplicada em relação ao valor declarado pelo fabricante.**

#### **4.8 Capacidade de suportar curto-circuito**

**4.6.1** O transformador deve resistir aos esforços de curtos-circuitos, quando ensaiado de acordo com a ABNT NBR 5356-5, sendo a corrente simétrica do ensaio limitada ao máximo de 25 vezes a corrente nominal do transformador.

#### **4.9 Elevação de temperatura**

**4.7.1** Os limites de elevação de temperatura acima da ambiente nas condições estabelecidas nessa especificação e nas normas aplicáveis devem ser:

- Enrolamentos, pelo método da variação da resistência: 55°C;
- ponto mais quente dos enrolamentos: 65°C;
- óleo isolante (medida próxima a superfície): 50°C.

#### **4.10 Nível de tensão de radio interferência (TRI)**

**4.8.1** O valor máximo de tensão de radiointerferência, quando o transformador é submetido a 1,1 vezes o valor da tensão da maior derivação, medido de acordo com a ABNT NBR 15121, deve ser de acordo com a Tabela 9.

| Tensão máxima do equipamento (kV eficaz) | TRI máximo em micro Volts |
|------------------------------------------|---------------------------|
| 15                                       | 250                       |
| 36,2                                     | 650                       |

#### 4.11 Nível de ruído

4.9.1 O transformador deve atender aos níveis médios de ruído conforme a Tabela 10.

**Tabela 10 - Nível de ruído**

| Nível médio de ruído em dB | Potência nominal do transformador em kVA |
|----------------------------|------------------------------------------|
| 48                         | 1 – 50                                   |
| 51                         | 51 -100                                  |
| 55                         | 101-300                                  |

#### 4.12 Expectativa de vida

4.10.1 A expectativa de vida para os transformadores, operando continuamente à potência nominal, a uma temperatura ambiente constante de 30°C, é de 20 anos conforme ANSI C 57.91.

#### 4.13 Tanque e tampa e radiadores

4.11.1 A chapa do tanque deve estar de acordo com as ABNT NBR 6649, ABNT NBR 6650 e ABNT NBR 11888.

4.11.2 As chapas de aço devem ter espessura mínima conforme especificado na Tabela 11.

**Tabela 11 – Espessuras das chapas de aço**

| Potência do Transformador (kVA) | Espessura – (mm) |       |       |
|---------------------------------|------------------|-------|-------|
|                                 | Tampa            | Corpo | Fundo |
| $P \leq 10$                     | 1,90             | 1,90  | 1,90  |
| $10 < P \leq 150$               | 2,65             | 2,65  | 3,00  |
| $150 < P \leq 300$              | 3,00             | 3,00  | 4,75  |

NOTA: As espessuras estão sujeitas às tolerâncias da ABNT NBR 6650.

4.11.3 Nos radiadores aletados e painéis corrugados devem ser utilizadas chapas conforme ABNT NBR 5915, com no mínimo 1,2 mm de espessura, ou tubos conforme ABNT NBR 5590, com no mínimo 1,5 mm de espessura.

4.11.4 As soldas executadas na confecção do tanque devem ser feitas de modo contínuo e do lado externo.

4.11.5 Deve ser garantida a continuidade elétrica entre a tampa e o tanque de forma que não impeça a retirada da tampa.

4.11.6 A borda do tanque do transformador deve ser adequada para permitir o correto alojamento das

juntas de seção circular de modo a evitar seu deslizamento.

**4.11.7** Todas as aberturas existentes na tampa devem ser providas de ressaltos construídos de maneira a evitar acumulação e/ou penetração de água.

**4.11.8** Os transformadores devem suportar a pressão manométrica de 0,07 MPa (0,7 kgf/cm<sup>2</sup>) durante 1 h.

#### **4.14 Suportes para fixação em poste**

**4.12.1** Os suportes para fixação em poste devem ser soldados no tanque, conforme Figuras 3 a 5.

**4.12.2** Os suportes devem ter formato e dimensões conforme as Figuras 6 e 7, espessura tal que suporte perfeitamente o peso do transformador (conforme o ensaio de verificação da resistência mecânica dos suportes para fixação do transformador, no Anexo F) e permita a instalação adequada deste ao poste, conforme os tipos a seguir:

- a) o tipo 1 deve ser utilizado para transformadores monofásicos/bifásicos até 37,5 kVA (ver Figura 6);
- b) o tipo 2 deve ser utilizado para transformadores monofásicos/bifásicos acima de 37,5 kVA e para transformadores trifásicos até 300 kVA (ver Figura 7);

**4.12.3** As abas laterais dos suportes e eventuais reforços não podem ser coincidentes com o eixo vertical das buchas X1 e X3, nos transformadores monofásicos, e XO e X3, nos transformadores trifásicos.

#### **4.15 Alças de suspensão**

**4.13.1** Os transformadores devem possuir duas alças de suspensão conforme indicado nas Figuras 3 a 5.

**4.13.2** As alças devem ser soldadas na parede externa do tanque, de maneira que o cabo de aço utilizado na suspensão não atinja as bordas da tampa e tenha resistência, dimensões e formato suficientes e adequados para permitir o içamento e a locomoção do transformador sem lhe causar outros danos, inclusive na pintura e nas buchas.

**4.13.3** As alças devem ser isentas de rebarbas.

#### **4.16 Estrutura de apoio**

**4.14.1** A parte inferior do transformador deve ter uma estrutura que assegure uma distância mínima de 10 mm entre a chapa do fundo e o plano de apoio do transformador. O prolongamento das paredes do tanque pode ser utilizado para este objetivo.

#### **4.17 Sistema de resfriamento**

**4.15.1** Para os dispositivos de resfriamento, devem ser observadas as seguintes espessuras mínimas:

- a) para dispositivos com óleo em seu interior:
  - radiadores: 1,2 mm;
  - tubos: 1,6 mm;
- b) para dispositivos sem óleo em seu interior (por exemplo, aletas): 1,2 mm.

**4.15.2** Não é permitida a instalação de conservador de líquido isolante no transformador.

#### **4.18 Acabamentos**

##### **4.16.1 Acabamento interno**

- a) No acabamento interno dos transformadores devem ser observados os seguintes requisitos:
- b) as impurezas devem ser removidas por processo adequado logo após a fabricação do tanque;
- c) deve ser aplicada base antiferruginosa que não afete nem seja afetada pelo líquido isolante, com espessura seca mínima de 30 mm. Opcionalmente, com exceção da tampa, a base antiferruginosa pode ser suprimida desde que o processo de enchimento do líquido isolante seja feito antes do início de qualquer processo de oxidação.

##### **4.16.2 Acabamento externo**

**4.16.2.1** No acabamento externo dos transformadores devem ser observados os seguintes requisitos:

- a) as impurezas devem ser removidas por processo químico ou jateamento abrasivo ao metal quase branco, padrão visual Sa ½ da SIS-05-5900, logo após a fabricação do tanque;
- b) antes do início de qualquer processo de oxidação, recomenda-se que seja aplicada tinta de base antiferruginosa seguida de tinta compatível, na cor cinza claro, padrão Munsell N 6.5, perfazendo uma espessura seca total mínima de 120 µm.

NOTA: Alternativamente, as tintas mencionadas na alínea b) de 5.16.2.1 podem ser substituídas por tinta de dupla função ou por processo eletrostático.

#### **4.19 Fixações Externas (Ferragens)**

**4.17.1** As fixações externas em aço (porcas, arruelas, parafusos e grampos de fixação da tampa) devem ser revestidas de zinco por imersão a quente conforme a ABNT NBR 6323.

#### **4.20 Juntas de vedação**

**4.18.1** Os materiais de vedação dos transformadores devem ser de borracha nitrílica com alto teor de acrilonitrila (39 % - 40 %) conforme ASTM D 297 e atender às características da Tabela 12.

**Tabela 12 – Juntas de Vedação**

| Característica              | Método de ensaio             | Valores nominais                                                                                                    |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Densidade                   | ASTM D 297                   | 1,15 g/cm <sup>3</sup> a 1,30 g/cm <sup>3</sup>                                                                     |
| Dureza <i>shore A</i>       | ASTM D 2240                  | 65 ± 5 pontos                                                                                                       |
| Cinza                       | ASTM D 297                   | 1 % a 3 %                                                                                                           |
| Enxofre livre               | ASTM D 1619                  | Negativo                                                                                                            |
| Resistência à tração        | ASTM D 412                   | 100 ± 10 kg/cm <sup>2</sup>                                                                                         |
| Deformação permanente       | ABNT NBR 10025               | 70 h a 100 °C, máx. 15 % à compressão                                                                               |
| Envelhecimento <sup>a</sup> | ABNT NBR 11407 ou ASTM D 471 | 70 h em óleo isolante a 100 °C com:<br>— variação de volume = 0 % a 5 %<br>— variação de dureza = - 10 a + 5 pontos |

<sup>a</sup> Os líquidos utilizados no ensaio de envelhecimento devem atender aos requisitos da ANP para óleo mineral isolante e aos da ABNT NBR 15422 para óleo vegetal isolante.

#### **4.21 Parte Ativa**

##### **4.19.1 Núcleo**

- 4.19.1.1** O núcleo dos transformadores trifásicos cobertos por essa especificação deve ser do tipo empilhado, não sendo aceitos núcleos do tipo enrolado. Para os transformadores monofásicos e/ou bifásicos será aceito núcleo do tipo empilhado ou enrolado.
- 4.19.1.2** O núcleo deve ser projetado e construído de modo a permitir o seu reaproveitamento em caso de manutenções, sem necessidade de emprego de máquinas ou ferramentas especiais.
- 4.19.1.3** O núcleo deve ser construído de chapas de aço silício de grão orientado, conforme a ABNT NBR 9119, ou metal amorfo conforme as ASTM A 900 e ASTM A 901.
- 4.19.1.4** As lâminas devem ser presas por uma estrutura apropriada que sirva como meio de centrar e firmar o conjunto núcleo-bobina ao tanque, de tal modo que esse conjunto não tenha movimento em quaisquer direções. Esta estrutura deve propiciar a retirada do conjunto do tanque.
- 4.19.1.5** O núcleo deve ser aterrado através de um único ponto à massa do transformador.
- 4.19.1.6** Quando aplicável, os tirantes que atravessam as lâminas do núcleo devem ser isolados dessas lâminas e aterrados.
- 4.19.1.7** Todas as porcas dos parafusos utilizados na construção do núcleo devem estar providas de travamento mecânico ou químico.

##### **4.19.2 Enrolamentos**

- 4.19.2.1** Podem ser construídos em cobre ou alumínio e devem atender as exigências citadas na seção 5.6.

##### **4.19.3 Fixação e Suspensão da parte ativa**

- 4.19.3.1** A fixação da parte-ativa nas paredes internas do tanque deve ser feita por dispositivos laterais, de maneira a facilitar sua retirada e recolocação no tanque. A fixação deve ainda permitir a retirada da tampa do transformador sem que, para tanto, seja necessário remover a parte-ativa.
- 4.19.3.2** Os transformadores devem possuir no mínimo dois olhais para suspensão da parte-ativa, localizados na parte superior do núcleo, de modo a manter, durante a suspensão, o conjunto na vertical.
- 4.19.3.3** Os dispositivos de fixação da parte-ativa podem ser utilizados para suspensão da parte-ativa desde que tenham resistência suficiente.

##### **4.19.4 Buchas e Terminais**

- 4.19.4.1** As buchas e terminais devem estar de acordo com as ABNT NBR 5034, ABNT NBR 5435 e ABNT NBR 5437.
- 4.19.4.2** As buchas de alta e de baixa tensão devem estar localizadas conforme indicado nas Figuras 3 a 5.

- 4.19.4.3** As buchas de alta tensão devem ser de porcelana.
- 4.19.4.4** Os terminais de baixa tensão devem estar posicionados de acordo com o detalhe A das Figuras 3 a 5, quando os terminais de ligação forem do tipo T1.
- 4.19.4.5** Caso não seja especificado no escopo desta ET, os terminais de ligação dos transformadores monofásicos, bifásicos ou trifásicos, de 30 kVA até 112,5 kVA devem ser do tipo T1 para o primário e secundário; para transformadores a partir da potência de 150 kVA devem ter terminal T3 no secundário e T1 no primário.
- 4.19.4.6** Todos os terminais devem ser estanhados.
- 4.19.4.7** A tampa deve ser provida de ressalto para a montagem das buchas de alta tensão.
- 4.19.4.8** As buchas de baixa tensão devem ser dimensionadas conforme as Tabelas 13 ou 14.

**Tabela 13 - Corrente nominal das buchas de baixa tensão para transformadores monofásicos (ampéres)**

| Potência do transformador<br>kVA | Maior tensão secundária<br>V |                 |          |          |          |
|----------------------------------|------------------------------|-----------------|----------|----------|----------|
|                                  | 127<br>V                     | 220 ou 230<br>V | 240<br>V | 254<br>V | 440<br>V |
| 3 a 15                           | 160                          | 160             | 160      | 160      | 160      |
| 25                               | 400                          | 160             | 160      | 160      | 160      |
| 37,5                             | 400                          | 400             | 400      | 400      | 160      |
| 50                               | 800                          | 400             | 400      | 400      | 160      |
| 75                               | 800                          | 800             | 400      | 400      | 400      |
| 100                              | 800                          | 800             | 800      | 800      | 400      |

NOTA O valor da tensão nominal das buchas de baixa tensão é estabelecida na ABNT NBR 5437.

**Tabela 14 - Corrente nominal das buchas de baixa tensão para transformadores trifásicos**

| Potência nominal do transformador<br>kVA                                          | Maior tensão secundária<br>V |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------|
|                                                                                   | 220<br>V                     | 380<br>V |
| 15 a 45                                                                           | 160                          | 160      |
| 75                                                                                | 400                          | 160      |
| 112,5                                                                             | 400                          | 400      |
| 150                                                                               | 800                          | 400      |
| 225                                                                               | 800                          | 800      |
| 300                                                                               | 800                          | 800      |
| NOTA A tensão nominal das buchas de baixa tensão é estabelecida na ABNT NBR 5437. |                              |          |

**4.19.4.9** Os transformadores monofásicos para ligação primária fase-neutro devem ter a derivação H2T ligada internamente ao tanque.

**4.19.5** Numeração dos terminais e derivações de alta e baixa tensão

**4.19.5.1** Os terminais externos devem ser marcados de forma indelével na cor preta, padrão Munsell N1, com altura dos caracteres não inferior a 30 mm, conforme as Figuras 3 a 5.

**4.19.5.2** A marcação dos terminais dos enrolamentos deve ser feita conforme a Figura 12.

**4.19.6** Dispositivo de Aterramento

**4.19.6.1** O dispositivo deve ter um conector próprio para ligação de condutores de cobre ou alumínio de diâmetro 3,2 mm a 10,5 mm, conforme a Figura 8, preso por meio de um parafuso de rosca M12 x1,75 no furo roscado do suporte para fixação no poste.

**4.19.6.2** Nos transformadores trifásicos, o dispositivo de aterramento deve ser localizado no suporte superior, na parte lateral mais próxima do XO, conforme a Figura 5; e nos transformadores monofásicos/bifásicos na parte lateral mais próxima de X1, conforme as Figuras 3 e 4.

**4.19.7** Dispositivo para fixação de pára-raios

**4.19.7.1** Os transformadores devem possuir um suporte para fixação de pára-raios, por fase, soldado na tampa, equipado com parafuso, porca e arruelas, conforme Anexo E.

**4.19.7.2** O suporte deve ser posicionado na área indicada não devendo interferir no processo de içamento do transformador.

**4.19.8** Indicação interna do nível do óleo mineral isolante

**4.19.8.1** Os transformadores devem ter uma linha indelével indicativa do nível mínimo de óleo isolante a 25°C, pintada em cor contrastante com a pintura interna, localizada acima dos terminais de baixa tensão na parte interna do tanque, de maneira que seja bem visível retirando-se a tampa do tanque.

**4.19.9** Óleo isolante

**4.19.9.1** Os materiais isolantes dos transformadores devem ser no mínimo de classe térmica 105 (Designação anterior "classe A"), de acordo com a ABNT NBR 7034.

**4.19.9.2** O transformador deverá ser fornecido com óleo isolante.

**4.19.9.3** O óleo isolante, antes do contato com o equipamento, deve ser conforme uma das alternativas abaixo:

4.19.9.3.1 óleo mineral do tipo A (base naftênica) ou do tipo B (base parafínica), de acordo com as resoluções vigentes da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP);

4.19.9.3.2 óleo vegetal de acordo com a ABNT NBR 15422.

**4.19.9.4** O óleo isolante, após contato com o equipamento, deve possuir características conforme Tabela 15.

Tabela 15 - Características do óleo isolante após contato com equipamento

| Características do óleo                                     | Unidade            | Vegetal |           |               | Mineral |           |               |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|---------|-----------|---------------|---------|-----------|---------------|
|                                                             |                    | ASTM    | ABNT NBR  | Valor         | ASTM    | ABNT NBR  | Valor         |
| Tensão interfacial                                          | mN/m               | -       | -         | Não aplicável | D 971   | 6234      | ≥ 40          |
| Teor de água                                                | mg/kg <sup>1</sup> | D 1533  | 10710     | ≤ 300         | D 1533  | 10710     | ≤ 25          |
| Rigidez dielétrica (eletrodo de disco) <sup>2</sup>         | kV                 | D 877   | 6869      | ≥ 30          | D 877   | 6869      | ≥ 30          |
| Rigidez dielétrica (eletrodo de calota) <sup>2</sup>        | kV                 | -       | IEC 60156 | ≥ 45          | -       | IEC 60156 | ≥ 45          |
| Fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação a 25 °C  | %                  | D 924   | 12133     | ≤ 0,5         | D 924   | 12133     | ≤ 0,05        |
| Fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação a 100 °C | %                  | D 924   | 12133     | ≤ 8           | D 924   | 12133     | ≤ 0,9         |
| Índice de neutralização                                     | mgKOH/g            | D 974   | 14248     | ≤ 0,06        | D 974   | 14248     | ≤ 0,03        |
| Ponto de combustão                                          | °C                 | D 92    | 11341     | ≥ 300         | -       | -         | -             |
| Teor de bifenilas policloradas (PCB)                        | mg/kg <sup>1</sup> | -       | 13882     | Não detectado | -       | 13882     | Não detectado |
| NOTA 1 A unidade mg/kg equivale a ppm.                      |                    |         |           |               |         |           |               |
| NOTA 2 Qualquer um dos métodos podem ser utilizados         |                    |         |           |               |         |           |               |

#### 4.19.10 Placa de identificação

**4.19.10.1** Deve ter formato A6 (105 mm x 148 mm), sendo que os dados da placa e suas disposições devem estar de acordo com o definido nas Figuras 9 e 10. A placa deve ser de alumínio anodizado com espessura mínima de 0,8 mm, devendo ser localizada conforme as Figuras 3 a 5, com caracteres de altura mínima 2 mm. A placa deve ser fixada, através de rebites de material resistente à corrosão, em um suporte com base que impeça a deformação da placa, soldado ao tanque ou aos radiadores.

**4.19.10.2** Deve também ser observado um afastamento de no mínimo 20 mm entre o corpo do transformador e qualquer parte da placa.

**4.19.10.3** Alternativamente, a placa de identificação pode ter formato A7 (74 mm x 105 mm), sendo que os dados da placa e suas disposições devem estar de acordo com a Figura 11.

#### 4.19.11 Dispositivo de alívio de pressão

**4.19.11.1** O transformador deve ser equipado com um dispositivo de alívio de pressão interna, com os seguintes requisitos mínimos:

4.19.11.1.1 pressão de alívio de 69 kPa (0,70 kgf/cm<sup>2</sup>) ± 20 %;

4.19.11.1.2 pressão de selamento mínima de 41,4 kPa (0,42 kgf/cm<sup>2</sup>);

4.19.11.1.3 taxa de vazão de  $9,91 \text{ cm}^3/\text{min} \times 105 \text{ cm}^3/\text{min}$  (35 pés cúbicos por minuto), a  $103,5 \text{ kPa}$  ( $1,06 \text{ kgf/cm}^2$ ) e a  $21,1^\circ\text{C}$ ;

4.19.11.1.4 taxa de admissão de ar na faixa de  $41,4 \text{ kPa}$  ( $0,42 \text{ kgf/cm}^2$ ) a  $55,2 \text{ kPa}$  ( $0,56 \text{ kgf/cm}^2$ ) igual a zero;

4.19.11.1.5 temperatura de operação de  $-29^\circ\text{C}$  a  $+105^\circ\text{C}$ .

**4.19.11.2** Além disso, o dispositivo deve possuir também as seguintes características:

4.19.11.2.1 orifício de admissão de  $1/4 \text{ pol}$  ( $6,4 \text{ mm}$ ) - 18 NPT;

4.19.11.2.2 corpo hexagonal de latão de  $16 \text{ mm}$ , dimensionado para suportar uma força longitudinal de  $45 \text{ kgf}$ ;

4.19.11.2.3 disco externo de vedação para impedir, de forma permanente, a entrada de poeira, umidade e insetos. Este deve ser de material não oxidável, com resistência mecânica suficiente para não sofrer deformação por manuseio;

4.19.11.2.4 anel externo de material não oxidável, com diâmetro interno mínimo de  $21 \text{ mm}$ , para acionamento manual, dimensionado para suportar uma força mínima de puxamento de  $11 \text{ kgf}$ , sem deformação;

4.19.11.2.5 anéis de vedação e gaxetas internas compatíveis com a classe de temperatura do material isolante do transformador;

4.19.11.2.6 partes externas resistentes à umidade e à corrosão.

**4.19.11.3** O dispositivo de alívio deve estar posicionado na horizontal, na parede do tanque ou na tampa do transformador com adaptador em "L...", observada a condição de carga máxima de emergência do transformador de  $200\%$ , não devendo, em nenhuma hipótese, dar vazão ao óleo expandido. Deve ser posicionado também de forma a atender às seguintes condições:

4.19.11.3.1 não interferir com o manuseio dos suportes de fixação em poste;

4.19.11.3.2 não ficar exposto a danos quando dos processos de içamento, carga e descarga do transformador;

4.19.11.3.3 não interferir com o manuseio dos suportes para fixação de para-raios;

4.19.11.3.4 ser direcionado para o lado das buchas de baixa tensão.

**4.22** A cada pedido de Compra deverão ser apresentados os projetos dos equipamentos, ficando a CONTRATANTE como responsável pela especificação e aprovação dos itens: Tipo de bucha/conexão no secundário, local do comutador externo (lateral ou tampa), tampa de inspeção externa e furação do suporte de fixação do transformador.

## **5 GARANTIA**

**5.3** A CONTRATADA deve dar garantia de 24 (vinte e quatro) meses, a partir da data de entrega no local especificado no Pedido de Compra, ou 18 (dezoito) meses a partir da data de entrada em operação, prevalecendo o que ocorrer primeiro, contra qualquer defeito de projeto, material ou fabricação do equipamento ofertado. Se necessário, deverá substituir os equipamentos sem ônus para a CONTRATANTE;

**5.4** Em caso de devolução dos equipamentos para reparo ou substituição, dentro do período de

garantia, todos os custos de material e transporte, bem como as despesas para a retirada das peças com deficiência, para a inspeção, para a entrega e para a instalação dos equipamentos novos ou reparados, serão de responsabilidade exclusiva do fornecedor. A placa de identificação do transformador deve ser substituída de forma a indicar a data de realização do reparo.

- 5.5** Independentemente do prazo de garantia estar ou não vencido, o fabricante deve promover, sem ônus para a CONTRATANTE, a substituição e correção dos equipamentos e materiais devido a falhas de projeto verificadas posteriormente ao recebimento, mesmo que tais problemas tenham se manifestado em ambiente de operação da CONTRATANTE.
- 5.6** Quando for substituído ou reparado qualquer componente ou acessório dentro do prazo de garantia, uma das três possibilidades seguintes para a extensão da garantia do equipamento deverá ser considerada:
- 5.4.1** Se o defeito no componente ou acessório não implicar em indisponibilidade do equipamento, nem a substituição afetar o funcionamento de outras partes, nem comprometer a integridade do equipamento, somente a garantia do componente ou acessório deverá ser renovada por mais 18 meses contados a partir da nova entrada em operação;
- 5.4.2** Se o defeito no componente ou acessório implicar em indisponibilidade do equipamento, mas a substituição não afetar o funcionamento de outras partes, nem comprometer a integridade do equipamento, a garantia do componente ou acessório deverá ser renovada por mais 18 meses contados a partir da nova entrada em operação e a garantia do equipamento deverá ser estendida por um período igual ao da indisponibilidade verificada;
- 5.4.3** Se o defeito no componente ou acessório implicar em indisponibilidade do equipamento, e a substituição afetar o funcionamento de outras partes ou, de alguma forma, comprometer a integridade do equipamento, a garantia deverá ser renovada para todo o equipamento por mais 18 meses contados a partir da nova entrada em operação.

## **6 INSPEÇÃO**

### **6.3 Geral**

- 6.1.1** A inspeção compreende o acompanhamento durante a fabricação e a execução dos ensaios de recebimento, ou seja, os ensaios de rotina, os ensaios de tipo e os ensaios especiais, os dois últimos quando exigidos pela CONTRATANTE.
- 6.1.2** O lote para inspeção compreende todas as unidades de mesmas características fornecidas de uma só vez.
- 6.1.3** O fornecedor deve dispor de pessoal e aparelhagem, própria ou contratada, necessária à execução dos ensaios (em caso de contratação, deve haver aprovação prévia da CONTRATANTE), de acordo com legislação vigente no Brasil.
- 6.1.4** O fornecedor deve assegurar ao inspetor da CONTRATANTE, o direito de se familiarizar, em detalhes, com as instalações e com os equipamentos a serem utilizados, estudar as instruções e desenhos, verificar calibrações, presenciar os ensaios, conferir resultados e, em caso de dúvida, efetuar nova inspeção e exigir a repetição de qualquer ensaio.
- 6.1.5** O fornecedor deve garantir ao inspetor da CONTRATANTE livre acesso a laboratórios e a locais de fabricação e de acondicionamento.

- 6.1.6** O fornecedor deve apresentar, ao inspetor da CONTRATANTE, certificados de calibração dos instrumentos de seu laboratório ou do contratado a serem utilizados na inspeção.
- 6.1.7** Todas as normas técnicas, especificações e desenhos citados como referência devem estar à disposição do inspetor da CONTRATANTE no local da inspeção.
- 6.1.8** A CONTRATANTE se reserva o direito de enviar inspetores devidamente credenciados, com o objetivo de acompanhar qualquer etapa de fabricação e, em especial, presenciar os ensaios.
- 6.1.9** O fornecedor deve apresentar, ao inspetor da CONTRATANTE, certificados de aferição dos instrumentos de seu laboratório ou do contratado, utilizados na inspeção, medição e ensaio dos equipamentos ofertados, emitido por órgão homologado pelo INMETRO, ou por organização equivalente em outros países. O intervalo máximo dessa aferição deve ser de um ano, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.
- 6.1.10** Os subfornecedores devem ser cadastrados pelo fornecedor sendo este o único responsável pelo controle daqueles. O fornecedor deve assegurar à CONTRATANTE o acesso à documentação de avaliação técnica referente a esse cadastro.
- 6.1.11** A aceitação do lote e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:
- 6.1.11.1** Não eximem o fornecedor da responsabilidade de fornecer o equipamento de acordo com os requisitos desta ET;
  - 6.1.11.2** Não invalida qualquer reclamação posterior da CONTRATANTE a respeito da qualidade do equipamento e/ou da fabricação. Em tais casos, mesmo após haver saído da fábrica, o lote pode ser inspecionado e submetido a ensaios, com prévia notificação ao fornecedor e, se necessário, em sua presença. Em caso de qualquer discrepância em relação às exigências desta ET, o lote pode ser rejeitado e sua reposição será por conta do fornecedor.
- 6.1.12** A rejeição do lote, em virtude de falhas constatadas nos ensaios, não dispensa o fornecedor de cumprir as datas de entrega prometidas. Se, na opinião da CONTRATANTE, a rejeição tornar impraticável a entrega do equipamento nas datas previstas, ou se tornar evidente que o fornecedor não será capaz de satisfazer as exigências estabelecidas nesta ET, a CONTRATANTE se reserva o direito de rescindir todas as suas obrigações e de obter o equipamento de outro fornecedor. Em tais casos, o fornecedor será considerado infrator do contrato e estará sujeito às penalidades aplicáveis.
- 6.1.13** Todas as unidades rejeitadas, pertencentes a um lote aceito, devem ser substituídas por unidades novas e perfeitas, por conta do fornecedor, sem ônus para a CONTRATANTE.
- 6.1.14** A CONTRATANTE se reserva o direito de exigir a repetição de ensaios em lotes já aprovados. Nesse caso, as despesas serão de responsabilidade:
- 6.1.14.1** Da CONTRATANTE, se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção;
  - 6.1.14.2** Do fornecedor, em caso contrário.
- 6.1.15** Os custos da visita do inspetor da CONTRATANTE (locomoção, hospedagem, alimentação, homens-hora e administrativo) correrão por conta do fornecedor nos seguintes casos:
- 6.1.15.1** Se o lote estiver incompleto na data indicada na solicitação de inspeção;
  - 6.1.15.2** Se o laboratório de ensaio não atender às exigências da CONTRATANTE e à NR 10;
  - 6.1.15.3** Devido à reinspeção do equipamento por motivo de reprovação nos ensaios.
  - 6.1.15.4** Se o equipamento necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final de

subfornecedor contratado pelo fornecedor em localidade diferente da sede do fornecedor;

- 6.1.16** O fabricante/fornecedor deverá apresentar, no ato da inspeção de recebimento, o arquivo em meio eletrônico (Compact Disc), conforme padrão estabelecido e devidamente comunicado a CONTRATANTE, no qual conste cada equipamento, suas características e os respectivos resultados dos testes. Este quesito será um dos itens da inspeção de recebimento. Após a aceitação dos lotes, o fabricante deve enviar a CONTRATANTE em até 5 (cinco) dias úteis, após a entrega dos lotes, o arquivo final consolidado, com as alterações ocorridas em função da inspeção.
- 6.1.17** Antes de serem fornecidos os transformadores, um protótipo deve ser aprovado, através da realização dos ensaios de tipo previstos. Estes ensaios podem ser dispensados parcial ou totalmente, a critério da CONTRATANTE, se já existir um protótipo idêntico aprovado.
- 6.1.17.1** De comum acordo com a CONTRATANTE, o fornecedor poderá substituir a execução de qualquer ensaio de tipo pelo fornecimento do relatório do mesmo ensaio, executado em equipamentos idênticos aos ofertados, desde que realizados em laboratório reconhecido.
- 6.1.18** Se os ensaios de tipo forem dispensados, o fabricante deve submeter um relatório completo dos ensaios, com todas as informações necessárias, tais como métodos, instrumentos e constantes utilizadas. A eventual dispensa destes ensaios somente terá validade por escrito.
- 6.1.19** A CONTRATANTE poderá, a seu critério, em qualquer ocasião, solicitar a execução dos ensaios de tipo para verificar se os equipamentos estão mantendo as características de projeto preestabelecidas por ocasião da aprovação dos protótipos.
- 6.1.20** O fornecedor deve informar a CONTRATANTE, com antecedência mínima de 10 dias úteis, as datas em que os equipamentos estarão prontos para a inspeção.

## **6.4 Ensaios de rotina**

### **6.2.1 Inspeção geral**

**6.2.1.1** Deve ser executada no número de unidades indicado na Tabela 17 e consiste em:

- a)** verificação das características dimensionais, e dos componentes;
- b)** inspeção visual, com abertura dos transformadores e levantamento da parte ativa (ver ANEXO B);

NOTA: Caso haja acompanhamento de fabricação por parte da Contratante, a inspeção visual da parte ativa dos transformadores pode ser realizada durante a fabricação, a critério do inspetor.

- c)** verificação das condições da embalagem que devem estar de acordo com a seção 4.3.

### **6.2.2 Ensaios elétricos**

**6.2.2.1** O fornecedor deve executar os ensaios abaixo relacionados, em todas as unidades do lote, conforme a ABNT NBR 5356 ou a IEC 76 e apresentar os resultados ao inspetor da Contratante, antes da inspeção:

- a)** perdas em vazio e corrente de excitação;
- b)** perdas em carga e impedância de curto-circuito;
- c)** relação de tensões com verificação de deslocamento angular e sequencia de fases (transformadores trifásicos);

- d) resistência de isolamento;
- e) resistência elétrica dos enrolamentos.

**6.2.2.2** Os ensaios dielétricos abaixo relacionados devem ser executados conforme a ABNT NBR 5356 ou a IEC 76 em todas as unidades do lote, na presença do inspetor da Contratante:

- a) tensão suportável nominal à frequência industrial (tensão aplicada);
- b) tensão induzida.

**6.2.2.3** Os ensaios da seção 7.2.2.1 devem ser repetidos na presença do inspetor em um número de amostras de acordo com a Tabela 16 e os resultados confrontados com aqueles previamente obtidos pelo fabricante.

**6.2.2.4** As tolerâncias nos resultados dos ensaios das alíneas a), b) e c) da seção 7.2.2.1 são de acordo com a Tabela 8.

### **6.2.3** Ensaios da pintura

#### **6.2.3.1** Ensaio de aderência

**6.2.3.1.1** Deve ser efetuado de acordo com a NBR 11003 e/ou ISO 2409 diretamente no transformador, devendo ser alcançado, no mínimo, o grau GR1. O número de transformadores a serem ensaiados, escolhidos aleatoriamente pelo inspetor da Contratante, deve estar de acordo com a Tabela 17.

#### **6.2.3.2** Espessura da película

**6.2.3.2.1** Deve ser efetuado de acordo com a ASTM E 376. O número de transformadores a serem ensaiados, escolhidos aleatoriamente pelo inspetor da Contratante, deve estar de acordo com a Tabela 17.

#### **6.2.3.3** Ensaio de revestimento de zinco por imersão a quente

**6.2.3.3.1** Deve ser efetuado de acordo com a NBR 7399 e a NBR 7400, em um número de amostras conforme a Tabela 17, nas ferragens utilizadas nos transformadores.

### **6.2.4** Ensaios do óleo isolante

**6.2.4.1** Antes da inspeção de cada lote, o fornecedor deve entregar ao inspetor da Contratante um relatório técnico contendo as seguintes informações:

- a) Para óleos minerais, classificação do petróleo que lhe deu origem (parafínico ou naftênico), procedência e processo de refino;
- b) resultado de todos os ensaios indicados na Tabela 15, realizados por laboratórios governamentais, credenciados pelo governo do país de origem ou por entidades reconhecidas internacionalmente. Devem estar de acordo com os valores indicados nas mesmas Tabelas 15.

NOTA: Caso o fabricante não apresente esse relatório, todos os ensaios indicados na Tabela 15 devem ser realizados em uma amostra retirada do lote, devendo a inspeção ser executada somente após a análise dos resultados dos ensaios.

**6.2.4.2** Em um número de unidades, escolhidas aleatoriamente pelo inspetor da Contratante, conforme a Tabela 17 deve ser retirada amostras do óleo isolante para a realização dos ensaios:

- a) Rigidez dielétrica;

- b)** Teor de água
- c)** Fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação;
- d)** Tensão interfacial;
- e)** Índice de neutralização.

#### **6.2.5** Ensaio de dureza nas juntas de vedação

**6.2.5.1** Deve ser realizado conforme a NBR 7318 ou a ASTM D 2240, em um número de corpos-de-prova conforme a Tabela 17. Os valores obtidos devem atender ao especificado na seção 5.18.

#### **6.2.6** Ensaio de estanqueidade

**6.2.6.1** Deve ser efetuado em todas as unidades do lote, após os ensaios elétricos, na presença do inspetor da Contratante, com o transformador completamente montado, com óleo isolante em seu nível normal e todos os acessórios. O transformador deve suportar uma pressão manométrica de 0,07 MPa durante uma hora, sem apresentar vazamento.

##### **NOTAS:**

1) Caso o fornecedor realize esse ensaio em todas as unidades, antes dos ensaios elétricos, ele pode, a critério do inspetor, ser realizado novamente após os ensaios elétricos, em um número de unidades conforme a Tabela 17.

2) Caso o fornecedor adote outra metodologia de ensaio, o método deve ser submetido à Contratante para aprovação.

#### **6.2.7** Ensaio da válvula de alívio de pressão interna

**6.2.7.1** Deve ser executado na amostra apresentada na Tabela 17, constituída por unidades escolhidas aleatoriamente do lote sob inspeção pelo inspetor da Contratante.

**6.2.7.2** Devem ser verificadas as seguintes características nominais, conforme 4.19.11 podendo a válvula ser ensaiada separadamente do transformador:

- a)** pressão de alívio;
- b)** pressão de vedação;
- c)** taxas de vazão.

### **6.5** Ensaios de tipo

**6.3.1** Para cada um dos ensaios seguintes, executados de acordo com a ABNT NBR 5356, o inspetor da Contratante deve escolher uma unidade de cada potência do primeiro lote do Pedido de compra.

**6.3.2** Para os ensaios constantes da seção 6.3.7 devem ser preparados, a critério do inspetor da Contratante, tantos corpos-de-prova quantos forem necessários, com o mesmo tratamento de chapa, esquema e espessura da pintura externa (seções 6.3.6.1 a 6.3.6.9) e interna (seções 6.3.6.10 a 6.3.6.11) dos transformadores, com dimensões aproximadas de 150 mm x 100 mm x 1,2 mm.

**6.3.3** Para os ensaios das seções 6.3.7 e 6.3.8 o inspetor da Contratante deve receber amostras, em quantidade que ficará a seu critério, das ferragens que serão utilizadas nos transformadores.

#### **6.3.4** Ensaio de tensão suportável nominal de impulso atmosférico

**6.3.4.1** Deve ser executado conforme a NBR 5356-4 e Anexo G da NBR 5440.

#### **6.3.5** Ensaio de elevação de temperatura

**6.3.5.1** Deve ser realizado alimentando-se o transformador que apresentar as maiores perdas totais do lote. O procedimento do ensaio deve ser de acordo com a NBR 5356-2.

NOTAS:

1. Em caso de acordo entre a Contratante e a Contratada, para recebimento de transformadores com elevação de temperatura superior a 55°C, o seu preço deve ser reduzido de acordo com o ANEXO D.
2. Se em lotes subsequentes do mesmo Pedido de Compra forem encontrados transformadores de mesmas características, com perdas totais superiores às do transformador anteriormente submetido ao ensaio de elevação de temperatura, esse ensaio deve ser repetido, sem ônus para a Contratante, no transformador de maiores perdas totais.

#### **6.3.6 Ensaio da pintura**

##### **6.3.6.1 Exposição ao dióxido de enxofre**

**6.3.6.1.1** Com uma lâmina cortante, romper o filme até a base, conforme a ABNT NBR 8094 (com entalhe na vertical).

**6.3.6.1.2** Deve-se verificar a resistência a 100 % de umidade relativa com duração conforme ASTM D 2247.

**6.3.6.1.3** Deve-se também verificar a resistência ao SO<sub>2</sub> (2,0 L), em ciclos conforme DIN 50018.

**6.3.6.1.4** O tanque deve resistir a um ciclo de 24 h de ensaio sem apresentar bolhas, enchimentos, absorção de água, carregamento, e não pode apresentar manchas e corrosão.

NOTA: O ciclo de 24 h consiste em um período igual a 8 h a  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$  na presença de SO<sub>2</sub>, após o qual se desliga o aquecimento e abre-se a tampa do aparelho, deixando-se as peças expostas ao ar, dentro do aparelho, durante 16 h à temperatura ambiente.

##### **6.3.6.2 Umidade**

**6.3.6.2.1** Os painéis devem ser colocados em ângulo de 15° a 30° em uma câmara com umidade relativa de 100 % e temperatura ambiente de  $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ . Após 250 h de exposição, não podem ocorrer empolamentos ou defeitos similares, quando ensaiados conforme ASTM D 1735.

##### **6.3.6.3 Impermeabilidade**

**6.3.6.3** Imergir 1/3 do painel em água destilada mantida a  $37,8^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ . Após 480 h, não podem ocorrer empolamentos ou defeitos similares, quando ensaiado conforme ASTM D 870.

##### **6.3.6.4 Névoa salina**

**6.3.6.4.1** Com uma lâmina cortante, romper o filme até a base, conforme a ABNT NBR 8094 (com entalhe na vertical).

**6.3.6.4.2** O tanque deve resistir a 500 h de exposição contínua ao ensaio de névoa salina (solução a 5 % de NaCl em água). Não pode haver empolamento e a penetração máxima sob os cortes traçados deve ser de 4 mm. Os painéis devem ser mantidos em ângulo de 15° a 30° conforme a ABNT NBR 8094.

##### **6.3.6.5 Aderência**

**7.3.6.5.1.** Este ensaio deve ser executado conforme a ABNT NBR 11003.

#### **6.3.6.6 Brilho**

- 7.3.6.6.1.** O acabamento deve ter um brilho de 55 a 65 medido no Gardner Glossmeter a 60°C, quando ensaiado conforme ASTM D 523.

#### **6.3.6.7 Resistência a óleo isolante**

- 7.3.6.7.1.** Preparar os painéis somente com o esquema de pintura interna. Devem resistir a 106 h imersos em óleo a 110 °C ± 2 °C, sem alterações, quando ensaiados conforme ABNT NBR 6529.

#### **6.3.6.8 Resistência Marítima**

- 7.3.6.8.1.** Com uma lâmina cortante, romper o filme até a base, conforme a ABNT NBR 8094 (com entalhe na vertical).
- 7.3.6.8.2.** Colocar os painéis em ângulo de 45°, com a face traçada voltada para o mar, a uma distância deste de até 30 m do limite da maré alta.
- 7.3.6.8.3.** Após seis meses de exposição, não pode haver empolamento e similares, permitindo-se penetração na zona do corte de até 4 mm, quando ensaiado conforme ASTM D 1014.

#### **6.3.6.9 Determinação de espessura de camada de tinta**

- 7.3.6.9.1.** Este ensaio deve ser executado conforme a ABNT NBR 10443.

#### **6.3.6.10 Resistência da pintura interna ao óleo isolante**

- 7.3.6.10.1.** Deve ser realizado conforme a NBR 6529. O corpo-de-prova deve ser imerso em óleo isolante a uma temperatura de (110 + 2)°C, durante 48 horas, sem alterações.

#### **6.3.6.11 Compatibilidade da pintura interna com o óleo isolante**

- 7.3.6.11.1.** Deve ser realizado conforme a ASTM D 3455. A área pintada do corpo-de-prova a ser colocado em 1 litro de óleo é dada por:

$$A_{cp} = 4 \times \frac{At}{Vt}$$

Onde:

A<sub>cp</sub> = área do corpo-de-prova a ser colocado em 1 litro de óleo, em m<sup>2</sup>;

At = superfície interna do transformador em contato com o óleo isolante, em m<sup>2</sup>;

Vt = volume de óleo do transformador em litros.

- 7.3.6.11.2.** A área do corpo-de-prova para verificação do esquema de pintura interna do radiador é calculada pela expressão acima, substituindo-se transformador por radiador.
- 7.3.6.11.3.** Após o ensaio, as propriedades do óleo no qual foram colocados os corpos-de-prova devem ser as seguintes:
- a) tensão interfacial a 25°C (mínimo): 0,034 N/m;
  - b) índice de neutralização (máxima variação): 0,03 mg KOH/g;
  - c) rigidez dielétrica (mínimo): 25,8 kV/2,54 mm;
  - d) fator de potência a 100°C (máximo): 1,6%;
  - e) cor (máxima variação): 0,5.

#### **6.3.7 Ensaios do revestimento de zinco por imersão a quente**

**6.3.7.1** O inspetor da Contratante deve receber amostras, em quantidade que ficará a seu critério, das ferragens que serão utilizadas nos transformadores e que devem ser submetidas aos seguintes ensaios:

- a) exposição ao dióxido de enxofre, conforme a seção 7.3.6.1;
- b) névoa salina, conforme a seção 7.3.6.4.

#### **6.3.8 Ensaio de resistência ao óleo isolante das juntas de vedação**

**6.3.8.1** Devem ser preparados, a critério do inspetor da Contratante, tantos corpos-de-prova quantos forem necessários, para execução deste ensaio.

**6.3.8.2** Os corpos-de-prova devem ser imersos em óleo isolante a 100°C durante 70 horas, conforme a NBR 11407 e/ou ASTM D 471. Após o ensaio, são admitidas as seguintes variações em relação ao valor obtido antes do ensaio:

**7.3.8.2.1.** - variação da dureza: (- 10 a + 5) Shore A;

**7.3.8.2.2.** - variação de volume: (0 a + 25%).

**6.3.8.3** Para os materiais cujos formatos e dimensões não permitam a retirada de corpos-de-prova conforme as normas citadas, o ensaio deve ser realizado com corpos-de-prova de qualquer formato, sendo a variação de volume determinada pelo processo hidrostático.

#### **6.3.9 Ensaio de nível de tensão de radio interferência**

**6.3.9.1** Este ensaio deve ser realizado de acordo com a ABNT NBR 15121.

#### **6.3.10 Ensaio de medição do nível de ruído audível**

**6.3.10.1** Este ensaio deve ser realizado conforme previsto na ABNT NBR 7277.

#### **6.3.11 Ensaio de verificação de resistência dos suportes para fixação em poste**

**6.3.11.1** Os suportes para fixação em poste devem ser ensaiados conforme mostrado no Anexo F.

### **6.4 Ensaios especiais**

#### **6.4.1 Ensaio de curto-circuito**

**6.4.1.1** Deve ser ensaiado de acordo com a ANBT NBR 5356-5.

### **6.5 Aceitação e rejeição**

**6.5.1** O critério para aceitação e rejeição do ensaio de inspeção geral é o estabelecido na Tabela 17.

**6.5.2** Serão rejeitados os transformadores que não suportarem os ensaios de tensão suportável nominal à frequência industrial, tensão induzida ou estanqueidade.

**6.5.3** Todo o lote será recusado se as médias dos valores de perdas em vazio, perdas totais e corrente de excitação forem superiores aos valores garantidos, declarados pelo fornecedor na sua proposta e constantes do Pedido DE COMPRA.

**6.5.4** O critério de aceitação dos ensaios elétricos citados na seção 7.2.2 é o estabelecido na Tabela 16.

**6.5.5** Serão rejeitadas as unidades que apresentarem valores fora das tolerâncias estabelecidas na Tabela 8.

**6.5.6** O critério para aceitação e rejeição dos ensaios de aderência e espessura é o estabelecido pela Tabela 17. Serão rejeitados, também, transformadores que apresentarem pintura com

empolamento, escorrimento e cor diferente da especificada.

NOTA: Aprovado o lote, as unidades rejeitadas devem ser pintadas e submetidas novamente aos ensaios de pintura. O fornecedor deve restaurar a pintura de todas as unidades ensaiadas.

- 6.5.7** O critério para aceitação e rejeição do ensaio do revestimento de zinco é o estabelecido na Tabela 17.
- 6.5.8** O critério para aceitação e rejeição do óleo isolante é o estabelecido na Tabela 17. Os resultados devem estar de acordo com a Tabela 15 após contato com o equipamento.
- 6.5.9** O critério para aceitação e rejeição do ensaio de dureza das juntas de vedação é o estabelecido na Tabela 17.
- 6.5.10** Caso o transformador submetido ao ensaio de tensão suportável nominal de impulso atmosférico apresente evidência de falha ou descarga disruptiva, duas outras unidades devem ser submetidas a novos ensaios, sem ônus para a Contratante. Ocorrendo nova falha em qualquer uma das unidades, todo o lote será rejeitado.
- 6.5.11** Se os resultados do ensaio de elevação de temperatura forem superiores aos estabelecidos em 5.7, o ensaio deve ser repetido na mesma unidade. Persistindo valores superiores aos permitidos, todo o lote será recusado.

NOTA: Havendo acordo comum entre a CONTRATANTE e a CONTRATADA, o lote de transformadores reprovados no ensaio de elevação de temperatura pode ser aceito, observando-se o ANEXO D.

- 6.5.12** Caso o transformador não suporte as solicitações elétricas, térmicas e dinâmicas do ensaio de curto-circuito, todo o lote será recusado.

## **6.6 Relatórios dos ensaios**

- 6.6.1** O relatório dos ensaios de rotina deve ser constituído no mínimo de:

- a) número do Pedido de Compra e quantidade dos transformadores do lote;
- b) identificação (dados de placa) e valores garantidos pelo fornecedor;
- c) resultados dos ensaios que têm valores garantidos e os respectivos valores máximos, médios e mínimos verificados no lote;
- d) resultados dos ensaios da pintura;
- e) resultados dos ensaios das peças zincadas;
- f) resultados dos ensaios dielétricos e de relação de tensão;
- g) resultados dos ensaios do óleo mineral isolante;
- h) resultados dos ensaios das juntas de vedação;
- i) datas de início e término dos ensaios;
- j) nomes legíveis e assinaturas do representante do fabricante e do inspetor da Contratante.

- 6.6.2** O lote, devidamente embalado e marcado, somente será liberado pelo inspetor da Contratante após o recebimento de uma via do relatório de ensaio.

- 6.6.3** O relatório do ensaio de elevação de temperatura deve conter no mínimo, as seguintes informações:

- a) identificação do transformador ensaiado;
- b) perdas em vazio com 100% e 105% da tensão nominal;

- c) perdas em carga em todas as derivações;
- d) perdas aplicadas ao transformador para determinação da elevação de temperatura do topo do óleo;
- e) resistência ôhmica dos enrolamentos e a respectiva temperatura, antes do ensaio;
- f) leituras de resistência ôhmica e do tempo após o desligamento além da temperatura ambiente, para cada desligamento do transformador;
- g) metodologia de cálculo adotada para determinação da resistência no instante do desligamento;
- h) elevação de temperatura do topo do óleo e dos enrolamentos;
- i) outros dados que o inspetor da Contratante julgar necessários.

## **7 APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA E APROVAÇÃO DE DOCUMENTOS**

### **7.1 Geral**

#### **7.1.1 Os fornecedores deverão apresentar, após emissão do pedido de compra, os seguintes dados, documentos e informações, além das exigências constantes do Edital:**

- a) apresentar o Anexo A, preenchido;
- b) apresentar os Relatórios dos seguintes ensaios:
  - tensão suportável nominal de impulso atmosférico;
  - elevação de temperatura, realizado pelos métodos do topo do óleo e da variação da resistência;
- c) Caso a CONTRATANTE verifique a necessidade de documentos e/ou informações adicionais, eles serão solicitados durante o processo de análise.

#### **NOTAS:**

- 1) O fornecedor deve apresentar juntamente com a proposta, o valor das perdas a vazio e os totais de cada item cotado.
- 2) Quando solicitados, os documentos acima devem ser apresentados no prazo máximo de 10 dias.

7.1.2 Após a emissão do Pedido de Compra e quando solicitado pela Contratante, o fornecedor deve apresentar, dentro de no máximo 15 dias, os desenhos definitivos para aprovação, que devem ser os mesmos constantes da seção 7.1.1c, acrescidos das correções necessárias.

7.1.3 O prazo máximo para análise pela Contratante dos desenhos citados na seção 7.1.1c é de 15 dias.

**Tabela 16 - Planos de amostragem para ensaios elétricos de rotina no transformador (Perdas, relação de tensões, resistência de isolamento e resistência elétrica dos enrolamentos)**

- Regime de inspeção: normal
- Amostragem: dupla
- NQA: 6,5 %
- Nível de inspeção: S1

| Tamanho do lote | Amostra   |         | Ac | Re |
|-----------------|-----------|---------|----|----|
|                 | Seqüência | Tamanho |    |    |
| 2 a 90          | -         | 3       | 0  | 1  |
| 91 a 280        | 1ª        | 8       | 0  | 2  |
|                 | 2ª        | 8       | 1  | 2  |
| 281 a 500       | 1ª        | 13      | 0  | 3  |
|                 | 2ª        | 13      | 3  | 4  |
| 501 a 1200      | 1ª        | 20      | 1  | 4  |
|                 | 2ª        | 20      | 4  | 5  |

**Tabela 17 - Planos de amostragem para ensaios não elétricos de rotina no transformador**

| Tamanho do lote | Inspeção geral<br>Ensaio do óleo isolante<br>Estanqueidade<br>Ensaio da pintura<br>Ensaio das juntas de vedação<br>Zincagem |      |    |    | Ensaio da válvula de alívio de pressão                                            |    |    |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|----|-----------------------------------------------------------------------------------|----|----|
|                 | Regime de inspeção normal<br>Amostragem dupla<br>NQA 6,5%<br>Nível de inspeção S3                                           |      |    |    | Regime de inspeção normal<br>Amostragem simples<br>NQA 1%<br>Nível de inspeção S3 |    |    |
|                 | Amostra                                                                                                                     |      | Ac | Re | Amostra                                                                           | Ac | Re |
|                 | Seq.                                                                                                                        | Tam. |    |    |                                                                                   |    |    |
| 2 a 50          | -                                                                                                                           | 2    | 0  | 1  | 13                                                                                | 0  | 1  |
| 51 a 500        | 1ª                                                                                                                          | 5    | 0  | 2  |                                                                                   |    |    |
|                 | 2ª                                                                                                                          | 5    | 1  | 2  |                                                                                   |    |    |
| 501 a 1200      | 1ª                                                                                                                          | 8    | 0  | 3  |                                                                                   |    |    |
|                 | 2ª                                                                                                                          | 8    | 3  | 4  |                                                                                   |    |    |

**Notas às Tabelas 16 e 17:**

1) Especificação dos planos de amostragem conforme a NBR 5426 ou a ISO 2859.

2) Seq.: seqüência

Tam: tamanho

Ac (nº de aceitação): número máximo de unidades defeituosas que ainda permite a aceitação do lote.

Re (nº de rejeição): número total de unidades defeituosas que implica na rejeição do lote.

3) Amostragem dupla:

Ensaia-se um número inicial de unidades igual ao da primeira amostra da tabela.

Se o número de unidades defeituosas encontrado estiver compreendido entre Ac e Re (excluindo estes valores), deve ser ensaiada a segunda amostra. O total de unidades defeituosas encontrado, depois de ensaiadas as duas amostras, deve ser igual ou inferior a maior Ac especificado.

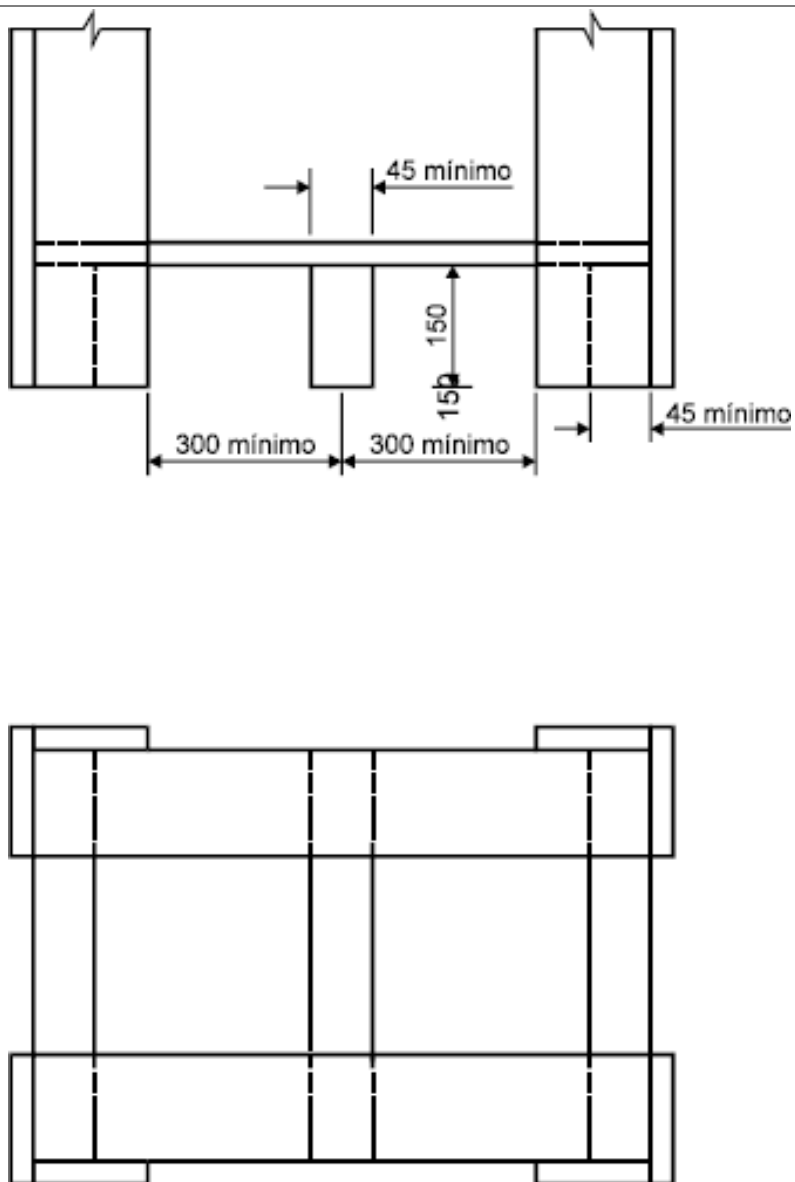
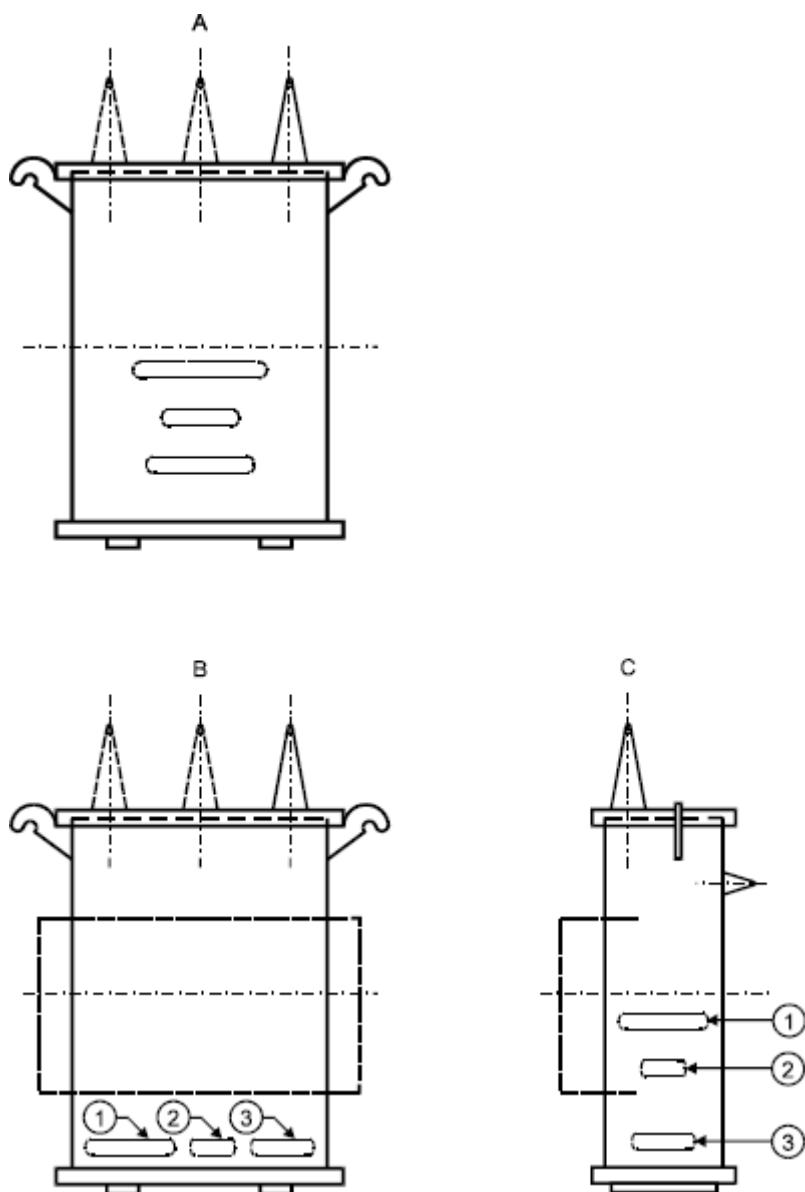


Figura 1 - Detalhe da base da embalagem

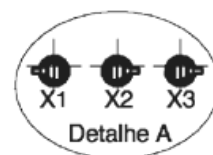
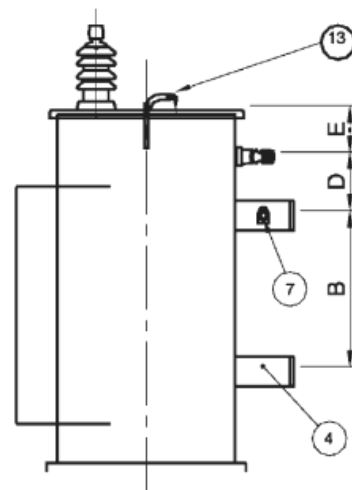
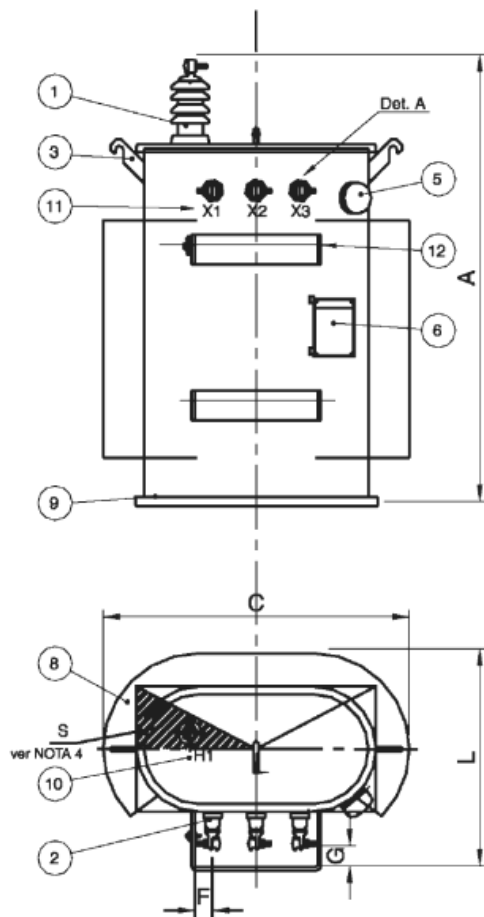


**Figura 2 - Numeração patrimonial da contratante**

**Referências:**

- A - Transformador sem radiadores
- B ou C - Transformador com radiadores
- Numeração patrimonial da Contratante (a ser fornecida)
- Número de fases, isto é, o número 3
- Potência nominal (sem a inscrição da unidade kVA)
- Nome da Empresa conforme item 1.1

Dimensões em milímetros



#### Legenda

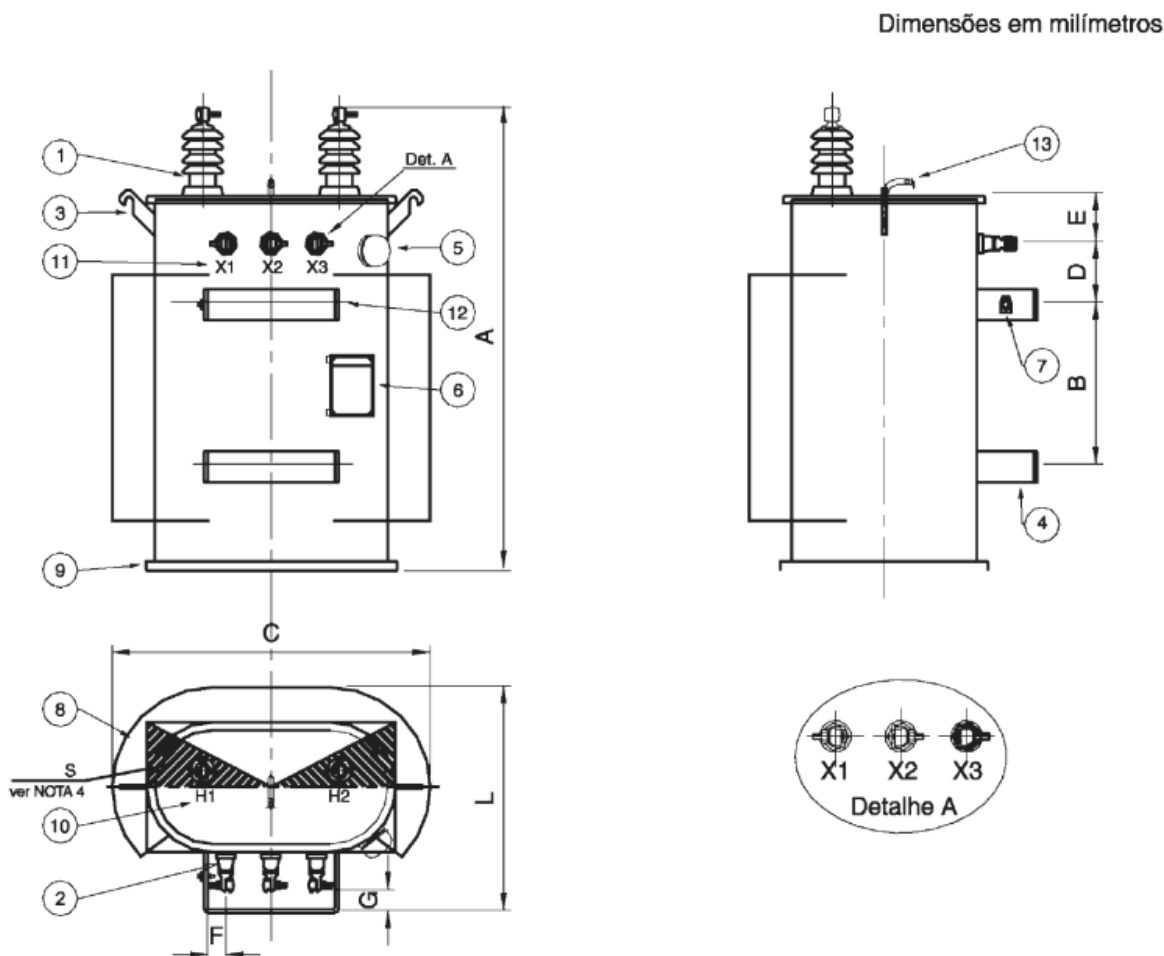
- 1 bucha de alta tensão
- 2 bucha de baixa tensão
- 3 alça de suspensão
- 4 suporte para fixação ao poste
- 5 acionamento externo do comutador
- 6 placa de identificação
- 7 dispositivo de aterramento
- 8 radiadores
- 9 estrutura de apoio
- 10 marcação dos terminais externos A.T.
- 11 marcação dos terminais externos B.T.
- 12 placa de identificação (alternativa)
- 13 dispositivo de alívio de pressão
- S área para localização das buchas de A.T

|                  |   | 15 kV    |          | 24,2 kV ou 36,2 kV |          |
|------------------|---|----------|----------|--------------------|----------|
|                  |   | P ≤ 37,5 | P > 37,5 | P ≤ 37,5           | P > 37,5 |
| Cotas máximas    | A | 1 200    | 1 400    | 1 300              | 1 700    |
|                  | C | 800      | 900      | 800                | 900      |
|                  | L | 900      | 1 000    | 900                | 1 000    |
| Cotas mínimas    | G | 50       | 50       | 50                 | 50       |
|                  | F | 65       | 65       | 65                 | 65       |
| Tolerância ± 5 % | D | 120      | 150      | 120                | 150      |
|                  | B | 200      | 400      | 200                | 400      |
|                  | E | 100      | 100      | 100                | 100      |

NOTA P = Potência em kVA.

NOTA Figuras ilustrativas.

Figura 3 - Transformador monofásico: uma bucha de alta tensão e três buchas de baixa tensão



**Legenda**

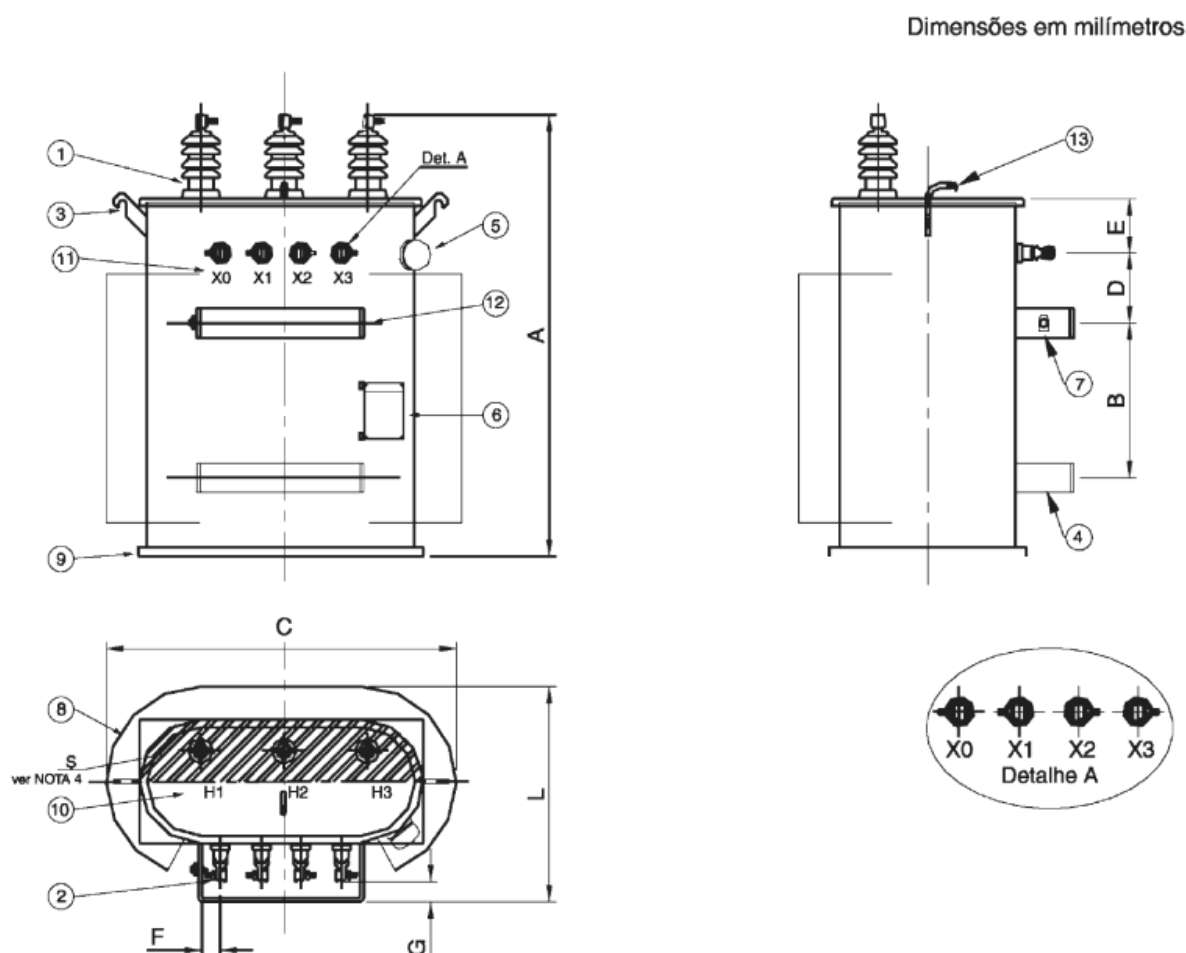
- 1 bucha de alta tensão
- 2 bucha de baixa tensão
- 3 alça de suspensão
- 4 suporte para fixação ao poste
- 5 acionamento externo do comutador
- 6 placa de identificação
- 7 dispositivo de aterramento
- 8 radiadores
- 9 estrutura de apoio
- 10 marcação dos terminais externos A.T.
- 11 marcação dos terminais externos B.T.
- 12 placa de identificação (alternativa)
- 13 dispositivo de alívio de pressão
- S área para localização das buchas de A.T

|                  |   | 15 kV    |          | 24,2 kV ou 36,2 kV |          |
|------------------|---|----------|----------|--------------------|----------|
|                  |   | P ≤ 37,5 | P > 37,5 | P ≤ 37,5           | P > 37,5 |
| Cotas máximas    | A | 1 200    | 1 400    | 1 300              | 1 700    |
|                  | C | 800      | 900      | 800                | 900      |
|                  | L | 900      | 1 000    | 900                | 1 000    |
| Cotas mínimas    | G | 50       | 50       | 50                 | 50       |
|                  | F | 65       | 65       | 65                 | 65       |
| Tolerância ± 5 % | D | 120      | 150      | 120                | 150      |
|                  | B | 200      | 400      | 200                | 400      |
|                  | E | 100      | 100      | 100                | 100      |

NOTA P = Potência em kVA.

NOTA Figuras ilustrativas

Figura 4 - Transformador bifásico: duas buchas de alta tensão e três buchas de baixa tensão



**Legenda**

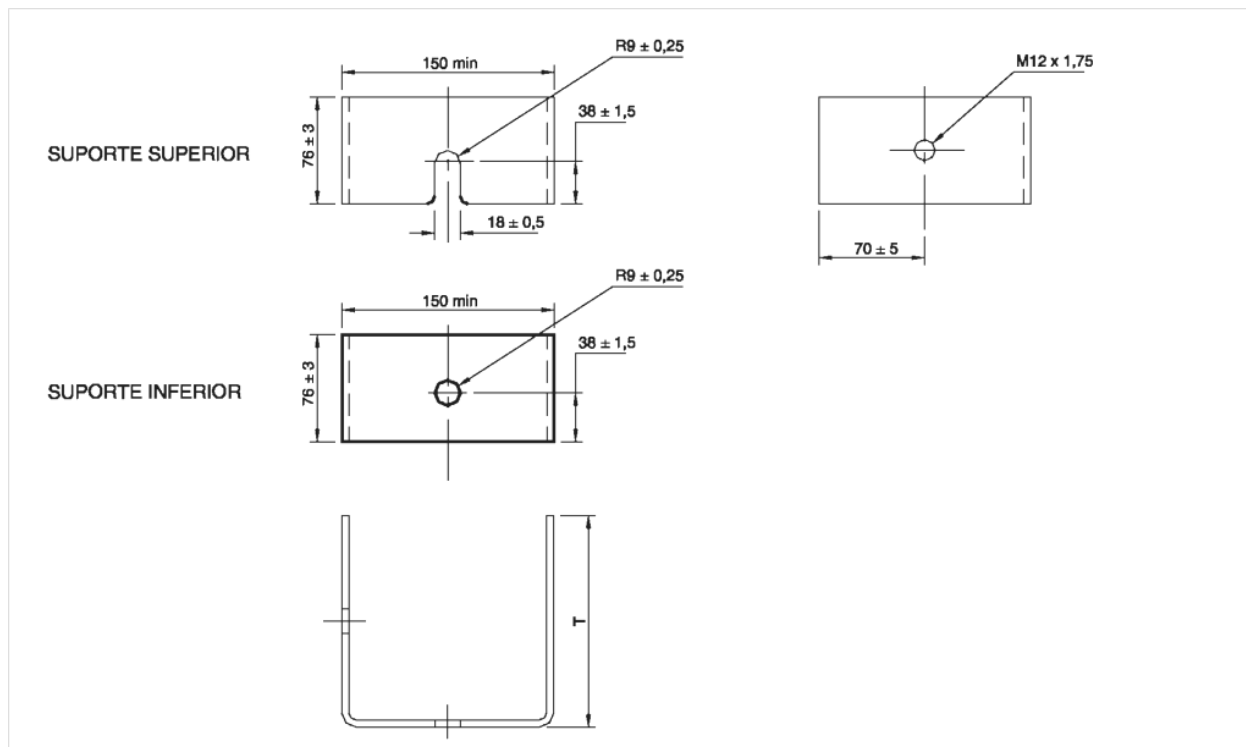
- 1 bucha de alta tensão
- 2 bucha de baixa tensão
- 3 alça de suspensão
- 4 suporte para fixação ao poste
- 5 acionamento externo do comutador
- 6 placa de identificação
- 7 dispositivo de aterramento
- 8 radiadores
- 9 estrutura de apoio
- 10 marcação dos terminais externos A.T.
- 11 marcação dos terminais externos B.T.
- 12 placa de identificação (alternativa)
- 13 dispositivo de alívio de pressão
- S área para localização das buchas de A.T.

NOTA Figuras ilustrativas

|                  |   | 15 kV  |              |         | 24,2 kV ou 36,2 kV |              |         |
|------------------|---|--------|--------------|---------|--------------------|--------------|---------|
|                  |   | P ≤ 45 | 45 < P ≤ 150 | P > 150 | P ≤ 45             | 45 < P ≤ 150 | P > 150 |
| Cotas máximas    | A | 1 300  | 1 300        | 1 800   | 1 600              | 1 600        | 2 000   |
|                  | C | 1 300  | 1 350        | 1 650   | 1 400              | 1 450        | 1 700   |
|                  | L | 750    | 950          | 1 150   | 900                | 950          | 1 200   |
| Cotas mínimas    | G | 50     | 50           | 50      | 50                 | 50           | 50      |
|                  | F | 65     | 65           | 65      | 65                 | 65           | 65      |
| Tolerância ± 5 % | D | 120    | 150          | 150     | 120                | 150          | 150     |
|                  | B | 200    | 200 ou 400   | 400     | 200                | 200 ou 400   | 400     |
|                  | E | 100    | 100          | 100     | 100                | 100          | 100     |

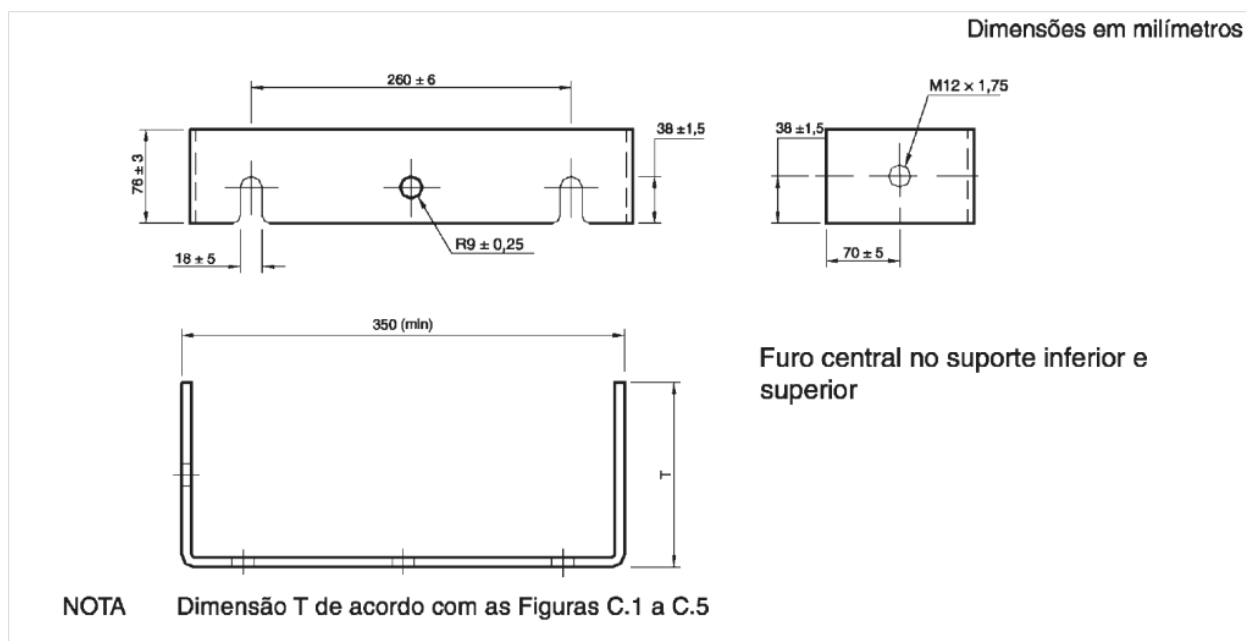
NOTA P = Potência em kVA.

**Figura 5 - Transformador Trifásico para poste**



NOTA: Dimensão T de acordo com Figuras 3 a 5

**Figura 6 - Suporte para fixação do transformador no poste - Tipo 1**



NOTA: Dimensão T de acordo com Figuras 3 a 5

**Figura 7 - Suporte para fixação do transformador no poste - Tipo 2**

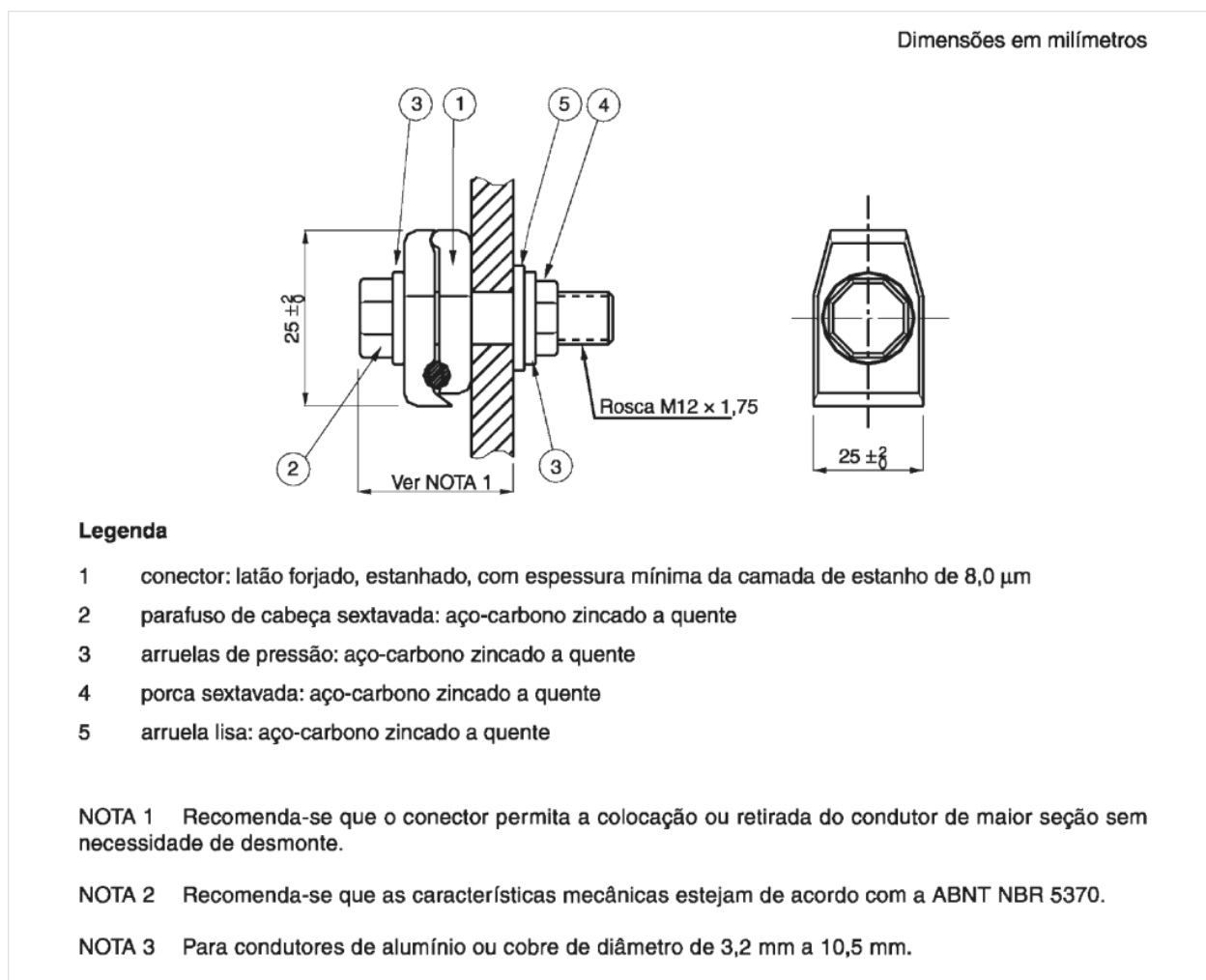


Figura 8 - Dispositivo de aterramento em transformadores para instalação externa

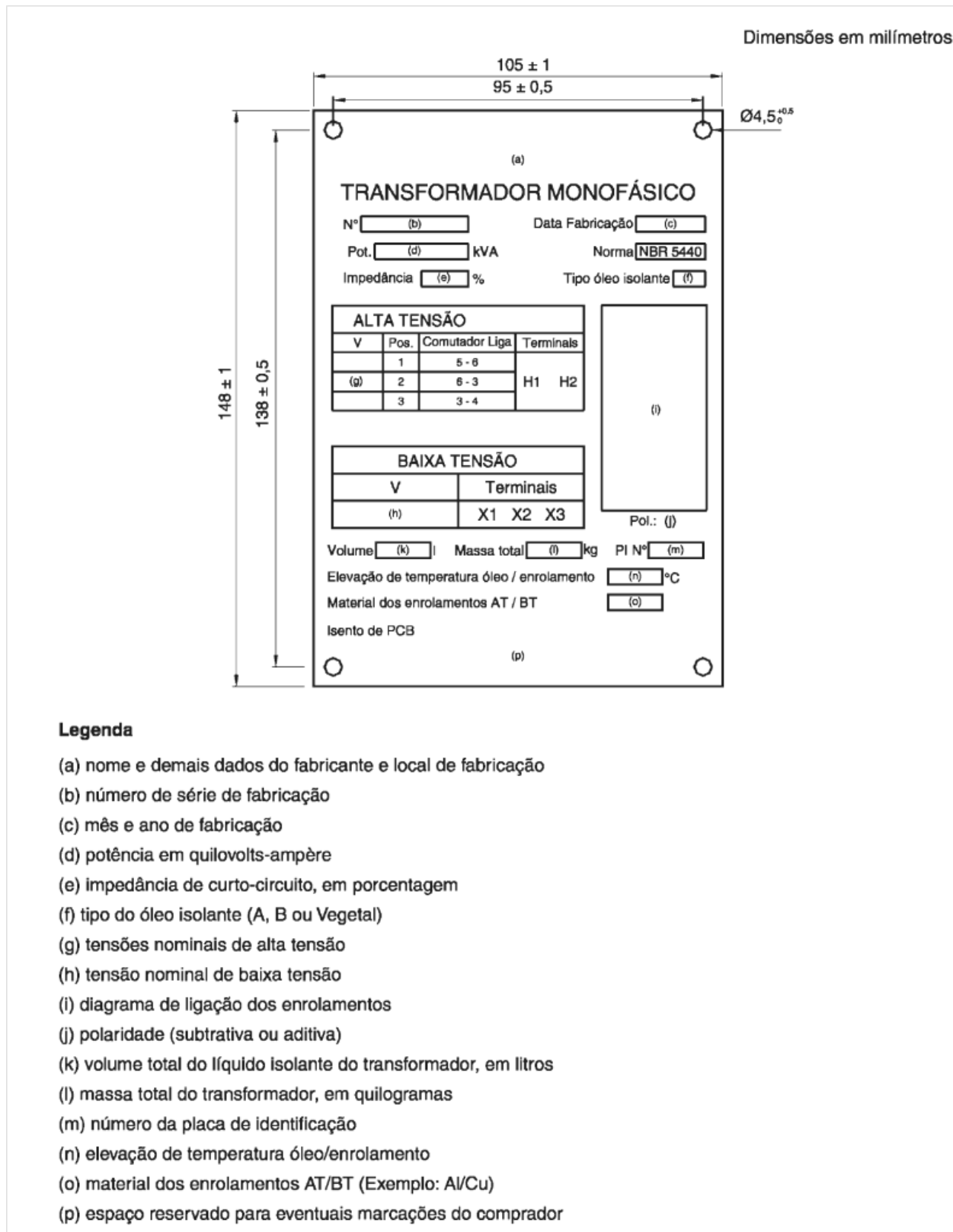
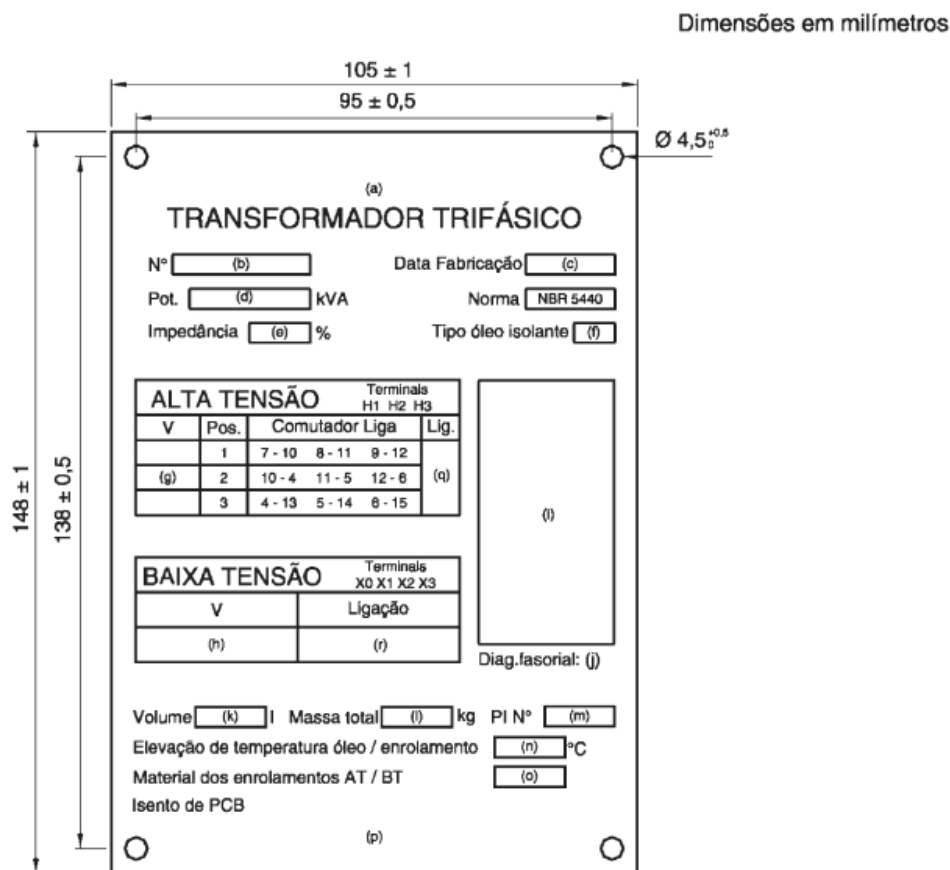


Figura 9 - Placa de identificação para transformador monofásico

Dimensões em milímetros



105 ± 1  
95 ± 0,5  
Ø 4,5<sup>+0,5</sup><sub>0</sub>

(a)  
**TRANSFORMADOR TRIFÁSICO**

Nº (b) Data Fabricação (c)  
Pot. (d) kVA Norma NBR 5440  
Impedância (e) % Tipo óleo isolante (f)

| ALTA TENSÃO |      |           | Terminals<br>H1 H2 H3 |        |
|-------------|------|-----------|-----------------------|--------|
| V           | Pos. | Comutador | Liga                  | Lig.   |
|             | 1    | 7 - 10    | 8 - 11                | 9 - 12 |
| (g)         | 2    | 10 - 4    | 11 - 5                | 12 - 6 |
|             | 3    | 4 - 13    | 5 - 14                | 6 - 15 |

(q)

| BAIXA TENSÃO |         | Terminals<br>X0 X1 X2 X3 |  |  |
|--------------|---------|--------------------------|--|--|
| V            | Ligação |                          |  |  |
| (h)          | (r)     |                          |  |  |

(i)

Diag.fasorial: (j)

Volume (k) l Massa total (l) kg Pl N° (m)  
Elevação de temperatura óleo / enrolamento (n) °C  
Material dos enrolamentos AT / BT (o)  
Isento de PCB

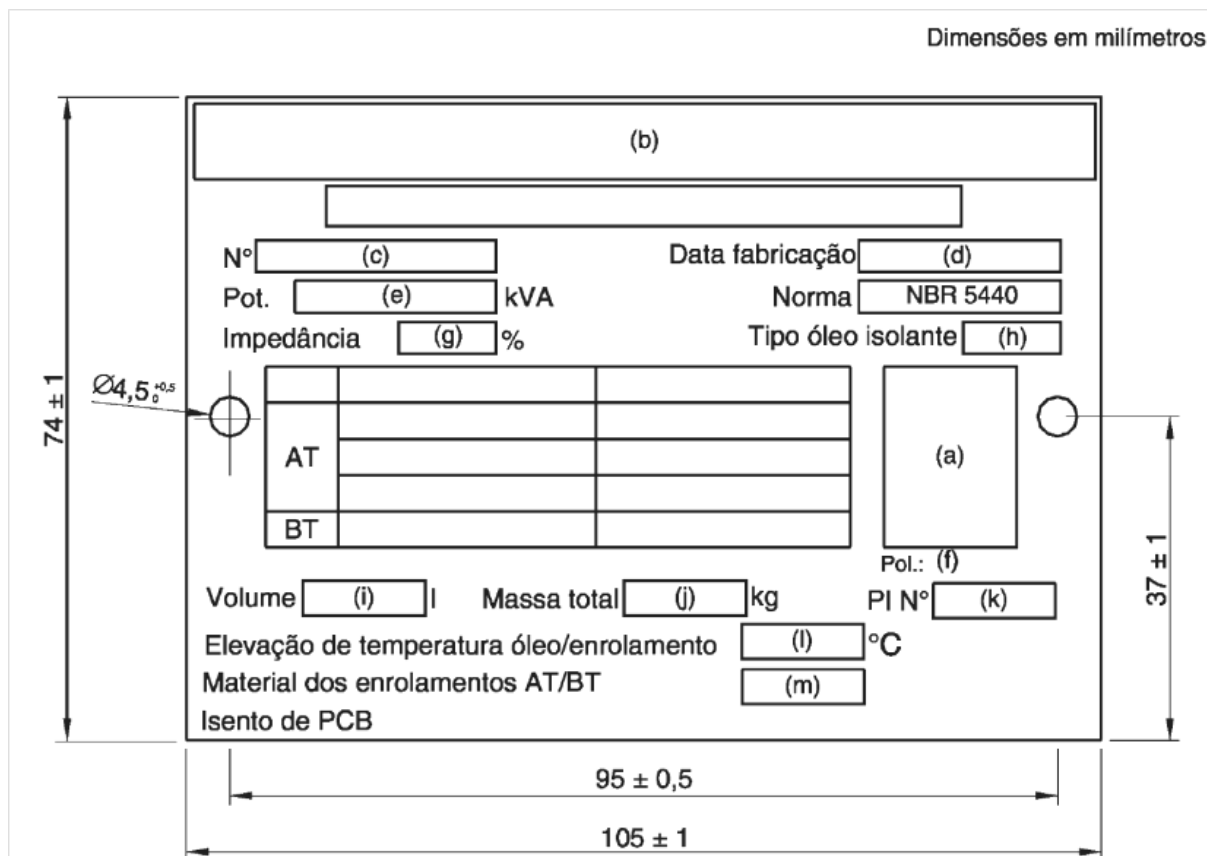
(p)

148 ± 1  
138 ± 0,5

#### Legenda

- (a) nome e demais dados do fabricante e local de fabricação
- (b) número de série de fabricação
- (c) mês e ano de fabricação
- (d) potência em quilovolts-ampère
- (e) impedância de curto-circuito, em porcentagem
- (f) tipo do óleo isolante (A, B ou Vegetal)
- (g) tensões nominais de alta tensão
- (h) tensão nominal de baixa tensão
- (i) diagrama de ligação dos enrolamentos
- (j) diagrama fasorial (Exemplo: Dyn1)
- (k) volume total do líquido isolante do transformador, em litros
- (l) massa total do transformador, em quilogramas
- (m) número da placa de identificação
- (n) elevação de temperatura óleo/enrolamento
- (o) material dos enrolamentos AT/BT (Exemplo: Al/Cu)
- (p) espaço reservado para eventuais marcações do comprador
- (q) símbolo do diagrama de ligação da alta tensão (Exemplo: Δ)
- (r) símbolo do diagrama de ligação da baixa tensão (Exemplo: Y)

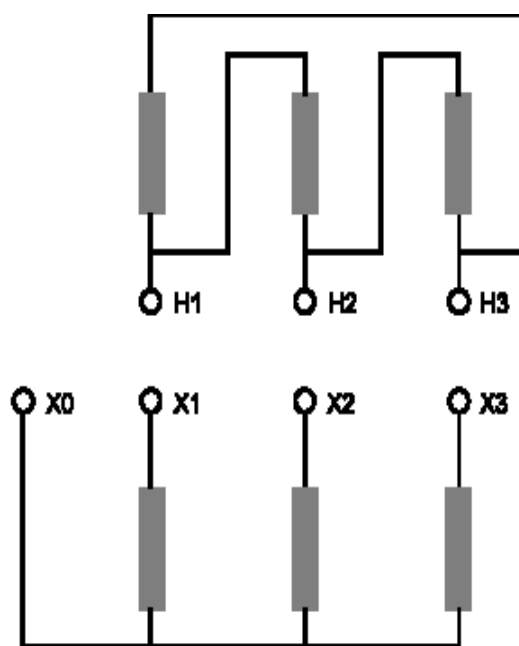
Figura 10 - Placa de identificação para transformador trifásico



#### Legenda

- (a) diagrama esquemático
- (b) dados do fabricante e local de fabricação
- (c) número de série de fabricação
- (d) mês e ano de fabricação
- (e) potência nominal em quilovolts-ampère
- (f) polaridade (monofásico) ou diagrama fasorial (trifásico)
- (g) impedância de curto-circuito, em porcentagem
- (h) tipo de óleo isolante (A, B ou Vegetal)
- (i) volume total do transformador, em litros
- (j) massa total do transformador, em quilogramas
- (k) número da placa de identificação
- (l) elevação de temperatura óleo/enrolamento
- (m) material dos enrolamentos AT/BT (Exemplo: Al/Cu)

Figura 11 – Placa de identificação alternativa



Transformador trifásico  $\Delta Y$  - Deslocamento angular  $30^\circ$  - Dyn 1

Figura 12 - Diagrama esquemático e marcação dos terminais

### Anexo A - Dados técnicos de transformadores de distribuição

Nome do fornecedor: .....

Nome do fabricante: .....

#### A.1 Características

A.1.1 Tipo (do fabricante): .....

A.1.2 Potência nominal (kVA): .....

A.1.3 Tensões nominais (kV): .....

a) enrolamento de alta tensão: .....

b) enrolamento de baixa tensão: .....

A.1.4 Nível de isolamento (kV)

Alta tensão

Baixa tensão

a) tensão suportável nominal .....  
de impulso atmosférico – onda  
plena (valor de crista):

.....

b) tensão suportável nominal .....  
de impulso atmosférico - onda  
plena reduzida (valor de crista):

.....

c) tensão suportável nominal .....  
de impulso atmosférico - onda  
cortada (valor de crista):

.....

d) tensão suportável nominal à .....  
frequência industrial durante 1  
minuto (valor de eficaz):

.....

A.1.5 Tensão de curto-circuito a .....  
75°C (%) na base de ..... kVA,  
na relação ...../ ..... kV:

A.1.6 Corrente de excitação, (%): .....

A.1.7 Perdas em vazio (W) .....

A.1.8 Perdas totais a 75°C (W): .....

A.1.9 Regulação (%): .....

a) fator de potência da carga igual a 0,8,  
a 75°C:

b) fator de potência da carga igual a 1,0, .....  
a 75°C:

A.1.10 Rendimento (%)

| Fator de potência da carga | 0,8 |    |    |     | 1,0 |    |    |     |
|----------------------------|-----|----|----|-----|-----|----|----|-----|
| % da potência nominal      | 25  | 50 | 75 | 100 | 25  | 50 | 75 | 100 |
| Rendimento (%)             |     |    |    |     |     |    |    |     |

A.1.11 Elevação de temperatura (°C), na derivação de .....V

a) dos enrolamentos (método da .....  
variação da resistência):

b) do ponto mais quente dos .....  
enrolamentos:

c) do óleo isolante (medida .....  
próximo à superfície do líquido):

A.1.12 Massas (kg)

a) parte ativa: .....

b) tanque e tampa: .....

c) óleo isolante: .....

d) total: .....

A.1.13 Espessura das chapas (mm)

- tampa: .....

- corpo: .....

- fundo: .....

- tubos, radiadores, ou aletas: .....

A.1.14 Material dos enrolamentos

a) enrolamento de alta tensão: .....

b) enrolamento de baixa tensão: .....

A.1.15 Material das juntas de vedação: .....

Norma aplicável: .....

## A.2 Informações a serem fornecidas

A.2.1 Método de preparo da chapa, tratamento anticorrosivo e pintura interna e externa a serem utilizados.

A.2.2 Óleo mineral isolante (designação, tipo e características).

A.2.3 Volume de óleo: ..... litros

A.2.4 Desvios e exceções à Especificação

## **Anexo B - Inspeção geral dos transformadores**

Na inspeção geral dos transformadores deve ser observado, no mínimo, o seguinte:

### **B.1 Tanque**

#### **B.1.1 Parte interna**

- ausência de escorrimento, empolamento e enrugamento da pintura;
- marcação do nível do óleo isolante;
- ausência de sujeiras no fundo do tanque, tais como borra celulose, limalha, areia, etc.;
- ausência de ferrugem no tanque e nos radiadores;
- ausência de respingos da pintura externa;
- inspeção visual da pintura (inclusive radiadores ou tubos);

#### **B.1.2 Parte externa**

- ausência de escorrimento, empolamento e enrugamento da pintura;
- marcação dos terminais de alta e baixa tensão, conforme a seção 5.26 e Figuras 1 e 2 para transformadores monofásicos e trifásicos, respectivamente;
- numeração de patrimônio conforme a seção 4.5 e Figura 17;
- marcação do número de série na orelha de suspensão e na tampa.

### **B.2 Parte ativa**

#### **B.2.1 Núcleo**

- ausência de oxidação e borras;
- aterramento;
- "gaps" e empacotamento.

#### **B.2.2 Bobinas**

- ausência de deformação por aperto excessivo dos tirantes, calços, etc.;
- rigidez mecânica das bobinas e dos calços;
- canais para circulação de óleo desobstruída;
- flexibilidade dos cabos de interligação às buchas de AT;
- qualidade do enrolamento: uniformidade, ausência de remonte de espiras, impregnação;

#### **B.2.3 Tirantes, barras de aperto e olhais para suspensão**

- inspeção visual da pintura;
- ausência de oxidação nas partes não pintadas;
- rigidez mecânica dos tirantes e barras de aperto;
- qualidade e localização dos olhais para suspensão da parte ativa;
- ausência de isolamento nas áreas de contato de fixação da parte ativa ao tanque;
- marcação do número de série.

**Anexo C - Desvios e exceções**

Nome do fabricante: ..... Nº da Proposta:.....

Número da Cotação: .....

Número de Unidades: ..... Data: .... / .... / ....

| Seção da especificação | Descrição |
|------------------------|-----------|
|                        |           |

**Anexo D - Critério para recebimento de transformadores com elevação de temperatura superior a 55°C**

Em caso de acordo entre a Contratante e o fornecedor, para recebimento de transformadores com elevação de temperatura superior a 55°C, o seu preço deve ser reduzido de acordo com a seguinte fórmula:

$$PF = Po \cdot Rp$$

onde:  $PF$  = preço final, em R\$;

$Po$  = preço ofertado, em R\$;

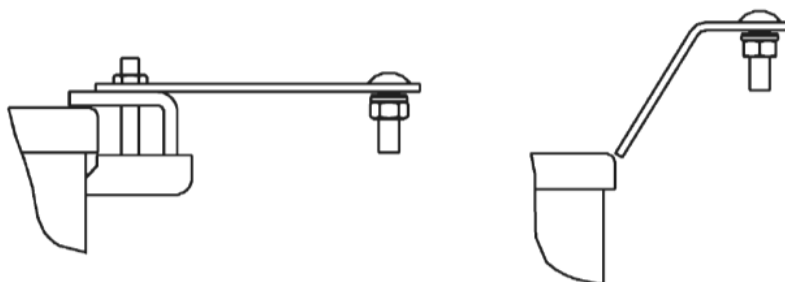
$Rp$  = redução de preço.

$Rp = 10^x$

onde  $x = 6328 / (313 + T) - 17,1978$

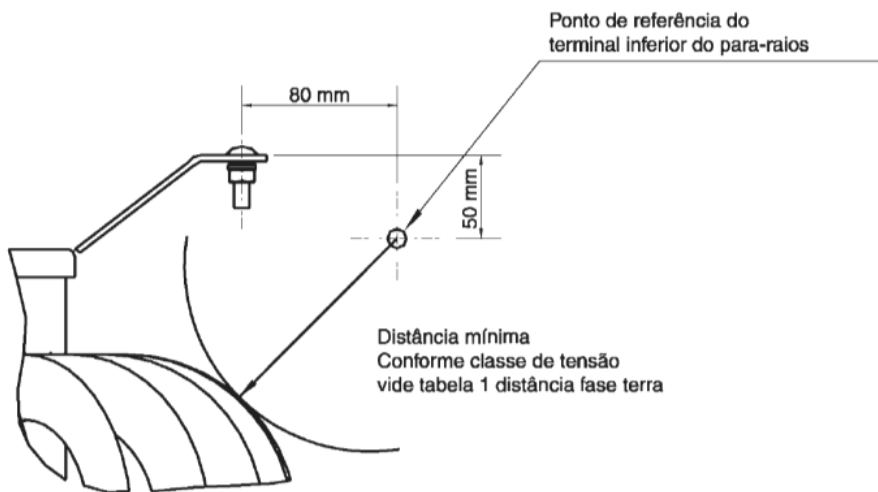
$T$  = elevação de temperatura do enrolamento, em relação à temperatura ambiente, em °C

**E.1** Recomenda-se que o suporte para fixação de para-raios seja projetado de maneira que permita o içamento do transformador com os para-raios montados e possa ser fixado ao transformador através de solda ou parafuso (ver Figura E.1).



**Figura E.1 – Exemplos ilustrativos de suportes**

**E.2** Convém que os suportes sejam montados suficientemente próximos da respectiva bucha de alta tensão, porém devidamente afastados das partes aterradas (alças de suspensão, radiadores, tampa, presilhas ou de outros acessórios), visando manter as distâncias elétricas necessárias (ver Figura E.2).



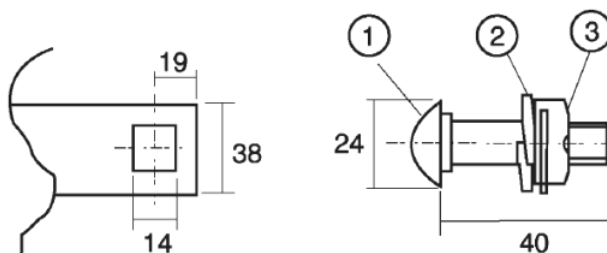
**Figura E.2 – Desenho de referência para espaçamento mínimo entre para-raios e partes aterradas**

## ANEXO E– SUPORTE PARA INSTALAÇÃO DE PÁRA-RAIOS

**ANEXO E – SUPORTE PARA INSTALAÇÃO DE PÁRA-RAIOS (Continuação)**

**E.3** Recomenda-se que o suporte para fixação de para-raios possua os materiais indicados na Figura E.3.

Dimensões em milímetros



**Legenda**

- 1 parafuso de cabeça abaulada, pescoço quadrado M12 x 1,75-8 g x 40 mm (ABNT NBR ISO 724), aço-carbono, zincado por imersão a quente (ABNT NBR 6323)
- 2 arruela de pressão de aço-carbono, zincada por imersão a quente (ABNT NBR 6323)
- 3 porca sextavada, rosca M12 x 1,75-7 h (ABNT NBR ISO 724), aço-carbono, zincada por imersão a quente (ABNT NBR 6323)

**Figura E.3 – Detalhe de componentes do suporte de para-raios**

#### **Anexo F - Ensaio de verificação da resistência mecânica dos suportes de fixação dos transformadores**

Deve ser realizado em uma unidade de cada potência.

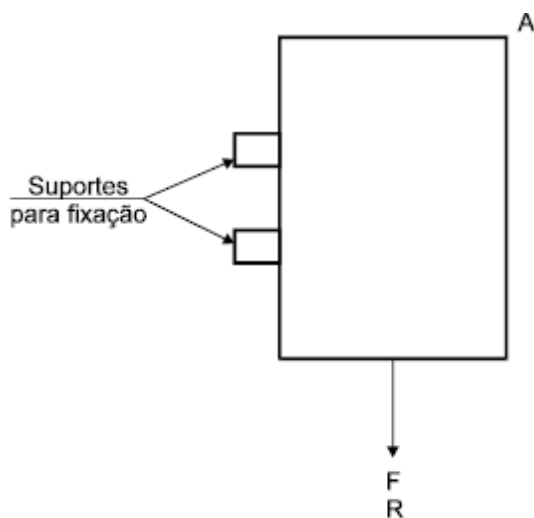
O tanque do transformador vazio, sem parte ativa e óleo isolante, porém, com tampa e buchas de passagem de alta e baixa tensão, deve ser fixado em uma estrutura rígida que simule a instalação em um poste.

Para fixação dos transformadores trifásicos à estrutura de teste, devem ser utilizados somente os furos laterais de cada suporte de fixação.

Após a montagem, o tanque do transformador deve ser submetido a uma carga igual ao peso do transformador completo, incluindo a parte ativa e o óleo isolante, para acomodação do conjunto.

Após a retirada dessa carga, deve ser marcado o ponto A na tampa do transformador, conforme figura abaixo. Em seguida deve ser aplicada uma carga de, pelo menos, 1,5 vezes o peso do transformador completo. Essa carga não deve ser inferior ao peso do transformador mais 80 kg.

Após a retirada da carga, o ponto A não deve ter um deslocamento residual maior que 2 mm no sentido de aplicação da carga e não devem ocorrer trincas ou ruptura nos suportes de fixação do transformador. Para o primeiro fornecimento ou em casos de alteração de projeto, deve ser verificada a carga de ruptura do suporte. Essa carga não deve ser inferior a duas vezes o peso do transformador completo, incluindo a parte ativa e o óleo isolante.



F = Carga para verificação da resistência mecânica

F = 1,5 x Peso ou Peso + 80 kg (o que for maior)

R = Carga de ruptura

R = 2,0 x Peso ou 2,0 x [(Peso + 80 kg) ÷ 1,5] (o que for maior)