

*Transformador tipo pedestal para  
redes de distribuição até 36,2 kV*

ESA | DENG | NRM-365 | 2023

# Especificação Técnica Unificada

ETU - 109.4

Versão 1.1 - Março / 2024



## Apresentação

Esta Especificação Técnica apresenta as diretrizes necessárias para padronização das características técnicas e requisitos mínimos, elétricos e mecânicos, exigidos para fornecimento de transformadores de distribuição (TD), tipo pedestal (PDT), modelo radial, trifásicos, imersos em líquido isolante com resfriamento natural, para linhas e redes distribuição subterrâneas, nas tensões primárias até 34,5 kV e nas tensões secundárias usuais dos transformadores, nas concessionárias de distribuição do grupo Energisa S.A.

Para tanto foram consideradas as especificações e os padrões do material em referência, definidos nas Normas Brasileiras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ou outras normas internacionais reconhecidas, acrescidos das modificações baseadas nos resultados de desempenho destes materiais nas empresas do grupo Energisa.

As cópias e/ou impressões parciais ou em sua íntegra deste documento não são controladas.

A presente revisão desta Especificação Técnica é a versão 1.1, datada de março de 2024.

**Cataguases - MG., Março de 2024.**

**GTD - Gerência Técnica de Distribuição**

Esta Especificação Técnica, bem como as alterações, poderá ser acessada através do código abaixo:





## Equipe técnica de revisão da ETU-109.4 (versão 1.1)

**Ricardo Campos Rios**

Grupo Energisa

**Ricardo Machado de Moraes**

Grupo Energisa

**Gilberto Teixeira Carrera**

Grupo Energisa

**Tercius Cassius Melo de Moraes**

Grupo Energisa

## Aprovação técnica

**Ademálio de Assis Cordeiro**

Grupo Energisa

**Guilherme Damiance Souza**

Energisa Tocantins (ETO)

**Antônio Maurício de Matos Gonçalves**

Energisa Acre (EAC)

**Jairo Kennedy Soares Perez**

Energisa Paraíba (EPB)

**Erika Ferrari Cunha**

Energisa Sergipe (ESE)

**Paulo Roberto dos Santos**

Energisa Mato Grosso do Sul (EMS)

**Fabio Lancelotti**

Energisa Minas Rio (EMR)

**Ricardo Langone Marques**

Dir. Suprimentos Logística

**Fabício Sampaio Medeiros**

Energisa Mato Grosso (EMT)

**Rodrigo Brandão Fraiha**

Energisa Sul-Sudeste (ESS)

**Fernando Espíndula Corradi**

Energisa Rondônia (ERO)

# Sumário

1	OBJETIVO.....	12
2	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	12
3	OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS.....	12
4	REFERÊNCIAS NORMATIVAS .....	13
4.1	LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO FEDERAL .....	13
4.2	NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS .....	16
4.3	NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONAIS .....	20
4.4	NORMAS TÉCNICAS DO GRUPO ENERGISA .....	25
5	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES .....	27
5.1	TRANSFORMADOR .....	27
5.1.1	Transformador de distribuição (TD).....	27
5.1.2	Transformador em líquido isolante.....	27
5.1.3	Transformador pedestal.....	27
5.1.4	Transformador trifásico.....	28
5.2	BUCHA.....	28
5.3	COMUTADOR DE DERIVAÇÃO .....	28
5.4	CORROSIVIDADE ATMOSFÉRICA .....	28
5.5	CORROSÃO ATMOSFÉRICA .....	28
5.6	DERIVAÇÃO .....	28
5.6.1	Derivação inferior.....	29
5.6.2	Derivação principal.....	29
5.6.3	Derivação superior.....	29
5.7	DEGRAU DE DERIVAÇÃO .....	29
5.8	DESLOCAMENTO ANGULAR .....	29
5.9	DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO (DAP) .....	30
5.10	ENROLAMENTO .....	30
5.10.1	Enrolamento primário .....	30
5.10.2	Enrolamento secundário .....	30
5.11	INDICADOR DE NÍVEL DE ÓLEO (INO) .....	30
5.12	INVÓLUCRO ISOLANTE .....	30
5.13	LIGAÇÃO DELTA .....	31
5.14	LIGAÇÃO ESTRELA .....	31
5.15	NÍVEL DE ISOLAMENTO.....	31
5.16	NÚCLEO .....	31
5.16.1	Núcleo envolvente .....	31
5.16.2	Núcleo envolvido.....	31
5.17	ÓLEO VEGETAL ISOLANTE (OVI) .....	31

5.18	PARTE ATIVA .....	32
5.19	PERDAS EM VAZIO .....	32
5.20	PERDAS TOTAIS .....	32
5.21	RADIADOR .....	32
5.22	TERMINAL DE LIGAÇÃO.....	32
5.23	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	32
5.24	ENSAIOS DE TIPO .....	33
5.25	ENSAIOS ESPECIAIS .....	33
6	HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES.....	33
7	CONDIÇÕES GERAIS .....	33
7.1	CONDIÇÕES DO SERVIÇO .....	34
7.2	LINGUAGENS E UNIDADES DE MEDIDA .....	35
7.3	ACONDICIONAMENTO .....	35
7.4	TRANSPORTE.....	38
7.5	MEIO AMBIENTE .....	38
7.6	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL .....	40
7.7	GARANTIA .....	40
7.8	ETIQUETAS AUTOADESIVAS.....	41
7.8.1	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).....	41
7.8.2	Identificação de Isento de PCB.....	41
7.9	NUMERAÇÃO DE PATRIMÔNIO.....	41
7.10	INCORPORAÇÃO AO PATRIMÔNIO DA ENERGISA .....	42
7.11	MANUAL DE INSTRUÇÕES.....	43
7.12	AVALIAÇÃO TÉCNICA DO MATERIAL .....	43
8	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS .....	45
8.1	CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO .....	45
8.2	POTÊNCIA NOMINAL (S) .....	45
8.3	TENSÃO NOMINAL ( $U_R$ ) .....	46
8.4	NÍVEIS DE ISOLAMENTO .....	46
8.5	DERIVAÇÕES (TAPS) E TENSÕES NOMINAIS .....	46
8.6	FREQUÊNCIA NOMINAL ( $F_R$ ) .....	47
8.7	ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA.....	47
8.8	PERDAS, CORRENTE DE EXCITAÇÃO E TENSÃO DE CURTO-CIRCUITO .....	47
8.9	DIAGRAMA FASORIAL, DESIGNAÇÃO DE LIGAÇÕES E INDICAÇÃO DO DESLOCAMENTO ANGULAR .....	48
8.10	TENSÃO DE RÁDIO INTERFERÊNCIA (TRI) .....	48
8.11	CAPACIDADE DE RESISTIR A CURTOS-CIRCUITOS .....	49
8.12	NÍVEL DE RUÍDO .....	49
9	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS .....	49
9.1	MATERIAIS ISOLANTES .....	49

9.2	RESFRIAMENTO .....	50
9.3	ESTRUTURA DO TRANSFORMADOR .....	50
9.3.1	Tanque do transformador e respectiva tampa.....	50
9.3.2	Radiadores .....	51
9.3.3	Alças de suspensão ou orelhas de suspensão.....	52
9.3.4	Fixação e suspensão da parte ativa .....	52
9.3.5	Dispositivo para fixação em pedestal .....	52
9.3.6	Gabinete pedestal .....	53
9.3.7	Soldas .....	54
9.4	BUCHAS ISOLANTE E TERMINAIS DE LIGAÇÃO .....	55
9.4.1	Buchas isolante e terminais primários .....	56
9.4.2	Bucha isolante e terminal secundário.....	56
9.5	DISPOSITIVO DE ATERRAMENTO .....	57
9.6	JUNTAS DE VEDAÇÃO .....	57
9.7	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO .....	58
9.8	DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO (DAP) .....	60
9.9	FIXAÇÕES EXTERNAS (FERRAGENS) .....	61
9.10	MASSA DO TRANSFORMADOR .....	62
10	ACESSÓRIOS .....	62
10.1	BUJÃO PARA ENCHIMENTO .....	62
10.2	CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR DE ABERTURA EM CARGA .....	62
10.3	INDICADOR EXTERNO DE NÍVEL DO LÍQUIDO ISOLANTE.....	63
10.4	VÁLVULA PARA DRENAGEM E RETIRADA DE AMOSTRA DO ÓLEO .....	63
10.5	PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTE.....	63
10.5.1	Fusíveis de expulsão e baionetas .....	64
10.5.2	Fusíveis limitadores de corrente.....	64
10.6	TERMÔMETRO DO ÓLEO .....	65
10.7	PLACAS DE ADVERTÊNCIA .....	65
11	PARTE ATIVA .....	66
11.1	NÚCLEO .....	66
11.2	ENROLAMENTO .....	66
11.3	SISTEMA DE COMUTAÇÃO SEM TENSÃO (CST) .....	67
12	PINTURA E MARCAÇÕES .....	69
12.1	CONDIÇÕES GERAIS .....	69
12.2	ACABAMENTO INTERNO .....	69
12.3	ACABAMENTO EXTERNO.....	70
12.4	MARCAÇÕES.....	71
12.4.1	Marcação internas .....	71
12.4.2	Marcações externas.....	71
12.5	SIMBOLOGIA.....	72

13	INSPEÇÃO E ENSAIOS .....	72
13.1	GENERALIDADES .....	72
13.2	RELAÇÃO DE ENSAIOS .....	76
13.2.1	Ensaio de tipo (T) .....	76
13.2.2	Ensaio de recebimento (RE) .....	78
13.2.3	Ensaio especiais (E) .....	79
13.3	DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS .....	82
13.3.1	Inspeção geral .....	82
13.3.2	Verificação dimensional .....	82
13.3.3	Ensaio de resistência dos enrolamentos .....	83
13.3.4	Ensaio de resistência de isolamento .....	83
13.3.5	Ensaio de relação de transformação .....	83
13.3.6	Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases .....	83
13.3.7	Ensaio de impedância de curto-circuito .....	84
13.3.8	Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio .....	84
13.3.9	Ensaio de corrente de excitação .....	84
13.3.10	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial .....	84
13.3.11	Ensaio de tensão induzida de curta duração .....	84
13.3.12	Ensaio de impulso atmosférico .....	85
13.3.13	Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio .....	85
13.3.14	Ensaio de elevação de temperatura .....	85
13.3.15	Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI) .....	86
13.3.16	Ensaio de nível de ruído .....	86
13.3.17	Ensaio do comutador sem tensão (CST) .....	86
13.3.17.1	Ensaio de elevação de temperatura dos contatos .....	86
13.3.17.2	Ensaio de corrente de curto-circuito .....	86
13.3.17.3	Ensaio mecânicos .....	87
13.3.17.4	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial .....	87
13.3.17.5	Ensaio de impulso atmosférico .....	87
13.3.17.6	Intemperismo artificial .....	87
13.3.17.7	Ensaio de determinação das propriedades de impacto Charpy ....	88
13.3.17.8	Ensaio mecânicos de recebimento .....	88
13.3.17.9	Ensaio de sequência de operações .....	88
13.3.18	Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP) .....	89
13.3.18.1	Ensaio de resistência ao vácuo .....	89
13.3.18.2	Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão .....	89
13.3.18.3	Ensaio de verificação da pressão de atuação .....	89
13.3.19	Ensaio para verificação da pintura do tanque .....	90
13.3.19.1	Ensaio de aderência .....	90
13.3.19.2	Ensaio de brilho .....	90
13.3.19.3	Ensaio de espessura .....	90
13.3.19.4	Ensaio de impermeabilidade .....	90

13.3.19.5	Ensaio de névoa salina .....	91
13.3.19.6	Ensaio de resistência ao líquido isolante .....	91
13.3.19.7	Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO <sub>2</sub> .....	91
13.3.19.8	Ensaio de umidade .....	92
13.3.20	Ensaio das juntas de vedação .....	92
13.3.20.1	Ensaio de identificação do material .....	92
13.3.20.2	Ensaio de densidade .....	92
13.3.20.3	Ensaio de dureza Shore A .....	92
13.3.20.4	Ensaio de cinza .....	93
13.3.20.5	Ensaio de enxofre livre .....	93
13.3.20.6	Ensaio de tensão de ruptura .....	93
13.3.20.7	Ensaio de alongamento .....	93
13.3.20.8	Ensaio de envelhecimento térmico .....	93
13.3.20.9	Ensaio de envelhecimento em líquido isolante .....	94
13.3.20.10	Ensaio de deformação permanente a compressão .....	94
13.3.20.11	Ensaio de relaxamento de tensão por compressão .....	95
13.3.20.12	Ensaio de resistência ao ozônio .....	95
13.3.20.13	Ensaio de compatibilidade das juntas de vedação com líquido isolante .....	95
13.3.21	Ensaio físico-químico do líquido isolante .....	96
13.3.21.1	Ensaio de aspecto visual .....	96
13.3.21.2	Ensaio de cor .....	96
13.3.21.3	Ensaio de fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação .....	96
13.3.21.4	Ensaio de índice de neutralização .....	96
13.3.21.5	Ensaio de ponto de combustão .....	97
13.3.21.6	Ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de disco .....	97
13.3.21.7	Ensaio de teor de água .....	97
13.3.21.8	Ensaio de teor de bifenilas policloradas (PCB) .....	97
13.3.22	Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco .....	98
13.3.22.1	Ensaio de massa por unidade de área .....	98
13.3.22.2	Ensaio de aderência da camada .....	98
13.3.22.3	Ensaio de espessura da camada .....	98
13.3.22.4	Ensaio de uniformidade da camada .....	98
13.3.23	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação .....	99
13.3.23.1	Camada de estanho .....	99
13.3.23.2	Camada de prata .....	99
13.3.24	Ensaio de torque dos parafusos dos terminais .....	99
13.3.25	Ensaio de medição da impedância de sequência zero .....	100
13.3.26	Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT) .....	100

13.3.27	Ensaio de suportabilidade a curto-circuito .....	100
13.3.28	Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação .....	100
13.3.29	Ensaio de medição do fator de potência do isolamento (tg $\delta$ ) e capacitâncias	100
13.4	RELATÓRIOS DOS ENSAIOS .....	101
14	PLANOS DE AMOSTRAGEM .....	102
14.1	ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS .....	102
14.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	102
14.2.1	Inspeção geral e verificação dimensional .....	102
14.2.2	Ensaio físico-químico do líquido isolante .....	102
14.2.3	Ensaio de elevação de temperatura .....	102
14.2.4	Demais ensaios .....	103
15	ACEITAÇÃO E REJEIÇÕES .....	103
15.1	ENSAIOS DE TIPO E ESPECIAIS .....	103
15.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	103
16	NOTAS COMPLEMENTARES .....	104
17	HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO .....	105
18	VIGÊNCIA .....	105
19	TABELAS .....	106
	TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição pedestal, modelo “Anel” .....	106
	TABELA 2 - Características elétricas dos transformadores de distribuição pedestal, modelo “Radial” .....	110
	TABELA 3 - Níveis de isolamento .....	114
	TABELA 4 - Derivações e relações de tensões .....	114
	TABELA 5 - Limites de elevação de temperatura .....	115
	TABELA 6 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito .....	116
	TABELA 7 - Tolerâncias .....	120
	TABELA 8 - Níveis máximos de ruído .....	120
	TABELA 9 - Espessura mínima da chapa de aço .....	121
	TABELA 10 - Características elétricas das buchas isolantes de baixa tensão (BT)	121
	TABELA 11 - Buchas e terminais de baixa tensão (BT) .....	122
	TABELA 12 - Momento de torção .....	122
	TABELA 13 - Informações constantes no QR-Code .....	123
	TABELA 14 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento .....	124
	TABELA 15 - Relação de ensaios .....	126
20	DESENHOS .....	128

DESENHO 1 - Transformador de distribuição pedestal.....	128
DESENHO 2 - Características dimensionais do transformador de distribuição pedestal .....	130
DESENHO 3 - Disposição dos terminais de baixa tensão (BT) .....	132
DESENHO 4 - Disposição dos terminais de média tensão (MT).....	133
DESENHO 5 - Dispositivo de aterramento.....	135
DESENHO 6 - Bujão para enchimento de óleo isolante .....	136
DESENHO 7 - Termômetro tipo mostrador para óleo isolante .....	137
DESENHO 8 - Válvula globo para drenagem e ligação do filtro-prensa.....	138
DESENHO 9 - Baionetas para utilização em transformador .....	139
DESENHO 10 - Indicador de nível do líquido isolante .....	140
DESENHO 11 - Válvula de alívio de pressão .....	141
DESENHO 12 - Placa de identificação (modelo) .....	142
DESENHO 13 - Placa de advertência interna (modelo) .....	143
DESENHO 14 - Placa de advertência interna (modelo) .....	144
DESENHO 15 - Simbologia de identificação de enrolamentos em alumínio.....	145
DESENHO 16 - Simbologia de identificação de núcleo de metal amorfo.....	146
DESENHO 17 - Simbologia de identificação de óleo vegetal isolante.....	147
DESENHO 18 - Etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE).....	148
DESENHO 19 - Modelo de etiqueta autoadesiva “ISENTO DE PCB” .....	150
21 ANEXOS.....	151
ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas .....	151
ANEXO 2 - Quadro de desvios técnicos e exceções .....	156
ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores .....	157

## 1 OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos exigíveis, mecânicos e elétricos, para fabricação, ensaios e recebimento de Transformadores de Distribuição (TD), tipo pedestal (PDT), modelo radial, trifásicos, com enrolamentos de cobre ou alumínio, imersos em óleo vegetal isolante (OVI), com resfriamento natural, a serem usados no sistema de distribuição de energia da Energisa.

## 2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Aplicam-se às montagens das estruturas para redes de distribuição subterrânea (RDS), nas tensões primárias até 34,5 kV e nas tensões secundárias usuais, situado em áreas urbanas e rurais, previstas nas normas técnicas em vigência nas Empresas do Grupo Energisa.

Esta Especificação Técnica não se aplica a transformadores de distribuição:

- Tipo aéreo (AER);
- Tipo pedestal (PDT);
- Tipo seco (SEC);
- Tipo submersível (SUB);
- Tipo serviço auxiliar;
- Tipo especial.

### NOTA:

- I. Este equipamento tem seu uso proibido em subestações de distribuição (SED) e para alimentação de equipamentos especiais.

## 3 OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS



Compete a áreas de planejamento, engenharia, patrimônio, suprimentos, elaboração de projetos, construção, ligação, combate a perdas, manutenção, linha viva e operação do sistema elétrico cumprir e fazer cumprir este instrumento normativo.

## 4 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Esta Especificação Técnica foi baseada no seguinte documento:

- IEEE C57.12.34, IEEE Standard requirements for pad-mounted, compartmental-type, self-cooled, three-phase distribution transformers, 10 MVA and smaller; high-voltage, 34.5 kV nominal system voltage and below; low-voltage, 15 kV nominal system voltage and below

Como forma de atender aos processos de fabricação, inspeção e ensaios, os transformadores de distribuição devem satisfazer às exigências desta Especificação Técnica, bem como de todas as normas técnicas mencionadas abaixo.

### 4.1 Legislação e regulamentação federal

- Constituição da República Federativa do Brasil - Título VIII: Da Ordem Social - Capítulo VI: Do Meio Ambiente
- Lei Federal N.º 7.347, de 24/07/1985, Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências
- Lei Federal N.º 9.605, de 12/02/1998, Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências
- Lei Federal N.º 9.966, de 28/04/2000, Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências

- 
- Lei Federal N.º 10.295, de 17/10/2001, Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências
  - Lei Federal N.º 12.305, de 02/08/2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei Federal N.º 9.605, de 12/02/1998; e dá outras providências
  - Lei Federal N.º 14.250, de 25/11/2021, Dispõe sobre a eliminação controlada de materiais, de fluidos, de transformadores, de capacitores e de demais equipamentos elétricos contaminados por bifenilas policloradas (PCBs) e por seus resíduos
  - Decreto Federal N.º 41.019, de 26/02/1957, Regulamenta os serviços de energia elétrica
  - Decreto Federal N.º 73.080, de 05/11/1973, Altera o artigo 47, do Decreto Federal N.º 41.019, de 26/02/1957, que regulamenta os serviços de energia elétrica
  - Decreto Federal N.º 96.044, de 18/05/1988, Regulamenta o Transporte Rodoviário de produtos Perigosos, e dá outras providências
  - Decreto Federal N.º 9.864, de 27/07/2019, Regulamenta a Lei n.º 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dispõe sobre o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
  - Decreto Federal N.º 6.514, de 22/07/2008, Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências
  - Decreto Federal Legislativo N.º 43, de 29/05/1998, Aprova o texto da Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta, e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo, 1990, concluída em Londres, em 30/11/1990

- Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC N.º 19, de 29/01/1981, Contaminação do meio ambiente por bifenis policlorados - PCBs (Ascarel, Aroclor, Clophen, Phenoclor, Kanechlor etc.)
- Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC N.º 104, de 22/03/2013, Regulamentação específica que define requisitos mínimos de desempenho para transformadores de distribuição em líquido isolante
- Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC N.º 3, de 31/07/2018, Aprova o programa de metas para transformadores de distribuição em líquido
- Portaria Interministerial MTE/MS N.º 775, de 28/04/2004, Dispõe sobre a proibição, em todo o Território Nacional, da comercialização de produtos acabados que contenham “benzeno” em sua composição
- Portaria Ministro de Estado dos Transportes N.º 204, de 20/05/1997, Baixa instruções complementares ao Decreto Federal N.º 96.044, de 18/05/1988
- Resolução Normativa ANEEL N.º 1.000, de 07/12/2021, Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica
- Resolução Normativa ANP N.º 900, de 18/11/2022, Dispõe sobre as especificações dos óleos minerais isolantes tipo A e tipo B, de origem nacional ou importada, comercializados no território nacional.
- Resolução Normativa CONAMA N.º 1, de 23/01/1986, Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA
- Resolução Normativa CONAMA N.º 9, de 31/08/1993, Óleos lubrificantes e resíduos
- Resolução Normativa CONAMA N.º 23, de 12/12/1996, Controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito
- Resolução Normativa CONAMA N.º 237, de 19/12/1997, Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental

- Resolução Normativa CONAMA N.º 362, de 23/06/2005, Óleos lubrificantes e resíduos
- Portaria Normativa INMETRO N.º 140, 19/03/2021, Aprova os Requisitos Gerais de Declaração do Fornecedor de Produtos (RGDF Produto) - Consolidado
- Portaria Normativa INMETRO N.º 382, de 17/09/2021, Aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Transformadores de Distribuição em Líquido Isolante - Consolidado
- Norma Regulamentadora N.º 10 (NR-10), Segurança em instalações e serviços em eletricidade
- Norma Regulamentadora N.º 17 (NR-17), Ergonomia

## 4.2 Normas técnicas brasileiras

- ABNT IEC TS 60815-1, Seleção e dimensionamento de isoladores para alta-tensão para uso sob condições de poluição - Parte 1: Definições, informações e princípios gerais
- ABNT NBR 5034, Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV
- ABNT NBR 5356-1, Transformadores de potência - Parte 1: Generalidades
- ABNT NBR 5356-2, Transformadores de potência - Parte 2: Aquecimento
- ABNT NBR 5356-3, Transformadores de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamento externo em ar
- ABNT NBR 5356-4, Transformadores de potência - Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores
- ABNT NBR 5356-5, Transformadores de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos

- 
- ABNT NBR 5356-7, Transformadores de potência - Parte 7: Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido isolante
  - ABNT NBR 5370, Conectores de cobre para condutores elétricos em sistemas de potência
  - ABNT NBR 5440, Transformadores para redes aéreas de distribuição - Requisitos
  - ABNT NBR 5456, Eletricidade geral - Terminologia
  - ABNT NBR 5458, Transformador de potência - Terminologia
  - ABNT NBR 5460, Sistemas elétricos de potência
  - ABNT NBR 5590, Tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados - Requisitos
  - ABNT NBR 5915-1, Chapas e bobinas de aço laminadas a frio - Parte 1: Requisitos
  - ABNT NBR 6323, Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação
  - ABNT NBR 6648, Bobinas e chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural - Especificação
  - ABNT NBR 6649, Bobinas e chapas finas a frio de aço-carbono para uso estrutural - Especificação
  - ABNT NBR 6650, Bobinas e chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural - Especificação
  - ABNT NBR 6869, Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodos de disco)

- 
- ABNT NBR 7036, Recebimento, armazenagem, instalação e manutenção de transformadores de distribuição até a classe de tensão de 36,2 kV, imersos em líquido isolante
  - ABNT NBR 7095, Ferragens eletrotécnicas para linhas de transmissão e subestações de alta tensão e extra alta tensão
  - ABNT NBR 7277, Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído
  - ABNT NBR 7318, Elastômero vulcanizado para uso em veículos automotores - Determinação da dureza
  - ABNT NBR 7397, Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Determinação da massa do revestimento por unidade de área - Método de ensaio
  - ABNT NBR 7398, Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento - Método de ensaio
  - ABNT NBR 7399, Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente - Verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo - Método de ensaio
  - ABNT NBR 7400, Galvanização de produtos de aço e ferro fundido por imersão a quente - Verificação da uniformidade do revestimento - Método de ensaio
  - ABNT NBR 8667-1, Comutadores de derivação - Parte 1: Especificação e ensaios
  - ABNT NBR 8840, Amostragem de líquidos isolantes - Requisitos
  - ABNT NBR 10443, Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas - Método de ensaio
  - ABNT NBR 10474, Qualificação em soldagem - Terminologia
  - ABNT NBR 10710, Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água

- ABNT NBR 11003, Tintas - Determinação da aderência
- ABNT NBR 11341, Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland
- ABNT NBR 11407, Elastômero vulcanizado - Determinação das alterações das propriedades físicas, por efeito de imersão em líquidos - Método de ensaio
- ABNT NBR 11888, Bobinas e chapas finas a frio e a quente de aço-carbono e de aço de alta resistência e baixa liga - Requisitos gerais
- ABNT NBR 12133, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do fator de perdas dielétricas e da permissividade relativa (constante dielétrica) - Método de ensaio
- ABNT NBR 13231, Proteção contra incêndio em subestações elétricas
- ABNT NBR 13882, Líquidos isolantes elétricos - Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB)
- ABNT NBR 14248, Produtos de petróleo - Determinação do número de acidez e de basicidade - Método do indicador
- ABNT NBR 14483, Produtos de petróleo - Determinação da cor - Método do colorímetro ASTM
- ABNT NBR 14842, Soldagem - Critérios para a qualificação e certificação de inspetores para o setor de petróleo e gás, petroquímico, fertilizantes, naval e termogeração (exceto nuclear)
- ABNT NBR 15158, Limpeza de superfícies de aço por produtos químicos
- ABNT NBR 15422, Óleo vegetal isolante para equipamentos elétricos
- ABNT NBR 16126, Projeto mecânico de transformadores e reatores para sistemas de potência

- ABNT NBR 16367-2, Acessórios para transformadores e reatores de sistemas de potência imersos em líquido isolante - Parte 2: Dispositivo de alívio de pressão
- ABNT NBR 16431, Equipamentos elétricos - Determinação de compatibilidade de materiais empregados com óleo vegetal isolante
- ABNT NBR 16856, Buchas para transformadores imersos em líquido isolante - Tensão nominal de 1,2 kV e correntes de 160 A até 8 000 A - Especificação
- ABNT NBR 17088, Corrosão por exposição à névoa salina - Métodos de ensaio
- ABNT NBR IEC 60060-1, Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Parte 1: Definições gerais e requisitos de ensaio
- ABNT NBR IEC 60085, Isolação elétrica - Avaliação e designação térmicas
- ABNT NBR IEC 60156, Líquidos isolantes - Determinação da rigidez dielétrica à frequência industrial - Método de ensaio
- ABNT NBR IEC 60529, Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP)

### 4.3 Normas técnicas internacionais

- ASTM A90/A90M, Standard test method for weight [mass] of coating on iron and steel articles with zinc or zinc-alloy coatings
- ASTM A153/A153M, Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware
- ASTM A239, Standard practice for locating the thinnest spot in a zinc (galvanized) coating on iron or steel articles
- ASTM A876/A876M, Standard specification for flat-rolled, grain-oriented, silicon-iron, electrical steel, fully processed types
- ASTM A900/A900M, Standard test method for lamination factor of amorphous magnetic strip

- 
- ASTM A901, Standard specification for amorphous magnetic core alloys, semi-processed types
  - ASTM B6, Standard specification for zinc
  - ASTM B117, Standard practice for operating salt spray (fog) apparatus
  - ASTM B545, Standard specification for electrodeposited coatings of tin
  - ASTM B571, Standard practice for qualitative adhesion testing of metallic coatings
  - ASTM B700, Standard specification for electrodeposited coatings of silver for engineering use
  - ASTM D92, Standard test method for flash and fire points by cleveland open cup tester
  - ASTM D297, Standard test methods for rubber products - Chemical analysis
  - ASTM D395, Standard test methods for rubber property - Compression set
  - ASTM D412, Standard test methods for vulcanized rubber and thermoplastic elastomers - Tension
  - ASTM D471, Standard test method for rubber property-effect of liquids
  - ASTM D523, Standard test method for specular gloss
  - ASTM D573, Standard test method for rubber - Deterioration in an air oven
  - ASTM D870, Standard practice for testing water resistance of coatings using water immersion
  - ASTM D877/D877M, Standard test method for dielectric breakdown voltage of insulating liquids using disk electrodes

- 
- ASTM D924, Standard test method for dissipation factor (or power factor) and relative permittivity (dielectric constant) of electrical insulating liquids
  - ASTM D974, Standard test method for acid and base number by color-indicator titration
  - ASTM D1014, Standard practice for conducting exterior exposure tests of paints and coatings on metal substrates
  - ASTM D1171, Standard test method for rubber deterioration - Surface ozone cracking outdoors (triangular specimens)
  - ASTM D1500, Standard test method for ASTM color of petroleum products (ASTM color scale)
  - ASTM D1533, Standard test method for water in insulating liquids by coulometric karl fischer titration
  - ASTM D1619, Standard test methods for carbon black - Sulfur content
  - ASTM D1735, Standard practice for testing water resistance of coatings using water fog apparatus
  - ASTM D2240, Standard test method for rubber property - Durometer hardness
  - ASTM D3359, Standard test methods for rating adhesion by tape test
  - ASTM D3677, Standard test methods for rubber - Identification by infrared spectrophotometry
  - ASTM D6147, Standard test method for vulcanized rubber and thermoplastic elastomer-determination of force decay (stress relaxation) in compression
  - ASTM E376, Standard practice for measuring coating thickness by magnetic-field or eddy current (electromagnetic) testing methods
  - AWS B3.0, Welding procedure and performance qualification

- 
- AWS D1.1/D1.1M, Structural welding code - Steel
  - CISPR TR 18-2, Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment - Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits
  - IEC 60060-1, High-voltage test techniques - Part 1: General definitions and test requirements
  - IEC 60076-1, Power transformers - Part 1: General
  - IEC 60076-2, Power transformers - Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers
  - IEC 60076-3, Power transformers - Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
  - IEC 60076-4, Power transformers - Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing - Power transformers and reactors
  - IEC 60076-5, Power transformers - Part 5: Ability to withstand short circuit
  - IEC 60076-7, Power transformers - Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers
  - IEC 60076-10, Power transformers - Part 10: Determination of sound levels
  - IEC 60085, Electrical insulation - Thermal evaluation and designation
  - IEC 60156, Insulating liquids - Determination of the breakdown voltage at power frequency - Test method
  - IEC 60214-1, Tap-changers - Part 1: Performance requirements and test methods

- IEC 60404-8-7, Magnetic materials - Part 8-7: Specifications for individual materials - Cold-rolled grain-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the fully-processed state
- IEC 60529, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- IEC 60721-1, Classification of environmental conditions - Part 1: Environmental parameters and their severities
- IEC 60721-2-4, Classification of environmental conditions - Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature - Solar radiation and temperature
- IEC 61619, Insulating liquids - Contamination by polychlorinated biphenyls (PCBs) - Method of determination by capillary column gas chromatography
- IEC 62770, Fluids for electrotechnical applications - Unused natural esters for transformers and similar electrical equipment
- IEC TS 60815-1, Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles
- IEEE 386, IEEE Standard for separable insulated connector systems for power distribution systems rated 2.5 kV through 35 kV
- IEEE 979, IEEE Guide for substation fire protection
- IEEE C37.74, IEEE, Standard requirements for subsurface, vault, and padmounted load-interrupter switchgear and fused load-interrupter switchgear for alternating current systems up to 38 kV
- ISO 179-1, Plastics - Determination of Charpy impact properties - Part 1: Non-instrumented impact test
- ISO 752, Zinc ingots

- ISO 2409, Paints and varnishes - Cross-cut test
- ISO 4892-1, Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 1: General guidance
- ISO 7619-1, Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of indentation hardness - Part 1: Durometer method (Shore hardness)
- ISO 8501-1, Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings
- ISO 8501-4, Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 4: Initial surface conditions, preparation grades and flash rust grades in connection with water jetting
- ISO 19840, Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces
- SSPC-SP 1, Solvent cleaning

#### 4.4 Normas técnicas do grupo Energisa

- ETU-189.2, Óleo vegetal isolante (OVI)
- NDU-027, Critérios para utilização de equipamentos e materiais em área de corrosão atmosférica

#### NOTAS:

- II. Todas as normas nacionais e internacionais (ABNT, IEEE, IEC, ANSI, ASTM etc.) mencionadas acima devem estar à disposição do inspetor da Energisa no local da inspeção;

- 
- III. Todos os materiais que não são especificamente mencionados nesta Especificação Técnica, mas que são usuais ou necessários para a operação eficiente do equipamento, considerar-se-ão como aqui incluídos e devem ser fornecidos pelo fabricante sem ônus adicional;
- IV. A utilização de normas de quaisquer outras organizações credenciadas será permitida, desde que elas assegurem uma qualidade igual, ou melhor, que as anteriormente mencionadas e não contradigam a presente Especificação Técnica;
- V. As siglas acima referem-se a:
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
  - ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
  - CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
  - IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
  - INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
  - MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
  - MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
  - MME - Ministério de Minas e Energia
  - ETU - Especificação Técnica Unificada (grupo Energisa)
  - NDU - Norma de Distribuição Unificada (grupo Energisa)
  - ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
  - NBR - Norma Brasileira
  - NM - Norma Mercosul

- ASTM - American Society for Testing and Materials
- AWS - American Welding Society
- CISPR - Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
- IASC - International Annealed Copper Standard
- IEC - International Electrotechnical Commission
- IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers
- ISO - International Organization for Standardization
- NEMA - National Electrical Manufacturers Associations
- SSPC - Steel Structures Painting Council

## 5 TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES

A terminologia adotada nesta Especificação Técnica corresponde a das normas ABNT NBR 5356-1, ABNT NBR 5440, ABNT NBR 5456, ABNT NBR 5458, ABNT NBR 5460 e IEEE C57.12.34, complementadas pelos seguintes termos:

### 5.1 Transformador

Equipamento elétrico estático que, por indução eletromagnética, transforma tensão e corrente alternadas entre dois ou mais enrolamentos, sem mudança de frequência.

#### 5.1.1 Transformador de distribuição (TD)

Transformador de potência utilizado em sistemas de distribuição de energia elétrica.

#### 5.1.2 Transformador em líquido isolante

Transformador cuja parte ativa é imersa em líquido isolante.

#### 5.1.3 Transformador pedestal



É o transformador selado para utilização ao tempo, montado sobre uma base de concreto, com compartimentos blindados para conexão de cabos de média e de baixa tensão e proteção interna.

#### 5.1.4 Transformador trifásico

Transformador cujos enrolamentos primário e secundário são polifásicos.

### 5.2 Bucha

Peça ou estrutura de material isolante, que assegura a passagem isolada de um condutor através de uma parede não isolante.

#### NOTA:

- VI. Uma bucha completa inclui também o dispositivo de fixação à parede. Pode ainda incluir, dependendo do tipo da bucha, o condutor central e os dispositivos de ligação deste aos condutores externos à bucha.

### 5.3 Comutador de derivação

Dispositivo para mudança de ligação de derivação de um enrolamento de um transformador.

### 5.4 Corrosividade atmosférica

Capacidade da atmosfera de causar corrosão em um determinado metal ou liga metálica.

### 5.5 Corrosão atmosférica

É o desgaste ou modificação química e estrutural do metal ou liga metálica, devido à ação química ou eletroquímica de agentes do meio ambiente.

### 5.6 Derivação



Ligação feita em qualquer ponto do enrolamento, de modo a permitir a mudança da relação das tensões do transformador.

**NOTA:**

VII. Nas demais definições o termo derivação pode também ser entendido como uma combinação de derivações.

### 5.6.1 Derivação inferior

Derivação cuja tensão de derivação é inferior à tensão nominal do enrolamento.

### 5.6.2 Derivação principal

Derivação à qual é referida a característica nominal de um enrolamento.

### 5.6.3 Derivação superior

Derivação cuja tensão de derivação é superior à tensão nominal do enrolamento.

### 5.7 Degrau de derivação

Diferença entre as tensões de derivação de duas derivações adjacentes, expressas em porcentagem da tensão nominal do enrolamento.

### 5.8 Deslocamento angular

Diferença angular entre os fasores que representam as tensões entre o ponto neutro (real ou fictício) e os terminais correspondentes de 2 (dois) enrolamentos, quando um sistema de tensões de sequência positiva é aplicado aos terminais do enrolamento de mais média tensão (MT), em ordem de sequência alfabética, se eles forem identificados por letras ou em sequência numérica, se identificados por números.

Convenciona-se que os fasores giram em sentido anti-horário.

**NOTA:**

- VIII. O fador do enrolamento de mais média tensão (MT) é tomado como referência e a defasagem de todos os outros enrolamentos é expressa por uma indicação horária, isto é, a hora indicada pelo fador do enrolamento, considerando-se que o fador do enrolamento de mais média tensão está sobre a posição 12 (doze) horas quanto maior o número, maior a defasagem em atraso).

## 5.9 Dispositivo de alívio de pressão (DAP)

Dispositivo de proteção para transformadores em líquido isolante que alivia a sobre pressão interna anormal.

## 5.10 Enrolamento

Conjunto das espiras que constituem um circuito elétrico, monofásico ou polifásico, de um transformador.

### 5.10.1 Enrolamento primário

Enrolamento que recebe energia.

### 5.10.2 Enrolamento secundário

Enrolamento que fornece energia.

## 5.11 Indicador de nível de óleo (INO)

Dispositivo de proteção cuja finalidade é indicar o nível de óleo no transformador ou reator de potência, de modo que ele possa ser monitorado visualmente, eletricamente e/ou eletronicamente.

## 5.12 Invólucro isolante

Peça rígida de material isolante, que assegura o isolamento externo especificado de uma bucha.

**NOTA:**

- IX. O invólucro isolante pode constituir, ou fazer parte, ou ser independente da isolação principal.

### 5.13 Ligação delta

Ligação de um enrolamento polifásico, em que as extremidades de polaridades opostas dos enrolamentos de fase são ligadas entre si, duas a duas, de modo a formar um único percurso fechado.

### 5.14 Ligação estrela

Ligação de um enrolamento polifásico em que uma das extremidades de mesma polaridade dos diversos enrolamentos de fase, é ligada a um ponto comum.

#### NOTA:

- X. No caso do enrolamento trifásico esta ligação pode ser denominada “ligação Y”.

### 5.15 Nível de isolamento

Conjunto de valores de tensões suportáveis nominais.

### 5.16 Núcleo

Circuito magnético de um transformador.

#### 5.16.1 Núcleo envolvente

Núcleo é constituído por colunas interligadas pelos jugos, das quais algumas não atravessam as bobinas dos enrolamentos.

#### 5.16.2 Núcleo envolvido

Núcleo é constituído por colunas interligadas pelos jugos, todas elas atravessando as bobinas dos enrolamentos.

### 5.17 Óleo vegetal isolante (OVI)



Óleo vegetal constituído por moléculas de triacilgliceróis (triglicerídeos), caracterizadas pela ligação éster formulado a partir de óleo extraído de vegetais, como sementes/grãos, e aditivos para melhoria de desempenho.

Também conhecido como éster natural isolante.

### 5.18 Parte ativa

Conjunto formado pelo núcleo, enrolamentos e suas partes acessórias.

### 5.19 Perdas em vazio

Potência ativa absorvida por um transformador quando alimentado por um de seus enrolamentos, com os terminais dos outros enrolamentos em circuito aberto.

### 5.20 Perdas totais

Soma das perdas em vazio e das perdas em cargas de um transformador.

### 5.21 Radiador

Dispositivo que aumenta a superfície de irradiação, para facilitar a dissipação de calor.

### 5.22 Terminal de ligação

Parte condutora de um transformador destinada à sua ligação elétrica a um circuito externo.

### 5.23 Ensaios de recebimento

O objetivo dos ensaios de recebimento é verificar as características de um material que podem variar com o processo de fabricação e com a qualidade do material componente.

Estes ensaios devem ser executados sobre uma amostragem de materiais escolhidos aleatoriamente de um lote que foi submetido aos ensaios de rotina.

## 5.24 Ensaios de tipo

O objetivo dos ensaios de tipo é verificar as principais características de um material que dependem de seu projeto.

Os ensaios de tipo devem ser executados somente uma vez para cada projeto e repetidos quando o material, o projeto ou o processo de fabricação do material for alterado ou quando solicitado pelo comprador.

## 5.25 Ensaios especiais

O objetivo dos ensaios especiais é avaliar materiais com suspeita de defeitos, devendo ser executados quando da abertura de não-conformidade, sendo executados em unidades recolhidas em cada unidade de negócio.

Este tipo de ensaio é executado e custeado pela Energisa.

# 6 HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES

O cadastro comercial, via Web Supply, é uma obrigatoriedade a todos os fornecedores do Grupo Energisa. A manutenção deste cadastro atualizado é de obrigação do fornecedor.

A homologação técnica é conforme os níveis de complexidade das classes de materiais envolvidos conforme pode ser observado em nosso Manual da Qualidade de Fornecedores no link abaixo:

<https://www.grupoenergisa.com.br/fornecedores>

# 7 CONDIÇÕES GERAIS

Os transformadores de distribuição devem:

- a) Ser fornecidos completos e completamente montados, cheios de líquido isolante, com as buchas e terminais, todos os dispositivos, equipamentos e acessórios descritos nesta Especificação Técnica e outros não descritos, mas,



solicitados nela ou no contrato, necessários para o seu pronto funcionamento e aptos para operação;

- b) Ter todas as peças correspondentes intercambiáveis, quando de mesmas características nominais e fornecidas pelo mesmo fabricante;
- c) Ser projetados com matérias primas empregadas na fabricação e acabamento devem incorporar tanto quanto possível as mais recentes técnicas e melhoramentos;
- d) Ser projetados, de modo que, as manutenções possam ser efetuadas pelo grupo Energisa ou em oficinas por ele qualificadas, sem o emprego de máquinas ou ferramentas especiais;
- e) Ser projetados para os limites de elevação de temperatura dos enrolamentos sem comprometer as características dos materiais isolantes.

## 7.1 Condições do serviço

Os transformadores de distribuição tratados nesta Especificação Técnica devem ser adequados para operar nas seguintes condições:

- a) Altitude não superior a 1.500 metros acima do nível do mar;
- b) Temperatura, conforme IEC 60721-2-1:
  - Máxima do ar ambiente: 45 °C;
  - Média, em um período de 24 horas: 35 °C;
  - Mínima do ar ambiente: -5 °C;
- c) Pressão máxima do vento: 700 Pa (70 daN/m<sup>2</sup>), valor correspondente a uma velocidade do vento de 122,4 km/h, conforme IEC 60721-2-2;
- d) Umidade relativa do ar até 100 %, conforme IEC 60721-2-1;

- e) Nível de radiação solar: 1,1 kW/m<sup>2</sup>, com alta incidência de raios ultravioleta, conforme IEC 60721-2-4;
- f) Precipitação pluviométrica: média anual de 1.500 a 3.000 milímetros, conforme IEC 60721-2-2;
- g) Classe de severidade de poluição local (SPS) leve e médio, conforme ABNT IEC TS 60815-1 ou IEC TS 60815-1;
- a) Vibrações insignificantes devido a causas externas aos transformadores ou devido a tremores de terra, conforme IEC 60721-1;
- b) Funcionamento em condições tais como:
  - Em regime ou frequências não usuais; ou
  - Com forma de onda distorcida ou com tensões assimétricas.

## 7.2 Linguagens e unidades de medida

O sistema métrico de unidades deve ser usado como referência nas descrições técnicas, especificações, desenhos e quaisquer outros documentos. Qualquer valor, que por conveniência, for mostrado em outras unidades de medida também deve ser expresso no sistema métrico.

Todas as instruções, relatórios de ensaios técnicos, desenhos, legendas, manuais técnicos etc., a serem enviados pelo fabricante, bem como as placas de identificação, devem ser escritos em português. No caso de equipamentos importados deve ser fornecida uma versão em português e outra no idioma de origem.

### NOTA:

- XI. Os relatórios de ensaios técnicos, excepcionalmente, poderão ser aceitos em inglês ou espanhol.

## 7.3 Acondicionamento



Os transformadores de distribuição devem ser acondicionados individualmente, em container (caixa para transporte), confeccionada em madeira, não retornáveis, com massa bruta não superior a 6.000 (seis mil) quilogramas, obedecendo às seguintes condições:

- a) Serem adequadamente embalados de modo a garantir o transporte (ferroviário, rodoviário, hidroviário, marítimo ou aéreo) seguro até o local do armazenamento ou instalação em qualquer condição que possa ser encontrada (intempéries, umidade, choques etc.) e ao manuseio;
- b) A embalagem deve ser feita de modo que o peso e as dimensões sejam conservados dentro de limites razoáveis a fim de facilitar o manuseio, o armazenamento e o transporte. As embalagens devem ser construídas de modo a possibilitar:
  - Uso de empilhadeiras e carro hidráulico; e/ou
  - Carga e descarga, através da alça de suspensão do transformador, com o uso de pontes rolantes.
- c) As embalagens devem ter:
  - Travas diagonais para evitar movimentos laterais dos transformadores durante o 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.
- d) E demais indicações no protocolo logístico do material, disponível no site da Energisa, através do link:

<https://www.energisa.com.br/paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/normas-tecnicas.aspx>

## NOTAS:

XII. A embalagem quando confeccionada em madeira, a mesma:

- Devem ter qualidade no mínimo igual à do pinus de segunda e certificada pelo IBAMA.
- Não devem conter substâncias ou produtos passíveis de agredir o meio ambiente quando do descarte ou reaproveitamento dessas embalagens;
- Devem ser de madeira de boa qualidade, reforçadas, contendo suporte para apoio e marcação dos pontos e sentidos de içamento. Ser isentos de trincas, rachaduras ou qualquer outro tipo de defeito e não apresentar pontas ou cabeças de pregos ou parafusos que possam danificar os transformadores de distribuição.

XIII. A embalagem deve ser elaborada com material reciclável. Não serão aceitas embalagens elaboradas com poliestireno expandido, popularmente conhecido como “isopor”.

Cada container deve ser identificado, de forma legível e indelével e contendo as seguintes informações:

- a) Nome ou marca Energisa;
- b) Nome ou marca comercial do fabricante;
- c) País de origem;
- d) Mês e ano de fabricação (MM/AAAA);
- e) Tipo, dimensões e número de série da embalagem;
- f) Identificação completa dos transformadores de distribuição (tensão primária nominal (kV), tensão secundária nominal (V), potência nominal (kVA), etc.);
- g) Massa líquida, em quilogramas (kg);

- h) Massa bruta, em quilogramas (kg);
- i) IEEE C57.12.34;
- j) Número e quaisquer outras informações especificadas na Ordem de Compra de Material (OCM).

#### NOTAS:

- XIV. O fornecedor brasileiro deverá numerar os diversos volumes e anexar à nota fiscal uma relação descritiva (romaneio) do conteúdo de cada volume;
- XV. O fornecedor estrangeiro deverá encaminhar simultaneamente à Energisa e ao despachante indicado, cópias da relação descritiva (romaneio) do conteúdo de cada volume.

## 7.4 Transporte

O transporte de transformadores com líquido isolante deve ser realizado com o transformador completamente preenchido, com o seu nível normal de operação.

O fabricante, a partir de 01/01/2026, deve instalar registradores de impacto para monitoramento do transporte, devendo ser mantido até o descarregamento no local de recebimento.

Se os valores medidos ultrapassarem os limites máximos indicados pelo fabricante, este fato deve ser comunicado, tanto ao fabricante, quanto à Energisa, para avaliar os resultados e indicar as ações de inspeção da parte ativa, seguindo os procedimentos indicados na ABNT NBR 7036.

## 7.5 Meio ambiente

O fornecedor nacional deve cumprir, rigorosamente, em todas as etapas da fabricação, do transporte e do recebimento dos transformadores de distribuição, a legislação ambiental brasileira e as demais legislações federais, estaduais e municipais aplicáveis.



No caso de fornecimento internacional, os fabricantes/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 dos transformadores de distribuição, até a entrega no local indicado pela Energisa. Ocorrendo transporte em território brasileiro, os fabricantes e fornecedores estrangeiros devem cumprir a legislação ambiental brasileira e as demais legislações federais, estaduais e municipais aplicáveis.

O fornecedor é responsável pelo pagamento de multas e pelas ações que possam incidir sobre a Energisa, decorrentes de práticas lesivas ao meio ambiente, quando derivadas de condutas praticadas por ele ou por seus subfornecedores.

A Energisa poderá verificar, junto aos órgãos oficiais de controle ambiental, a validade das licenças de operação das unidades industriais e de transporte dos fornecedores e dos subfornecedores.

O fornecedor deverá apresentar as seguintes informações:

- Tipo de madeira utilizada nas embalagens e respectivo tratamento preservativo empregado e os efeitos desses componentes no ambiente, quando de sua disposição final (descarte);
- Quanto à forma mais adequada de disposição final dos transformadores, em particular do óleo vegetal isolante (OVI) contido nos equipamentos e dos componentes em contato com o óleo, conforme as legislações ambientais aplicáveis;
- As condições para receber de volta os transformadores de sua fabricação, ou por ele fornecidas, que estejam fora de condições de uso.

Não podem ser usados na fabricação de quaisquer materiais ou equipamentos a serem adquiridos pela Energisa:

- a) Amianto ou asbesto;
- b) Bifenilas Policloradas (PCB);

c) Poluentes orgânicos persistentes (POPS), conforme Decreto Legislativo N.º 204, de 2004;

d) Benzeno, conforme Portaria Interministerial MTE/MS nº 775 de 28/04/2004.

As substâncias consideradas perigosas não poderão ser utilizadas em concentração acima da recomendada, conforme diretiva 2011/65/EU para RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances) e WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment).

Os processos produtivos que geram efluentes líquidos industriais ou emissões atmosféricas e radioativas, devem se enquadrar aos padrões normativos previstos na legislação ambiental aplicável.

## 7.6 Expectativa de vida útil

Os transformadores de distribuição devem ter uma expectativa de vida útil, mínima, de 27 (vinte e sete) anos a partir da data de fabricação, contra qualquer falha, provenientes de processo fmarço, sob condições normais de operação prevista nesta Especificação Técnica.

### NOTA:

XVI. A expectativa de vida útil é estabelecida pela ANEEL, através do Manual de Controle Patrimonial do Setor Elétrico (MCPSE).

## 7.7 Garantia

O período de garantia dos materiais deve obedecer ao disposto na Ordem de Compra de Materiais (OCM) contra qualquer defeito de fabricação, material e acondicionamento.

Caso os materiais apresentem qualquer tipo de defeito de fabricação, um novo período de garantia deve entrar em vigor para todo o lote em questão.

Dentro do referido período as despesas com mão-de-obra decorrentes da retirada e instalação de equipamentos comprovadamente com defeito de fabricação, bem



como o transporte destes entre o almoxarifado da concessionária e o fornecedor, incidirão sobre o último.

## 7.8 Etiquetas autoadesivas

### 7.8.1 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)

A portaria do INMETRO N.º 382, de 17/09/2021, define que a (s) fornecedora (s) de transformadores deverá estar, obrigatoriamente, em conformidade com os requisitos estabelecidos pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para Transformadores de Distribuição em líquidos isolantes e devem possuir o Selo de Identificação da Conformidade (SIC), na forma da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) afixada no tanque do equipamento.

A etiqueta ENCE deverá ser do tipo autocolante para uso ao tempo e ser impressa na cor preta, notação Munsell N.º NA/1 e 2 % R em fundo branco ou na segunda cor de impressão da embalagem que ofereça o maior contraste possível, conforme Desenho 18.

### 7.8.2 Identificação de Isento de PCB

Os equipamentos reformados ou recuperados deverão utilizar óleo mineral isolante isentos de PCB para seu preenchimento, utilizando para identificação etiqueta autoadesiva conforme Desenho 19.

A etiqueta deverá ser do tipo autocolante, para uso ao tempo e ser impressa em fundo branco ou na segunda cor de impressão da embalagem que ofereça o maior contraste possível, na cor preta, notação Munsell N.º NA/1 e 2 % R.

## 7.9 Numeração de patrimônio

Os transformadores de distribuição devem conter a numeração de patrimônio, sequencial patrimônio, fornecida pela Energisa. A numeração deverá ser de forma legível e indelével, cor preta, notação Munsell N1, e resistir às condições de ambiente agressivo, durante a vida útil do equipamento.



O fabricante deverá fornecer à Energisa, após a liberação dos transformadores de distribuição, uma relação individualizada, por concessionária, contendo:

- a) Número de série de fabricação;
- b) Número de patrimônio correspondente;
- c) Tensão primária nominal, em quilovolt (kV);
- d) Tensão secundária nominal, em volt (V);
- e) Potência nominal, em quilovolts-ampère (kVA).

### 7.10 Incorporação ao patrimônio da Energisa

Somente serão aceitos transformadores de distribuição, em obras particulares, para incorporação ao patrimônio da Energisa que atendam as seguintes condições:

- a) Provenientes de fabricantes cadastrados e homologados pela Energisa;
- b) Deverão ser novos, com período máximo de 24 (vinte e quatro) meses da data de fabricação, não se admitindo, em hipótese nenhuma, transformadores usados e/ou recuperados;
- c) Deverá acompanhar a (s) nota (s) fiscal (is), bem como, os relatórios de ensaios em fábrica, comprovando sua aprovação nos ensaios de rotina e/ou recebimento, previstos nesta Especificação Técnica.

#### NOTAS:

- XVII. A critério da Energisa, os transformadores de distribuição poderão ser ensaiados em laboratório próprio ou em laboratório credenciado, para comprovação dos resultados dos ensaios de acordo com os valores exigidos nesta Especificação Técnica;
- XVIII. A relação dos fabricantes homologados de transformadores de distribuição pode ser consultada no site da Energisa, através do link abaixo:

## 7.11 Manual de instruções

Os transformadores de distribuição devem estar acompanhados, quando for o caso, de manuais de operação, escritos em português, que forneçam todas as informações necessárias ao seu manuseio.

Os manuais deverão conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a) Instruções completas cobrindo: descrição, funcionamento, manuseio, instalação, ajustes, operação, incluindo os modelos aos quais ele se aplica;
- b) Relação completa de todos os componentes e acessórios, incluindo nome, descrição, número de catálogo, quantidade usada, identificação do desenho;
- c) Procedimentos específicos relativos ao descarte dos equipamentos propostos, quer ao final da sua vida útil, quer em caso de inutilização por avaria.

## 7.12 Avaliação técnica do material

O fornecedor deve apresentar os documentos técnicos relacionados a seguir, atendendo aos requisitos especificados na Energisa, relativos a prazos e demais condições de apresentação de documentos:

- a) Apresentar o quadro de dados técnicos e características garantidas total e corretamente preenchido, conforme apresentado no Anexo 1;
- b) Apresentar catálogos e outras informações pertinentes;
- c) Apresentar desenhos técnicos detalhado, quando aplicável.

O fornecedor deve apresentar uma cópia em português, com medidas no sistema métrico decimal, dos desenhos a seguir relacionados:

- a) Tipo e código do fabricante;

- 
- b) Vistas principais dos equipamentos, por potência, mostrando a localização das peças e acessórios, dimensões e distâncias;
- c) Desenhos detalhados, em planta e cortes, do conjunto núcleo-enrolamentos indicando material usado e processos de montagem e de manutenção;
- d) Das placas de identificação;
- e) Das buchas e terminais de média e baixa tensão, com dimensões, detalhes de montagem e características físicas e dielétricas, indicando fabricante, tipo e designação;
- f) Das alças para suspensão do transformador, com dimensões e material utilizado;
- g) Detalhamento da fixação e vedação da tampa indicando dimensões, número e tipo de parafusos de fixação e material utilizado;
- h) Do dispositivo de aterramento, com dimensões e material utilizado;
- i) Do comutador interno, com dimensões, processos para fixação e indicação da marcação dos taps;
- j) Da base do transformador;
- k) Desenhos da embalagem para transporte, contendo:
- Dimensões;
  - Massa;
  - Detalhes para içamento;
  - Tipo de madeira e tratamento utilizado;
  - Localização do centro de gravidade.

- l) Uma cópia dos manuais de instrução, cobrindo instalação e manutenção do equipamento.

Quando os transformadores de distribuição propostos apresentarem divergências em relação a esta Especificação Técnica, o fornecedor deverá submeter os desvios à prévia aprovação junto à área de Engenharia e Cadastro, através do Anexo 2.

#### NOTAS:

- XIX. Quando da consulta para aprovação dos desvios, os mesmos deverão estar claramente identificados, e tratados como tal, tanto no texto como nos desenhos;
- XX. As empresas Distribuidoras do Grupo Energisa, não se responsabilizam pela fabricação dos equipamentos em desacordo com a presente especificação técnica.

## 8 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

### 8.1 Condições de carregamento

Os transformadores de distribuição devem, além de sua potência nominal em carga contínua, ser capaz de atender às condições especificadas na ABNT NBR 5356-7 ou IEC 60076-7.

Os equipamentos auxiliares, tais como buchas, comutadores de derivações e outros, devem suportar sobrecargas correspondentes até uma 1,5 vezes a potência nominal do transformador.

### 8.2 Potência nominal (S)

As potências nominais, em quilovolts-ampère (kVA), para transformadores de distribuição em regime contínuo, são as seguintes potências trifásicas:

- 75 kVA, 112,5 kVA, 150 kVA, 300 kVA e 500 kVA. Devem ser usados em todos os projetos novos de redes de distribuição e em obras sujeitas à incorporação;

- 750 kVA e 1.000 kVA. Para uso exclusivo da Energisa em sistemas que ainda possuem esse tipo de transformador.

### 8.3 Tensão nominal ( $U_r$ )

As tensões nominais padronizadas, em quilovolts (kV), são:

- a) Primária trifásica: 11,4 kV, 13,8 kV, 22,0 kV e 34,5 kV;
- b) Secundária trifásica: 220/127 V e 380/220 V.

Os transformadores de distribuição devem ser capazes de operar, sem danos, sob uma condição de sobrefluxo onde a relação tensão/frequência não exceda em 5,0 % a relação tensão/frequência especificada.

### 8.4 Níveis de isolamento

Os níveis de isolamento, em quilovolts (kV), e os espaçamentos mínimos no ar, em milímetros (mm), devem obedecer a Tabela 3.

### 8.5 Derivações (taps) e tensões nominais

As derivações devem ser do tipo degraus com:

- Classe 15,0 kV: 600 V;
- Classe 24,2 kV: 1.100 V;
- Classe 36,2 kV: 1.500 V.

As derivações e relações de tensões são as constantes da Tabela 4.

#### NOTAS:

- XXI. Os transformadores devem ser expedidos na derivação (tap) correspondente à tensão primária nominal, conforme item 8.3;

XXII. Não serão aceitos transformadores com derivações em percentual ( %) de redução ou elevação.

## 8.6 Frequência nominal ( $f_r$ )

A frequência nominal dos transformadores de distribuição deve ser de 60 Hertz (Hz).

## 8.7 Elevação de temperatura

A elevação de temperatura de cada enrolamento do transformador, projetado para operação em condições normais de serviço, não pode exceder o limite especificado na Tabela 5.

**NOTA:**

XXIII. Os limites de elevação de temperatura são válidos para todas as derivações.

## 8.8 Perdas, corrente de excitação e tensão de curto-circuito

O fabricante deve garantir as perdas, em vazio e totais, na temperatura de referência, com tensão senoidal, à frequência nominal, na derivação principal. A Energisa pode indicar para quais derivações, além da principal, o fabricante deve informar as perdas em vazio e as perdas totais.

Os transformadores de distribuição deverão possuir níveis de perdas máximas correspondentes ao:

- Nível “D” a partir da data de fabricação de 01/01/2019;
- Nível “C” a partir da data de fabricação de 01/01/2024.

Para as temperaturas de referência citadas na Tabela 5, os valores de perdas em vazio (PO), perdas totais (PT), corrente de excitação máxima (IO) e tensão de curto-circuito são os indicados na Tabela 6 e referidos à derivação principal.

Os valores individuais não devem ultrapassar os valores garantidos na proposta, observadas as tolerâncias especificadas na Tabela 7.

## 8.9 Diagrama fasorial, designação de ligações e indicação do deslocamento angular

Os enrolamentos primários devem ser ligados em delta/triângulo ( $\Delta$ ) e os secundários em estrela aterrada, com deslocamento angular entre eles  $30^\circ$  (trinta graus), com as fases de baixa tensão (BT) atrasadas em relação às correspondentes de média tensão (MT). O diagrama de ligações deve estar em conformidade com a Figura 1.

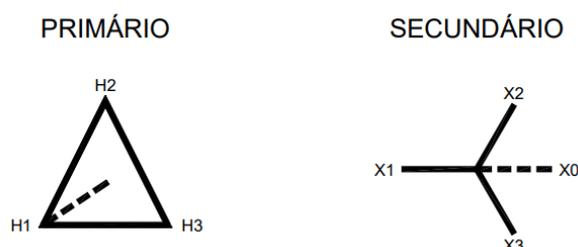


Figura 1 - Diagrama de ligação

O transformador de distribuição deve possuir diagrama fasorial Dyn1, conforme Figura 2.

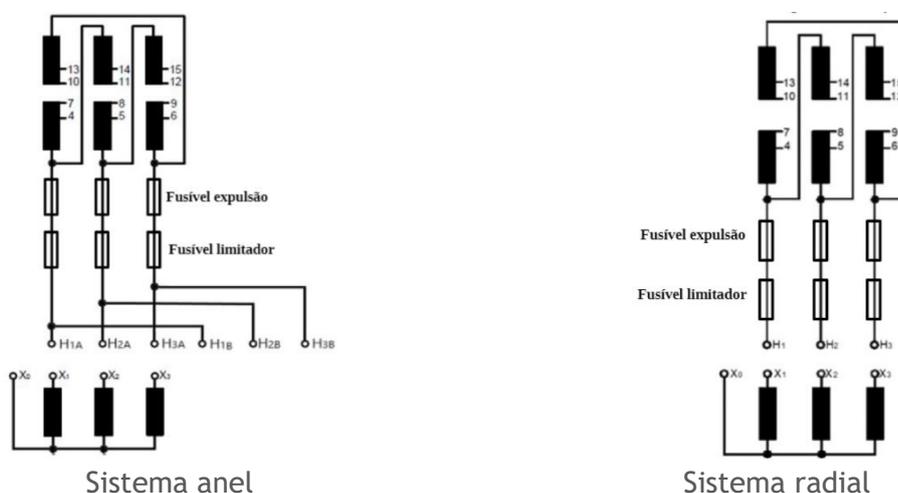


Figura 2 - Diagrama fasorial Dyn1

## 8.10 Tensão de rádio interferência (TRI)

Os transformadores de distribuição devem ser submetidos ao ensaio de tensão de rádio interferência, conforme CISPR TR 18-2, com a tensão máxima de 1,1 vez o valor da tensão da maior derivação entre terminais de média tensão (MT) acessíveis.

Nestas condições, o valor máximo da tensão de rádio interferência deve ser:

- 250  $\mu\text{v}$ , para a tensão máxima de 15 kV.
- 650  $\mu\text{v}$ , para a tensão máxima de 24,2 e 36,2 kV.

### 8.11 Capacidade de resistir a curtos-circuitos

Os transformadores de distribuição devem ser capazes de resistir, sem se danificarem, aos efeitos térmicos e dinâmicos, causados por curto-circuito nos seus terminais secundários, com tensão nominal nos terminais primários, sob as condições da ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5, limitados a corrente simétrica ao máximo de 25 (vinte e cinco) vezes a corrente nominal do transformador.

#### NOTA:

- XXIV. O fabricante deve enviar, para cada ensaio de curto-circuito, a memória de cálculo referente à máxima temperatura média atingida pelo enrolamento, após curto-circuito nas condições anteriormente estabelecidas.

### 8.12 Nível de ruído

Os transformadores de distribuição devem atender aos níveis máximos de ruído, conforme Tabela 8.

## 9 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

O projeto mecânico do transformador de potência deve, obrigatoriamente, atender os requisitos técnicos estabelecidos pela ABNT NBR 16126 ou norma internacional compatível.

A entrada e saída dos cabos, tanto de média tensão (MT), quanto de baixa tensão (BT), deve ser pela parte inferior dos transformadores de distribuição.

### 9.1 Materiais isolantes



O líquido isolante deve ser óleo vegetal isolante (OVI) e ter especificação mínima conforme ABNT NBR 15422 ou IEC 62770, devendo apresentar as seguintes características:

- a) Classificado como fluido de alto ponto de combustão (classe K) conforme a ABNT NBR 13231 ou IEEE 979, ou seja, deve apresentar ponto de combustão acima de 300 °C;
- b) Óleos vegetais isolantes (éster natural) são provenientes de fontes renováveis, e ensaios específicos devem ser realizados para demonstrar sua fácil biodegradabilidade.

Os materiais isolantes dos transformadores de distribuição devem ser, no mínimo, de classe térmica 105 °C (designação A), conforme ABNT NBR IEC 60085 ou IEC 60085. Quando o transformador for projetado para elevações de temperatura mais altas, conforme previsto no item 8.7 e Tabela 5, devem ser utilizados materiais compatíveis com a alternativa selecionada.

## 9.2 Resfriamento

Os transformadores de distribuição devem ser resfriamento em um sistema tipo kNAN (Óleo natural, ar natural).

## 9.3 Estrutura do transformador

Não é permitida a instalação de conservador de líquido isolante no transformador e abertura para inspeção.

### 9.3.1 Tanque do transformador e respectiva tampa

O transformador deve ser projetado e construído para operar hermeticamente selado, devendo suportar variações de pressão interna, bem como o seu próprio peso, quando levantado.

A chapa do tanque e tampa do transformador de distribuição devem ser em chapas de aço, laminadas a quente, conforme ABNT NBR 6648, ABNT NBR 6649, ABNT NBR

6650 e ABNT NBR 11888, com espessura mínima conforme Tabela 9, devendo suportar a pressão manométrica de 69 kPa (0,7 kgf/cm<sup>2</sup>), durante 1,0 (uma) hora.

A tampa do transformador deve ser fixada por intermédio de parafusos e presilhas que garantam a estanqueidade e devem ser providas de sistema de proteção dos parafusos, que só permita a abertura da tampa do tanque, após a abertura das portas do gabinete pedestal, a fim de permitir acesso à parte ativa.

**NOTA:**

**XXV. Não será permitido, em hipótese alguma, o uso de solda como meio de fechamento da tampa do transformador.**

A borda do tanque do transformador deve ser adequada para permitir o correto alojamento das juntas, de modo a evitar seu deslizamento.

Deverá ser gravado, em baixo relevo, o número de série nas seguintes partes do transformador:

- a) No tanque, logo acima da placa de identificação;
- b) Na tampa;
- c) Gabinete pedestal.

### 9.3.2 Radiadores

Os radiadores devem ser do tipo aletados ou radiadores tubulares, fixados ao tanque, através de solda e devem ser confeccionados em:

- Chapas de 1,2 mm de espessura, no mínimo, conforme a ABNT NBR 5915-1; ou
- Tubos de 1,5 mm de espessura, no mínimo, conforme a ABNT NBR 5590.

Quando necessário, devem ser providos de reforços estruturais verticais e/ou horizontais.

**NOTA:**

XXVI. Não serão aceitos transformadores de distribuição com painel corrugado utilizados como radiador.

### 9.3.3 Alças de suspensão ou orelhas de suspensão

Os transformadores de distribuição devem possuir, no mínimo, 4 (quatro) alças de suspensão, de maneira que material de içamento 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.

### 9.3.4 Fixação e suspensão da parte ativa

A parte ativa deve ser fixada nas paredes internas do tanque através de dispositivos laterais que não dificultem sua retirada e sua recolocação no tanque. Devem também permitir a retirada da tampa sem necessidade de remoção da parte ativa.

A fixação deve ser obtida por meio de parafusos ou tirantes rosqueados, equipados com porca e contraporca ou porca, arruela de pressão e arruela lisa. As arruelas podem ser substituídas por travamento químico. Os parafusos ou tirantes não devem ser puncionados na rosca.

Os olhais para suspensão da parte ativa devem ser em número de dois ou mais, com diâmetro mínimo de 20 mm e estar localizados na parte superior do núcleo, de modo a manter o conjunto na vertical e a não danificar as chapas de aço silício durante a suspensão. É permitido que o olhal de suspensão seja o mesmo para fixação da parte ativa ao tanque desde que não haja interferência entre as funções.

### 9.3.5 Dispositivo para fixação em pedestal

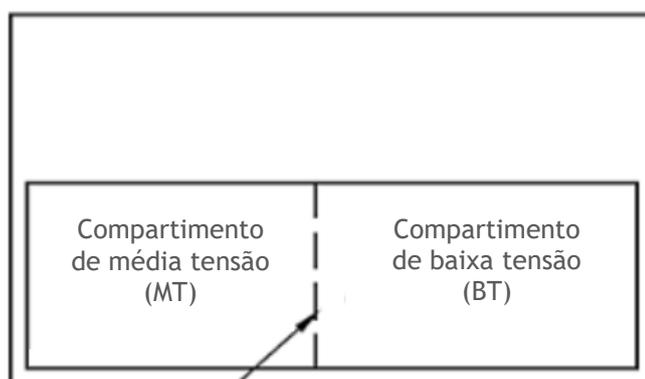
O transformador de distribuição deve possuir, no mínimo, 4 (quatro) dispositivos de fixação, na parte inferior do transformador, localizados internamente nos compartimentos dos terminais, que permita a sua fixação na câmara-base de concreto, por intermédio de parafusos.

A base deve estar elevada o suficiente para impedir a ação de corrosão devida à umidade do solo e o fabricante deve fornecer uma junta de dilatação em borracha (EPDM, Neoprene e nitrílica), com espessura mínima de 10 mm, para instalar entre o transformador e a câmara-base de concreto.

### 9.3.6 Gabinete pedestal

O transformador de distribuição deve possuir um gabinete metálico, tipo pedestal (pad-mounted), para proteção dos terminais, cabos e demais instrumentos, na parte frontal do transformador, confeccionado em chapas de aço, laminadas a quente, conforme ABNT NBR 6648, ABNT NBR 6649, ABNT NBR 6650 e ABNT NBR 11888, com espessura mínima, conforme Tabela 9.

O gabinete, olhando pela vista superior, deve ser dividido em 2 (dois) compartimentos. O compartimento de média tensão (MT) deve estar localizado à esquerda e o compartimento de baixa tensão (BT) localizado à direita, conforme Figura 3.



Barreira rígida entre os compartimentos

*Figura 3 - Posicionamento dos compartimentos dos terminais*

Os compartimentos devem ser construídos de maneira a não possuir aberturas que permitam a introdução de objetos tais como fios ou fitas, e devem possuir graus de proteção mínima de:

- IP 54, conforme ABNT NBR IEC 60529 ou IEC 60529;

- IK-08, conforme ABNT NBR IEC 62262 ou IEC 62262.

Os compartimentos, de média tensão (MT) e baixa tensão (BT), devem ser separados por barreira (divisória) metálica rígida, do tipo removível, dimensionada de maneira a limitar as distâncias livres entre a mesma e os demais componentes (teto e portas do compartimento, tanque, base do transformador) em 25 mm.

Os compartimentos devem possuir fundo falso por onde devem passar os cabos de entrada e de saída destinados à ligação do transformador.

Os compartimentos devem ter portas de acesso independentes, entretanto, o acesso ao compartimento de média tensão (MT) somente pode ser feita posteriormente à abertura da porta do compartimento de baixa tensão (BT), através da remoção de um ou mais dispositivos de travamento.

As portas do compartimento devem possuir:

- Dobradiças embutidas, que somente permitam a remoção das portas, quando as mesmas estiverem abertas e ter abertura mínima de 90°, com sistema de travamento;
- Aterramento através de cordoalhas de cobre estanhadas, de maneira que possam ser removidas quando as referidas portas forem retiradas;
- Dispositivos de fechamento equipados com fechaduras tipo cremona com maçaneta e trava para cadeado.

### 9.3.7 Soldas

As soldas executadas na confecção do tanque, tampa e radiadores e demais partes dos transformadores devem ser executadas de modo contínuo e de ambos os lados, interno e externo, de modo a garantir a estanqueidade e as características mecânicas para transporte e operação e seguir as recomendações da AWS D1.1.

As soldas devem ser isentas de porosidade, rachaduras e devem assegurar boa penetração e cobertura nas junções.



As soldas devem ser feitas por soldadores qualificados e aprovados por entidades oficiais em testes de qualificação de acordo com ABNT NBR 10474, ABNT NBR 14842 e AWS B3.0, às expensas do fornecedor.

**NOTA:**

**XXVII. Quando requerido, certificados de qualificação dos soldadores devem ser disponibilizados para avaliação pela Energisa.**

## 9.4 Buchas isolante e terminais de ligação

As buchas isolantes e terminais de ligação, primárias e secundárias, devem ser localizadas conforme Desenho 1 e devem ser desmontáveis somente pela parte interna do transformador.

Os terminais de ligação secundário e o terminal de neutro, devem ser fornecidos com parafusos, arruelas e porcas, em quantidade adequada ao tipo de terminal, sendo:

- Parafusos de cabeça sextavada, tipo M12, com rosca 1,75 e comprimento de 40 mm, em liga de cobre;
- Porcas e arruelas de pressão, compatíveis com os parafusos, em liga de cobre;
- Arruelas de pressão, compatíveis com os parafusos, devem ser de aço inoxidável.

**NOTA:**

**XXVIII. Outros tipos de materiais podem ser aceitos pela Energisa, desde que aprovados previamente.**

Os terminais de ligação e parafusos sextavados devem suportar, sem avarias na rosca ou ruptura de qualquer parte dos componentes, as torções mínimas indicadas na Tabela 12



Nos projetos dos transformadores deve ser previsto reforço estrutural para sustentação dos terminais de ligação de baixa tensão, a fim de evitar danos aos mesmos quando da instalação dos condutores de baixa tensão (BT).

#### 9.4.1 Buchas isolante e terminais primários

As buchas isolantes primárias devem ser do tipo cavidade para inserção (poço), próprias para o uso de para-raios e terminais desconectáveis modelo cotovelo (TDC), de classe de tensão adequada, do tipo “load break”, com dispositivo para instalação dos grampos de fixação dos TDC, conforme IEEE 386 e Desenho 3, com corrente nominal de:

- 15,0 kV e 24,2 kV: 200 ampères (A);
- 34,5 kV: 600 ampères (A).

O poço de inserção deve ter dispositivo para fixação dos grampos dos terminais “dead break”.

#### NOTAS:

- XXIX. As buchas isolantes tipo poço, fornecida nos transformadores de distribuição, devem ser providas, obrigatoriamente, das suas respectivas coberturas protetoras;
- XXX. As buchas primárias devem ser intercambiáveis, mesmo sendo fornecidas por fabricante diferentes.

#### 9.4.2 Bucha isolante e terminal secundário

Os invólucros isolantes das buchas secundárias devem ser confeccionados em porcelana vitrificada ou de material polimérico de alto desempenho, nas cores:

- Marrom, notação Munsell 5,0 YR 3,0/3,0 ou notação RAL 8016; ou
- Cinza-claro, notação Munsell 5BG 7.0/0.4 ou notação RAL 7047.

As características compatíveis dos invólucros devem estar em conformidade com ABNT NBR 5034 e ABNT NBR 16856, com níveis de isolamento e distâncias de escoamento em conformidade com a Tabela 10.

Os terminais de ligação secundários devem ser do tipo bandeira (SPADE), com 2 ou 4 furos, no padrão tipo NEMA, conforme ABNT NBR 16856, confeccionados em ligas de cobre ou cobre eletrolítico, revestido por imersão a quente, em:

- Estanho: 8,0  $\mu\text{m}$  para qualquer amostra e de 12  $\mu\text{m}$  para a média das amostras;
- Prata: 2,0  $\mu\text{m}$ .

E devem possuir condutividade mínima 25 % IACS a 20 °C, não pode haver soldas ou emendas nos terminais.

## 9.5 Dispositivo de aterramento

Os transformadores de distribuição devem possuir, parte exterior do tanque, próximo à base, 2 (dois) dispositivos, de material não ferroso ou inoxidável, 1 (um) no compartimento de média tensão (MT) e outro no compartimento de baixa tensão (BT), que permitam fácil ligação a terra, conforme Desenho 5.

## 9.6 Juntas de vedação

As juntas de vedação dos transformadores de distribuição devem ser em elastômeros tipo nitrílica, fluorelastômero e/ou fluorsilicone e atender os seguintes requisitos mínimos:

- a) Classe térmica: Topo do líquido isolante, conforme Tabela 5, acrescido de 40 °C;
- b) Densidade: 1,15 g/cm<sup>3</sup> a 1,30 g/cm<sup>3</sup>;
- c) Dureza Shore A: 65 ( $\pm$  5,0);
- d) Tensão de ruptura (mín.):

- Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 10 MPa;
- Elastômero fluorsilicone: 2,5 MPa.

e) Alongamento (mín.):

- Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 300 %;
- Elastômero fluorsilicone: 150 %.

Os elastômeros nitrílicos devem apresentar alto teor de acrilonitrila, ou seja, teor  $\geq$  37 %.

## 9.7 Placa de identificação

Os transformadores de distribuição devem possuir placa de identificação fixada no tanque, de modo a permitir a leitura de suas características técnicas e construtivas, deve ser localizada, conforme Desenho 1.

A placa de identificação deve possuir dimensões e formato A6 (105 mm x 148 mm), conforme Desenho 12 e ser confeccionada em:

- Aço inoxidável com espessura de 0,5 mm;
- Alumínio anodizado com espessura de 0,8 mm.

A fixação da placa de identificação deve ser por intermédio de rebites de material resistente à corrosão, em suporte com base que impeça a sua deformação.

### NOTA:

XXXI. Outros modelos de placa são permitidos, desde que possuam aprovação previa pela Energisa.

A placa de identificação deve conter, no mínimo, as informações listadas a seguir, que devem ser gravadas de forma legível e indelével:

- a) A expressão “TRANSFORMADOR PEDESTAL”;

- 
- b) Nome do fabricante e local de fabricação;
  - c) Número de série de fabricação;
  - d) Mês e ano de fabricação (MM/AAAA);
  - e) Tipo (segundo a classificação do fabricante);
  - f) Número de fases;
  - g) Potência nominal, em quilovolts-ampère (kVA);
  - h) Impedância de curto-circuito, em porcentagem (%);
  - i) Tensões nominais de média tensão, em quilovolts (kV);
  - j) Tensão nominal de baixa tensão, em volt (V);
  - k) Diagrama de ligação dos enrolamentos;
  - l) Número da placa de identificação;
  - m) Elevação de temperatura óleo/enrolamento, em graus centigrado (°C);
  - n) Material dos enrolamentos MT/BT (por exemplo: Al/Cu);
  - o) Nível de eficiência (A, B, C ou D);
  - p) Tipo do líquido isolante;
  - q) Volume total do líquido isolante do transformador, em litros (l);
  - r) Massa total do transformador, em quilogramas (kg).
  - s) Corrente nominal dos fusíveis tipo baioneta (Bay-O-Net), em ampères (A);
  - t) QR-CODE, conforme Tabela 13;
  - u) Constar informação: “Produto isento de PCB”.

**NOTA:**

XXXII. Até 01/06/2024, a placa de identificação pode possuir etiqueta indelével, do tipo autocolante, com código de barras 2D (QR CODE). A partir da data indicada, o QR-CODE deve ser gravado diretamente na placa de identificação.

## 9.8 Dispositivo de alívio de pressão (DAP)

O dispositivo deve ser posicionado também de forma a atender às seguintes condições:

- a) Não ficar exposto a danos quando dos processos de içamento, carga e descarga do transformador;
- b) Ser direcionado para o lado posterior ao compartimento de terminais.

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

- Pressão de alívio: 69 kPa (0,70 kgf/cm<sup>2</sup>) ± 20 %;
- Pressão de selamento mínima: 42 kPa (0,42 kgf/cm<sup>2</sup>);
- Taxa de vazão: 16,5L/s (35 pés cúbicos por minuto), a 101 kPa (1,01 kgf/cm<sup>2</sup>) e a 21 °C.

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

- Orifício de admissão: 6,4 mm (1/4") - 18 NPT;
- Corpo hexagonal de latão de 16 mm, dimensionado para suportar uma força longitudinal de 45 kgf;
- 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;

- Anel externo de material não oxidável, com diâmetro interno mínimo de 21 milímetros, para acionamento manual, dimensionado para suportar uma força mínima de puxamento de 11 kgf, sem deformação;
- Anéis de vedação e gaxetas internas compatíveis com a classe de temperatura do material isolante do transformador;
- Partes externas resistentes à umidade e à corrosão.

O dispositivo de alívio deve estar posicionado na horizontal, na tampa do transformador de distribuição com adaptador, observada a condição de carga máxima de emergência do transformador de 200 % e não pode, em nenhuma hipótese, dar vazão ao óleo expandido.

Para orientação sobre a dispositivo de alívio de pressão, consultar o Desenho 11.

## 9.9 Fixações externas (ferragens)

As fixações externas confeccionadas em aço-carbono (porcas, arruelas, parafusos e grampos de fixação) devem ser revestidas de zinco por imersão a quente, conforme a ABNT NBR 6323 ou ASTM A153/A153M.

O zinco deve ser do tipo comum, cuja composição química compatível com ISO 752 ou ASTM B6.

Os revestimentos das peças zincadas devem estar:

- Transformadores para ambientes não-agressivos: Em conformidade com ABNT NBR 7095;
- Transformadores para ambientes agressivos: Com espessura mínima de 54 µm e massa mínima de 380 g/m<sup>2</sup>, tanto individualmente quanto na média.

### NOTAS:

XXXIII. São considerados áreas de ambiente agressivos, as áreas litorâneas de Sergipe e Paraíba, conforme NDU-027;

XXXIV. É permitida a utilização de processos de proteção anticorrosivos alternativos à zincagem por imersão a quente, mediante aprovação prévia da Energisa. Entretanto não ser admitindo, em hipótese alguma, o processo de galvanização eletrolítica.

## 9.10 Massa do transformador

A massa total do transformador de distribuição não deverá ultrapassar 5.500 (cinco mil e quinhentos) quilogramas.

### NOTA:

XXXV. Em equipamento que ultrapasse o valor acima, a Energisa deverá ser comunicada no momento do transporte.

## 10 ACESSÓRIOS

Todos os acessórios do transformador devem ser possuir:

- Grau de proteção mínimo IP-68, conforme ABNT NBR IEC 60529 ou IEC 60529;
- Opera em temperatura entre: - 25 °C e + 115 °C;
- Suportar as pressões positivas e negativas do transformador;
- Ter compatibilidade com o líquido isolante.

### 10.1 Bujão para enchimento

O transformador de distribuição deve ser provido de bujão de enchimento, para ligação ao filtro-prensa e para enchimento do óleo isolante, instalado na tampa do transformador e ser confeccionado conforme a Desenho 6.

### 10.2 Chave seccionadora tripolar de abertura em carga

Os transformadores de distribuição devem ser equipados com uma chave seccionadora, tripolar, de abertura sob carga, com interrupção em líquido isolante, de operação por intermédio de bastão de manobra, compatível com IEEE C37.74.

O dispositivo deve ser instalado na parte interna do compartimento de média tensão (MT), corrente nominal mínima, compatível com a potência do transformador e corrente momentânea 10 kA, em 2,0 segundos.

### 10.3 Indicador externo de nível do líquido isolante

Os transformadores de distribuição devem possuir, no compartimento de baixa tensão (BT), 1,0 (um) indicador de nível de líquido isolante, com referência para os níveis de líquido isolante: mínimo, máximo e 25 °C, conforme Desenho 10.

**NOTA:**

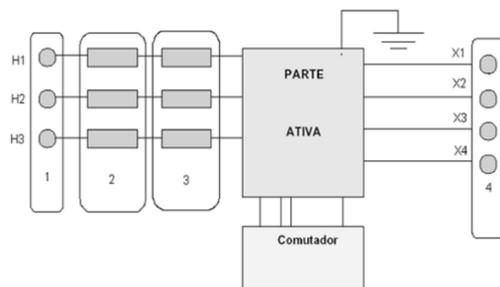
XXXVI. Alternativamente, pode ser utilizados nível de líquido isolante do tipo magnético.

### 10.4 Válvula para drenagem e retirada de amostra do óleo

Os transformadores de distribuição devem possuir válvula de drenagem do óleo, provida de bujão, localizada na parte inferior do tanque, conforme Desenho 1.

### 10.5 Proteção contra sobrecorrente

Os fusíveis de expulsão e limitadores de corrente devem ser instalados em série, entre as bobinas e as buchas de média tensão (MT), conforme diagrama abaixo.



*Diagrama 1 - Instalação dos dispositivos de proteção*

Onde:

1 - Buchas primárias

3 - Fusíveis limitadores

2 - Fusíveis de expulsão

4 - Buchas secundárias

### 10.5.1 Fusíveis de expulsão e baionetas

Os transformadores de distribuição devem ser do tipo auto protegido no primário, devendo permitir uma sobrecarga de 50 % no transformador. Esta proteção, contra defeitos internos no transformador, deve ser por intermédio de fusíveis tipo expulsão, imersos em líquido isolante, instalados em base do tipo baioneta (Bay-O-Net), conforme Desenho 9, em série com fusíveis limitadores de corrente.

As baionetas (Bay-O-Net) deverão ser instaladas em posição inclinada, de maneira a permitir a rápida substituição dos fusíveis, com acesso pelo compartimento de média tensão (MT). As suas extremidades deverão ficar em posição superior ao nível máximo do óleo com os elementos fusíveis totalmente imersos nele e devem ser compatíveis com as do transformador e dos fusíveis de expulsão e ter uma capacidade de interrupção de mínima 8,0 kA.

Os fusíveis de expulsão devem ser do tipo “Dual Current” e possuir curvas características “tempo x corrente” tais que possibilitem a coordenação com a proteção de retaguarda, devendo atuar para curtos-circuitos de média intensidade de corrente. Defeitos que impliquem em altas correntes devem ser isolados pelos fusíveis limitadores de corrente instalados internamente ao tanque.

As baionetas (Bay-O-Net) devem ter um sistema de travamento do fusível de modo a impedir a retirada ou expulsão acidental dele e ser numerados F1, F2 e F3, para as fases A, B e C, respectivamente.

### 10.5.2 Fusíveis limitadores de corrente

Os fusíveis limitadores de corrente deverão operar imersos em óleo isolante e serem instalados em base apropriada, que necessitam da abertura do tanque para ser



substituídos, implicando na retirada do transformador de serviço para que seja testado e então trocados os fusíveis.

Os fusíveis limitadores de corrente não devem operar para defeitos externos ao transformador (curtos nos circuitos secundários). A operação na condição externa cabe apenas aos de expulsão.

Na análise do protótipo devem ser fornecidas as seguintes curvas dos fusíveis limitadores de corrente:

- Mínimo tempo de fusão;
- Máximo tempo de interrupção;
- Máxima corrente através dos fusíveis;
- Máxima corrente “Let Thru”.

O fabricante deve fornecer as curvas tempo x corrente dos fusíveis limitadores de corrente e expulsão.

## 10.6 Termômetro do óleo

Os transformadores de distribuição devem ser providos de termômetro indicador da temperatura do óleo isolante, sem contatos, com faixa vermelha indicativa de temperatura acima do normal, provido de ponteiro de arraste indicativo da máxima temperatura atingida e escala graduada de 0 a 120 °C, em intervalos de, no máximo, 5,0 °C.

## 10.7 Placas de advertência

Os transformadores de distribuição devem possuir placas de advertência, interna e externa, conforme modelos indicados nos Desenhos 11 e 12 e deve ser localizada, conforme Desenho 1.

Estas placas deverão ter gravação nas cores preta e fundo na cor natural do material, confeccionadas em alumínio anodizado ou aço inoxidável, com espessura de 0,8 mm.



A fixação da placa de identificação deve ser por intermédio de rebites de material resistente à corrosão, em suporte com base que impeça a sua deformação.

## 11 PARTE ATIVA

### 11.1 Núcleo

O núcleo deve ser projetado e construído de modo a permitir o seu reaproveitamento em caso de manutenções, sem a necessidade de empregar máquinas ou ferramentas especiais.

O núcleo deve ser construído de:

- Chapas de aço silício de grão orientado, conforme a IEC 60404-8-7 ou ASTM A876/A876M;
- Metal amorfo, conforme as ASTM A900/A900M e ASTM A901.

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.

O núcleo e suas ferragens de fixação devem ser aterrados, por meio de um único ponto, à massa do transformador.

Quando aplicável, os tirantes que atravessam as lâminas do núcleo devem ser isolados dessas lâminas e aterrados.

Todas as porcas dos parafusos utilizados na construção do núcleo devem ser providas de travamento mecânico ou químico.

### 11.2 Enrolamento

Os enrolamentos devem ser construídos em cobre ou alumínio e projetados de forma a obter alto grau de resistência à umidade e suportar, sem danos, os esforços



mecânicos, efeitos térmicos e dinâmicos provenientes de correntes de curto-circuito externos, quando o transformador for ensaiado conforme a ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5.

**NOTA:**

**XXXVII. Não serão aceitos transformadores com enrolamentos confeccionados a partir de materiais provenientes de reciclagem.**

O acabamento das bobinas deve ser liso, uniforme, sem cantos vivos e arestas cortantes.

Os materiais isolantes empregados deverão:

- a) Conter agentes químicos antidegradantes, de maneira a assegurar a não propagação e auto extinção de chama, além da não liberação de gases tóxicos;
- b) Ser compatíveis entre si e não devem afetar nem serem afetados pelo óleo isolante;
- c) Não sofrer deterioração indevida, quando submetidos à temperatura resultante da operação do equipamento em regime contínuo de carga, necessária a uma elevação de temperatura que atinja os limites estabelecidos no item 8.7;
- d) Ser usado papel termo estabilizado neutro sem impregnação ou parcialmente impregnado com epóxi de tal forma a permitir a impregnação do papel com o óleo isolante do transformador.

### 11.3 Sistema de comutação sem tensão (CST)

O transformador de distribuição deve ter um sistema de comutação de tensões, conforme ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1, com as seguintes características:

- a) Ser projetado operarem imersos em líquido isolante e operação sem tensão;

- b) Ser de classe I e ter isolamento adequada ao nível de tensão do transformador de distribuição a ser aplicado;
- c) Ser do tipo linear ou rotativo, com acionamento rotativo, com mudança simultânea nas fases, para operações sem tensão, com comando único de acionamento;
- d) Permitir as condições de carregamento em emergência do transformador de acordo com a ABNT NBR 5356-7 ou IEC 60076-7.

A tampa de proteção do acionamento do comutador deve ter dispositivo antiqueda, ser de aço inoxidável ou alumínio anodizado e resistente às solicitações mecânicas inerentes às operações de retirada e fixação da mesma.

**NOTA:**

**XXXVIII. A tampa não pode quebrar ou sofrer danos que impeçam sua correta fixação e proteção do comutador.**

As posições do sistema de comutação devem ser marcadas em baixo relevo e pintadas com tinta indelével, em cor contrastante com a do comutador. Deve possuir um sistema de travamento em qualquer posição e a indicação da derivação deve ser visível e com caracteres com altura mínima de 7,0 mm.

No acionamento do comutador, deve ser indicado, de forma indelével, que o comutador deve ser operado somente sem tensão. Adicionalmente, deve ser indicado, próximo ao acionamento do comutador, de forma visível e indelével, os dizeres “OPERAR SEM TENSÃO”, com as letras pintadas na cor vermelha, notação Munsell 5 R 4/14.

Os componentes metálicos do comutador de derivações como cupilhas e pinos devem ser de aço inoxidável ou material não ferroso.

O acionamento do comutador deve ser instalado no compartimento de média tensão (MT) do transformador de distribuição, e que não influa nas características elétricas do transformador.

## NOTA:

XXXIX. Não sendo aceitos acionamento do comutador na instalados na tampa do transformador.

## 12 PINTURA E MARCAÇÕES

### 12.1 Condições gerais

O esquema de pintura das superfícies metálicas do transformador de distribuição deve seguir os procedimentos abaixo:

- a) A pintura deve ser aplicada somente após a preparação da superfície, devendo ser utilizado o método de esguicho (“flooding”);
- b) A medida de espessura da película seca não deve contemplar a rugosidade da chapa, isto é, a espessura deve ser medida acima dos picos;
- c) O desengraxe das superfícies deve ser realizado com o uso de solventes, conforme SSPC-SP 1.

## NOTAS:

- XL. O fabricante pode apresentar, como alternativa, outro processo de pintura, desde que este, tenha garantia mínima de 10 (dez) anos contra corrosão em ambiente tipo “industrial”, com nível de poluição “pesado”, conforme ABNT IEC TS 60815-1 ou IEC TS 60815-1. Para isso, deve também detalhar na proposta os materiais utilizados, processos, ensaios, normas e o tempo de garantia;
- XLI. Alternativamente, as tintas mencionadas podem ser substituídas por processo de pintura eletrostático.

### 12.2 Acabamento interno

No acabamento interno do tanque do transformador de distribuição, devem ser observados os seguintes requisitos:

- 
- a) As impurezas devem ser totalmente removidas por processo adequado, imediatamente após a fabricação do tanque;
  - b) Deve ser aplicada base antiferruginosa, branco, notação Munsell N 9,5, que não afete nem seja afetada pelo líquido isolante;
  - c) Espessura seca total mínima de 30  $\mu\text{m}$ .

Os transformadores de distribuição devem ter um traço demarcatório indelével indicando o nível do líquido isolante a 25 °C, pintado em cor contrastante com o acabamento interno do tanque, do mesmo lado do suporte para fixação no poste, de maneira que seja bem visível, retirando-se a tampa do tanque.

### 12.3 Acabamento externo

No acabamento externo do tanque e gabinete pedestal do transformador de distribuição, devem ser observados os seguintes requisitos:

- a) As impurezas devem ser removidas por processo químico, conforme ABNT NBR 15158 ou ISO 8501-4, e/ou jateamento abrasivo seco ao metal, padrão visual Sa 2.1/2, conforme ABNT NBR 7348 ou ISO 8501-1, logo após a fabricação do tanque;
- b) Em seguida, aplica-se 1ª demão de base tinta de fundo epóxi rica em zinco, curada com poliamida, conforme padrão Petrobras N-1277, com espessura seca (demão) de 80 a 100  $\mu\text{m}$ ;
- c) Aplica-se 2ª demão, de tinta epóxi poliamida de alta espessura e elevado teor de sólidos, conforme padrão Petrobras N-2628, com espessura seca (demão) de 100  $\mu\text{m}$ ;
- d) Aplica-se 3ª demão, de tinta de poliuretano acrílico alifático, conforme padrão Petrobras N-2677, com espessura seca (demão) de 45  $\mu\text{m}$ ;

- e) Por fim, 4ª demão, de tinta de poliuretano acrílico alifático, conforme padrão Petrobras N-2677, com espessura seca (demão) de 45 µm, na cor verde, notação Munsell 2,5G 3/4;
- f) Espessura seca total mínima de 270 µm.

## 12.4 Marcações

### 12.4.1 Marcação internas

A marcação na parte interna do gabinete pedestal deve ser feitas por meio de tinta cor amarelo (Petrobrás), notação Munsell 2,5Y8/12, ter altura dos caracteres não inferior a 30 mm e nas posições indicadas.

Os terminais dos enrolamentos e respectivas ligações devem ser claramente identificados por meio de marcação constituída por algarismos e letras, as quais devem ser fielmente reproduzidas no diagrama de ligações:

- a) Compartimento de média tensão (MT):
  - Terminais primários (MT):
    - Anel: H1A, H1B, H2A, H2B, H3A e H3B;
    - Radial: H1A, H2A e H3A;
  - Baionetas: F1, F2 e F3;
  - Dizeres “OPERAR SEM TENSÃO”, próximo ao comutador, conforme especificado no item 13.3.
- b) Compartimento de baixa tensão (BT):
  - Terminais secundários (BT): X0, X1, X2 e X3;
  - Potência do transformador, em kVA.

### 12.4.2 Marcações externas



A marcação na parte interna do gabinete pedestal deve ser feitas por meio de tinta cor branca, notação Munsell N9.5, ter altura dos caracteres não inferior a 50 mm e devendo ser marcados:

- a) Tensão nominal, em kV;
- b) Potência do transformador, em kVA;
- c) Número de série;
- d) Número patrimonial (fornecido pela Energisa);
- e) Garantia do transformador;
- f) Nome “ENERGISA”.

## 12.5 Simbologia

Todos os transformadores de distribuição deverão ter símbolos, pintados na parte lateral, com tinta cor azul, notação Munsell 2,5PB4/10, representadas por:

- a) As letras “AL” dentro de um círculo, para transformador com enrolamento de alumínio, conforme Desenho 15;
- b) As letras “AM” dentro de um círculo, para transformador com núcleo em metal amorfo, conforme Desenho 16;
- c) As letras “V” dentro de um círculo, para transformador com óleo isolante vegetal, conforme Desenho 17.

## 13 INSPEÇÃO E ENSAIOS

### 13.1 Generalidades

- a) Os materiais devem ser submetidos a inspeção e ensaios em fábrica, de acordo com esta Especificação Técnica e com as normas nacionais e internacionais aplicáveis, na presença de inspetores credenciados pela Energisa, devendo a mesma deve ser comunicada pelo fornecedor das datas em que os lotes



estiverem prontos para inspeção final, completos com todos os acessórios, com antecedência de pelo menos:

- 30 (trinta) dias para fornecedor nacional; e
  - 60 (sessenta) dias para fornecedor internacional.
- b) A Energisa reserva-se ao direito de inspecionar e testar os materiais durante o período de fabricação, antes do embarque ou a qualquer tempo em que julgar necessário. O fabricante deverá proporcionar livre acesso do inspetor aos laboratórios e às instalações onde os materiais em questão estiverem sendo fabricados, fornecendo-lhe as informações solicitadas e realizando os ensaios necessários. O inspetor poderá exigir certificados de procedências de matérias-primas e componentes, além de fichas e relatórios internos de controle.
- c) O fornecedor deve apresentar, para aprovação da Energisa, o seu Plano de Inspeção e Testes (PIT), onde devem ser indicados os requisitos de controle de qualidade para utilização de matérias primas, componentes e acessórios de fornecimento de terceiros, assim como as normas técnicas empregadas na fabricação e inspeção dos equipamentos, bem como uma descrição sucinta do ensaio (constantes, métodos e instrumentos empregados e os valores esperados).
- d) O fornecedor deverá apresentar juntamente com o pedido de inspeção, a sequência de ensaios finais em fábrica, e o respectivo cronograma dia a dia dos ensaios.
- e) Os certificados de ensaio de tipo, previstos no item 13.2.1, para materiais de características similares ao especificado, porém aplicáveis, que podem ser aceitos desde que realizados em laboratórios reconhecidamente oficiais e com validade máxima de 5 (cinco) anos e que a Energisa considere que tais dados comprovem que os materiais propostos atendem ao especificado.



Os dados de ensaios devem ser completos, com todas as informações necessárias, tais como métodos, instrumentos e constantes usadas e indicar claramente as datas nas quais os mesmos foram executados. A decisão final, quanto à aceitação dos dados de ensaios de tipos existentes, será tomada posteriormente pela Energisa, em função da análise dos respectivos relatórios. A eventual dispensa destes ensaios somente terá validade por escrito.

- f) O fabricante deve dispor de pessoal e aparelhagem próprios ou contratados, necessários à execução dos ensaios. Em caso de contratação, deve haver aprovação prévia por parte da Energisa.
- g) O fabricante deve assegurar ao inspetor da Energisa o direito de familiarizar-se, em detalhes, com as instalações e equipamentos a serem utilizados, estudar todas as instruções e desenhos, verificar calibrações, presenciar ensaios, conferir resultados e, em caso de dúvida, efetuar novas inspeções e exigir a repetição de qualquer ensaio.
- h) Todos os instrumentos e aparelhos de medição, máquinas de ensaios etc., devem ter certificado de aferição emitido por instituições acreditadas pelo INMETRO ou órgão internacional compatível, válidos por um período de 24 (vinte e quatro) meses. Por ocasião da inspeção, devem estar ainda dentro deste período, podendo acarretar desqualificação do laboratório o não cumprimento dessa exigência.
- i) O fabricante deve disponibilizar para o inspetor da Energisa, no local da inspeção, todas as normas técnicas, nacionais e internacionais, em sua versão vigente, que serão utilizadas nos ensaios.
- j) A aceitação dos materiais e/ou a dispensa de execução de qualquer ensaio:
  - Não exime o fabricante da responsabilidade de fornecê-lo de acordo com os requisitos desta Especificação Técnica;
  - Não invalida qualquer reclamação posterior da Energisa a respeito da qualidade do material e/ou da fabricação.



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

- k) Após a inspeção dos materiais/equipamentos, o fabricante deverá encaminhar à Energisa, por meio digital, um relatório completo dos ensaios efetuados, devidamente assinada por ele e pelo inspetor credenciado pela Energisa.

Esse relatório deverá conter todas as informações necessárias para o seu completo entendimento, conforme descrito no item 13.4.

- l) Todas as unidades de produto rejeitadas, pertencentes a um lote aceito, devem ser substituídas por unidades novas e perfeitas, por conta do fabricante, sem ônus para a Energisa.
- m) Nenhuma modificação nos materiais deve ser feita “a posteriori” pelo fabricante sem a aprovação da Energisa. No caso de alguma alteração, o fabricante deve realizar todos os ensaios de tipo, na presença do inspetor da Energisa, sem qualquer custo adicional.
- n) Para efeito de inspeção, os materiais devem ser divididos em lotes, devendo os ensaios serem feitos na presença do inspetor credenciado pela Energisa.
- o) O custo dos ensaios deve ser por conta do fabricante.
- p) A Energisa reserva-se o direito de exigir a repetição de ensaios em equipamentos já aprovados. Neste caso, as despesas serão de responsabilidade da Energisa, se as unidades ensaiadas forem aprovadas na segunda inspeção, caso contrário correrão por conta do fabricante.
- q) A Energisa poderá, em qualquer ocasião, solicitar a execução dos ensaios de tipo para verificar se os materiais estão mantendo as características de projeto preestabelecidas por ocasião da aprovação dos protótipos.

r) Os custos da visita do inspetor da Energisa, tais como, locomoção, hospedagem, alimentação, homem-hora e administrativos, correrão por conta do fabricante se:

- Na data indicada na solicitação de inspeção, os materiais não estiverem prontos;
- O laboratório de ensaio não atender às exigências citadas nas alíneas f) a h);
- O material fornecido necessitar de acompanhamento de fabricação ou inspeção final em subfornecedor, contratado pelo fornecedor, em localidade diferente da sua sede;
- O material necessitar de reinspeção por motivo de recusa.

**NOTA:**

**XLII. Os fabricantes estrangeiros devem providenciar intérpretes da língua portuguesa para tratar com os representantes da Energisa, no local de inspeção, em qualquer época.**

## 13.2 Relação de ensaios

Todos os ensaios relacionados estão constando na Tabelas 15.

### 13.2.1 Ensaios de tipo (T)

Os ensaios de tipo (T) são constituídos dos ensaios relacionados abaixo:

- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 13.3.3;
- b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 13.3.4;
- c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 13.3.5;
- d) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 13.3.6;

- 
- e) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 13.3.7;
  - f) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 13.3.8;
  - g) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 13.3.9;
  - h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 13.3.10;
  - i) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 13.3.11;
  - j) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 13.3.12;
  - k) Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão, conforme item 13.3.13;
  - l) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 13.3.14;
  - m) Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI), conforme item 13.3.15;
  - n) Ensaio de nível de ruído, conforme item 13.3.16;
  - o) Ensaio do comutador, conforme item 13.3.17:
    - Ensaio de elevação de temperatura dos contatos;
    - Ensaio de corrente de curto-circuito;
    - Ensaio mecânicos;
    - Ensaio de tensão suportável à frequência industrial;
    - Ensaio de impulso atmosférico;
    - Intemperismo artificial;
    - Determinação das propriedades de impacto Charpy.
  - p) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão, conforme item 13.3.18:
    - Ensaio de resistência ao vácuo;

- Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão.
- q) Ensaio de verificação da pintura do transformador, conforme item 13.3.19:
- Ensaio de brilho;
  - Ensaio de impermeabilidade;
  - Ensaio de névoa salina;
  - Ensaio de resistência ao líquido isolante;
  - Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO<sub>2</sub>;
  - Ensaio de umidade.
- r) Ensaio físico-químico do líquido isolante, conforme ETU-189.2.

### 13.2.2 Ensaios de recebimento (RE)

São ensaios de recebimento (RE) são constituídos dos ensaios relacionados abaixo:

- a) Inspeção geral, conforme item 13.3.1.
- b) Verificação dimensional, conforme item 13.3.2;
- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 13.3.3;
- b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 13.3.4;
- c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 13.3.5;
- d) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 13.3.6;
- e) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 13.3.7;
- f) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 13.3.8;
- g) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 13.3.9;

- 
- h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 13.3.10;
  - i) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 13.3.11;
  - j) Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão, conforme item 13.3.13;
  - k) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 13.3.14;
  - l) Ensaio do comutador, conforme item 13.3.17:
    - Ensaio mecânicos;
    - Ensaio de sequência de operações.
  - m) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão, conforme item 13.3.18:
    - Ensaio de verificação da pressão de atuação.
  - n) Ensaio de verificação da pintura do transformador, conforme item 13.3.19:
    - Ensaio de aderência;
    - Ensaio de espessura.
  - o) Ensaio das juntas de vedação, conforme item 13.3.20;
  - p) Ensaio físico-químico do líquido isolante, conforme item 13.3.21;
  - q) Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco, conforme item 13.3.22;
  - r) Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação, conforme item 13.3.23;
  - s) Ensaio de verificação do torque nos terminais, conforme item 13.3.24.

### 13.2.3 Ensaio especiais (E)

São ensaios especiais (E) são constituídos dos ensaios relacionados abaixo:

- 
- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 13.3.3;
- b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 13.3.4;
- c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 13.3.5;
- d) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 13.3.6;
- e) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 13.3.7;
- f) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 13.3.8;
- g) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 13.3.9;
- h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 13.3.10;
- i) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 13.3.11;
- j) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 13.3.12;
- k) Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão, conforme item 13.3.13;
- l) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 13.3.14;
- m) Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI), conforme item 13.3.15;
- n) Ensaio de nível de ruído, conforme item 13.3.16;
- o) Ensaio do comutador, conforme item 13.3.17:
- Ensaio de elevação de temperatura dos contatos;
  - Ensaio de corrente de curto-circuito;
  - Ensaio mecânicos;
  - Ensaio de tensão suportável à frequência industrial;
  - Ensaio de impulso atmosférico;
  - Intemperismo artificial;

- 
- Determinação das propriedades de impacto Charpy;
  - Ensaio mecânicos;
  - Ensaio de sequência de operações.
- p) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão, conforme item 13.3.18:
- Ensaio de resistência ao vácuo;
  - Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão;
  - Ensaio de verificação da pressão de atuação.
- q) Ensaio das juntas de vedação, conforme item 13.3.20;
- r) Ensaio físico-químico do líquido isolante, conforme item 13.3.21;
- s) Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco, conforme item 13.3.22;
- t) Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação, conforme item 13.3.23;
- u) Ensaio de verificação do torque nos terminais, conforme item 13.3.24;
- v) Ensaio de medição da impedância de sequência zero, conforme item 13.3.25;
- w) Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT), conforme item 13.3.26;
- x) Ensaio de suportabilidade a curto-circuito, conforme item 13.3.27;
- y) Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação, conforme item 13.3.28;
- z) Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ( $\text{tg } \delta$ ) e capacitâncias, conforme item 13.3.29.

## 13.3 Descrição dos ensaios

### 13.3.1 Inspeção geral

O inspetor deverá efetuar uma inspeção geral verificando os seguintes itens:

- a) Presença de todos os acessórios e opcionais, conforme Ordem de Compra de Materiais (OCM);
- b) Acondicionamento e identificação das embalagens, conforme item 7.3;
- c) Etiqueta ENCE, conforme item 7.8.1;
- d) Etiqueta de identificação de Isento de PCB, conforme item 7.8.2;
- e) Pintura e marcações, conforme item 11 e Anexo 3;
- f) Placa de identificação, conforme item 9.7;

Constitui falha se amostra apresentar não-conformidade de qualquer um desses requisitos.

### 13.3.2 Verificação dimensional

O inspetor deverá efetuar inspeções de:

- As dimensões do equipamento e seus acessórios requeridos, conforme item 9 e Desenhos 1 e 2;
- Verificação dos terminais de ligação, conforme item 9.4;
- Verificação da massa dos transformadores para verificação da conformidade com a indicação constante da placa de identificação.

Constitui falha se amostra apresentar não conformidade de qualquer um desses requisitos.

**NOTA:**

XLIII. É aceitável uma variação máxima de 3,0 % entre a massa encontrada e a indicada na placa de identificação.

### 13.3.3 Ensaio de resistência dos enrolamentos

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Este ensaio não tem valores reprobatórios, servindo de referência para o ensaio de elevação de temperatura do transformador.

### 13.3.4 Ensaio de resistência de isolamento

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Este ensaio serve para avaliação preliminar na execução de ensaios dielétricos.

### 13.3.5 Ensaio de relação de transformação

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos relação de transformação que não satisfaçam as tensões primárias e secundárias especificadas nas Tabelas 1 e 2.

### 13.3.6 Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Deslocamento angular: diferente de 30 °; e
- b) Sequência de fases: diferentes das marcações indicadas no transformador.

### 13.3.7 Ensaio de impedância de curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos superiores aos valores especificados pela Tabela 6.

### 13.3.8 Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos superiores aos valores especificados pela Tabela 6, observando as tolerâncias estabelecidas na Tabela 7.

### 13.3.9 Ensaio de corrente de excitação

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos superiores aos valores especificados pela Tabela 6.

### 13.3.10 Ensaio de tensão suportável à frequência industrial

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1 e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a algum componente do transformador.

### 13.3.11 Ensaio de tensão induzida de curta duração

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1 e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Nível de ruído ambiente não deve exceder 100 pC;
- b) Colapso da tensão de ensaio;
- c) Valor contínuo de carga aparente em  $U_2$ , durante o segundo período de 5 (cinco) minutos, exceder 300 pC em todos os terminais de medição;
- d) Nível de descargas parciais mostrar nenhuma tendência de crescimento contínuo;
- e) Nível de carga aparente não exceder 100 pC a  $1,1 U_m / \sqrt{3}$ .

### 13.3.12 Ensaio de impulso atmosférico

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60060-1 ou IEC 60060-1 e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha se a amostra apresentar diferenças significativas entre os transitórios de corrente e tensão registrados com impulso de valor reduzido e aqueles registrados com impulso pleno constitui evidência de que o isolamento suportou o ensaio.

### 13.3.13 Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1 e estar em conformidade com a ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de vazamento de pressão manométrica inferiores à 0,07 MPa (0,71 kgf/cm<sup>2</sup>).

### 13.3.14 Ensaio de elevação de temperatura

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-2 ou IEC 60076-2.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de elevações de temperatura superiores aos limites especificados no item 8.7.

### 13.3.15 Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI)

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da CISPR TR 18-2.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de tensão de rádio interferência superiores aos valores estabelecidos no item 8.11.

### 13.3.16 Ensaio de nível de ruído

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7277 ou IEC 60076-10.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de níveis de ruído superiores aos valores estabelecidos no item 8.12.

### 13.3.17 Ensaios do comutador sem tensão (CST)

#### 13.3.17.1 Ensaio de elevação de temperatura dos contatos

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha se a amostra apresentar limites de elevação de temperatura dos contatos para comutador de derivações desenergizado forem superiores a 20 °C.

#### 13.3.17.2 Ensaio de corrente de curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência danificação dos contatos, de forma a evitar a continuação da operação correta na máxima corrente passante nominal.

**NOTA:**

**XLIV. Outras partes pelas quais há passagem de corrente não podem mostrar sinais de distorção mecânica permanente.**

#### **13.3.17.3 Ensaios mecânicos**

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de falha ou desgaste indevido dos contatos ou peças mecânicas que possam levar a uma falha mecânica em operação contínua.

#### **13.3.17.4 Ensaio de tensão suportável à frequência industrial**

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a componente do comutador.

#### **13.3.17.5 Ensaio de impulso atmosférico**

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano a componente do comutador.

#### **13.3.17.6 Intemperismo artificial**

O ensaio é aplicável no material da parte externa do comutador, se não for metálico.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ISO 4892-1, com um tempo de exposição de 1.000 horas.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Trilhamento, erosão, fissuras ou rachaduras após o período de ensaio;

- b) Perda da resistência mecânica forem serem superiores que 50 %.

### 13.3.17.7 Ensaio de determinação das propriedades de impacto Charpy

O ensaio é aplicável no material da parte externa do comutador, se não for metálico.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ISO 179-1, com um tempo de exposição de 1.000 horas.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Trilhamento, erosão, fissuras ou rachaduras após o período de ensaio;
- b) Perda da resistência mecânica forem serem superiores que 50 %.

### 13.3.17.8 Ensaios mecânicos de recebimento

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de erro na operação mecânica do comutador.

#### NOTA:

**XLV. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.**

### 13.3.17.9 Ensaio de sequência de operações

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de erro na operação mecânica do comutador.

#### NOTA:

XLVI. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

### 13.3.18 Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP)

#### 13.3.18.1 Ensaio de resistência ao vácuo

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Falha ou desgaste indevido das peças mecânicas;
- b) Reprova no ensaio de verificação de atuação.

#### 13.3.18.2 Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão

O ensaio deve ser definido pelo fabricante do dispositivo de alívio de pressão.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de fechamento do dispositivo de alívio com pressão inferior a 50 % da pressão de abertura.

#### 13.3.18.3 Ensaio de verificação da pressão de atuação

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 16367-2.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência erro na atuação com o valor especificado.

#### NOTAS:

XLVII. A tolerância entre o valor especificado e o valor medido, não pode ultrapassar 5,0 kPa;

XLVIII. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

### 13.3.19 Ensaios para verificação da pintura do tanque

#### 13.3.19.1 Ensaio de aderência

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 11003 ou ISO 2409 ou ASTM D3359.

Constitui falha se a amostra não apresentar no mínimo, o grau de aderência:

- Método A:  $X_1Y_1$ ; ou
- Método B:  $Gr_1$ .

#### 13.3.19.2 Ensaio de brilho

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D523.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de brilho de inferior a 55 ou superior a 65.

#### 13.3.19.3 Ensaio de espessura

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 10443 ou ISO 19840.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de espessura inferiores aos especificados nos itens 11.2 e 11.3.

#### 13.3.19.4 Ensaio de impermeabilidade

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D870 e em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

- Bolhas, enchimentos, absorção de água;

- Manchas e/ou corrosão.

#### 13.3.19.5 Ensaio de névoa salina

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 17088 ou ASTM B117 e em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

- Empolamento ou defeitos similares;
- Penetração superior a 4,0 mm.

#### 13.3.19.6 Ensaio de resistência ao líquido isolante

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte interna do transformador.

O ensaio consiste em:

- Preparar um painel metálico, com dimensão de 150 por 150 mm, com esquema de pintura, conforme item 12.2;
- 24 horas após a secagem da pintura, o painel deve ser imergido em líquido isolante, conforme item 9.1, a temperatura de 110 °C ( $\pm 2,0$  °C), por período mínimo de 106 horas.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de alterações das características da pintura, machas na pintura, empolamentos ou defeitos similares.

#### 13.3.19.7 Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO<sub>2</sub>

Este ensaio é exclusivo para pintura da parte externa do transformador.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5440.



Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de apresentar bolhas, enchimentos, absorção de água, carregamento e não pode apresentar manchas e corrosão.

#### 13.3.19.8 Ensaio de umidade

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D1735 e em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de empolamentos ou defeitos similares.

#### 13.3.20 Ensaio das juntas de vedação

Para todos os ensaios relacionados às juntas de vedação serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 6,0 (seis) meses.

##### 13.3.20.1 Ensaio de identificação do material

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D3677.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de identificação que caracterize o material diferente do estabelecido no item 9.6.

##### 13.3.20.2 Ensaio de densidade

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D297.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de densidade inferiores à  $1,15 \text{ g/cm}^3$  ou superiores à  $1,30 \text{ g/cm}^3$ .

##### 13.3.20.3 Ensaio de dureza Shore A

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7318, ASTM D2240 ou ISO 7619-1.



Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de dureza inferiores à 60 DB ou superiores à 70 DB.

#### 13.3.20.4 Ensaio de cinza

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D297.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de cinza inferiores à 1,0 % ou superiores à 3,0 %.

#### 13.3.20.5 Ensaio de enxofre livre

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D1619.

Constitui falha se a amostra apresentar quaisquer valores medidos de enxofre livre.

#### 13.3.20.6 Ensaio de tensão de ruptura

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D412.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de tensão de ruptura inferiores à:

- a) Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 10 MPa;
- b) Elastômero fluorsilicone: 2,5 MPa.

#### 13.3.20.7 Ensaio de alongamento

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D412.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de alongamento inferiores à:

- a) Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 300 %;
- b) Elastômero fluorsilicone: 150 %.

#### 13.3.20.8 Ensaio de envelhecimento térmico



O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D573, à temperatura de 125 °C e por período de 70 horas.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Fissuras ou afloramento;
- b) Variação de dureza Shore A, superiores a 15 pontos;
- c) Variação de tensão de ruptura: diferença superior à - 25 %, quando comparado com antes do ensaio;
- d) Variação de alongamento: diferença superior a - 50 %, quando comparado com antes do ensaio.

#### 13.3.20.9 Ensaio de envelhecimento em líquido isolante

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 11407 ou ASTM D471, à temperatura de 125 °C e por período de 70 horas.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Fissuras;
- b) Variação de dureza Shore A, superiores a  $\pm 10$  pontos;
- c) Variação de tensão de ruptura: diferença superior à - 15 %, quando comparado com antes do ensaio;
- d) Variação de alongamento: diferença superior a - 30 %, quando comparado com antes do ensaio.

#### 13.3.20.10 Ensaio de deformação permanente a compressão

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D395, com compressão de 30 %, temperatura de 100 °C e por período de 22 horas.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

a) Fissuras;

b) Variação de deformação superiores à:

- Elastômero nitrílicos e fluorelastômero: 22 %;
- Elastômero fluorsilicone: 35 %.

#### 13.3.20.11 Ensaio de relaxamento de tensão por compressão

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D6147, por período de 168 horas a:

- Ar: 100 °C;
- Fluido isolante: 60 °C (no com 25 % de compressão).

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de variação superior à:

- a) Ar: 20 %;
- b) Fluido isolante: 15 %.

#### 13.3.20.12 Ensaio de resistência ao ozônio

Ensaio exclusivo para elastômeros de uso externo, em contato com o ar, ou de uso combinado, em contato com o ar e líquido isolante.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM D1171, à temperatura de 25 °C, 50 pphm de ozônio e por período de 70 horas.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de trincas ou fissuras.

#### 13.3.20.13 Ensaio de compatibilidade das juntas de vedação com líquido isolante

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 16431.

Constitui falha se amostra apresentar não-conformidade com os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 16431.

### 13.3.21 Ensaio físico-químico do líquido isolante

#### 13.3.21.1 Ensaio de aspecto visual

O ensaio consiste na verificação visual do líquido isolante.

Constitui falha se a amostra apresentar aspectos escuro e/ou com materiais em suspensão.

#### 13.3.21.2 Ensaio de cor

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 14483 ou ASTM D1500.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos da cor superiores a 1,0.

#### 13.3.21.3 Ensaio de fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 12133 ou ASTM D924, com temperaturas de 25° C e 100 °C.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de fator de perdas dielétricas superiores a:

- 25 °C: 0,5 %;
- 100 °C: 8,0 %.

#### 13.3.21.4 Ensaio de índice de neutralização

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 14248 ou ASTM D974.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de índice de neutralização superiores a 0,06 mgKOH/g.

#### 13.3.21.5 Ensaio de ponto de combustão

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 11341 ou ASTM D92.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de ponto de combustão inferiores a 300 °C.

#### 13.3.21.6 Ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de disco

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 6869 ou ASTM D877/D877M.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de rigidez dielétrica inferiores a 30 kV.

#### NOTA:

- XLIX. Alternativamente, podem ser executado o ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de calota, conforme ABNT NBR IEC 60156 ou IEC 60156, com resultados igual ou superior a 42 kV.

#### 13.3.21.7 Ensaio de teor de água

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 10710 (método B) ou ASTM D1533.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de teor de água superiores a 300 mg/kg.

#### 13.3.21.8 Ensaio de teor de bifenilas policloradas (PCB)

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 13882 ou IEC 61619.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de teor de PCB superiores a 2,0 mg/kg.

### 13.3.22 Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco

Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos subfornecedores dos materiais base, com prazo máximo de 12 (doze) meses, desde que comprovada no documento a rastreabilidade do lote.

#### 13.3.22.1 Ensaio de massa por unidade de área

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7397 ou ASTM A90/A90M.

Constitui falha se as amostras apresentarem valores medidos inferiores aos especificados no item 9.9.

#### 13.3.22.2 Ensaio de aderência da camada

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7398 ou ASTM B571.

Constitui falha se as amostras apresentarem valores medidos inferiores aos especificados no item 9.9.

#### 13.3.22.3 Ensaio de espessura da camada

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7399 ou ASTM E376.

Constitui falha se as amostras apresentarem valores medidos inferiores aos especificados no item 9.9.

#### 13.3.22.4 Ensaio de uniformidade da camada

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 7400 ou ASTM A239.

Constitui falha se as amostras apresentarem valores medidos inferiores aos especificados no item 9.9.

### 13.3.23 Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação

Este ensaio é aplicável exclusivamente aos terminais de ligação de baixa tensão (BT).

Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

#### 13.3.23.1 Camada de estanho

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM B545.

Constitui falha se amostra apresentar não-conformidade aos requisitos estabelecidos no item 9.4.

#### 13.3.23.2 Camada de prata

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ASTM B700.

Constitui falha se amostra apresentar não-conformidade aos requisitos estabelecidos no item 9.4.

### 13.3.24 Ensaio de torque dos parafusos dos terminais

Este ensaio é aplicável exclusivamente aos parafusos dos terminais de ligação.

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5370, submetidos aos valores especificados na Tabela 12.

Constitui falha se amostra apresentar ocorrência de quaisquer danos ou deformações permanentes nos parafusos, porcas ou componentes dos terminais ou dispositivo de aterramento.

#### NOTA:

- L. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

### 13.3.25 Ensaio de medição da impedância de sequência zero

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Este ensaio não apresenta requisitos reprobatórios. Os resultados devem ser relacionados nos relatórios.

### 13.3.26 Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT)

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-4 ou IEC 60076-4 e estar em conformidade com a ABNT NBR 5440.

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de descarga disruptiva ou qualquer dano à bucha de baixa tensão (BT) do transformador.

### 13.3.27 Ensaio de suportabilidade a curto-circuito

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-5 ou IEC 60076-5.

Constitui falha se a amostra não suportar aos esforços de curtos-circuitos inferiores a 25 (vinte e cinco) vezes a corrente nominal do transformador.

### 13.3.28 Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de distorção harmônica superiores a 5,0 %.

### 13.3.29 Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ( $\text{tg } \delta$ ) e capacitâncias

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 5356-1 ou IEC 60076-1.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de fator de potência do isolamento e capacitâncias inferiores à 2,5 kV.

### 13.4 Relatórios dos ensaios

Os relatórios dos ensaios devem ser em formulários com as indicações necessárias à sua perfeita compreensão e interpretação conforme indicado a seguir:

- a) Nome do ensaio;
- b) Nome e/ou marca comercial do fabricante;
- c) Identificação do laboratório de ensaio;
- d) Certificados de aferições dos aparelhos utilizados nos ensaios, com validade máxima de 24 (vinte e quatro) meses;
- e) Número da Ordem de Compra de Material (OCM);
- f) Tipo e quantidade de material do lote e tipo e quantidade ensaiada;
- g) Identificação completa do material ensaiado;
- h) Dia, mês e ano de fabricação (DD/MM/AAAA);
- i) Relação, descrição e resultado dos ensaios executados e respectivas normas utilizadas;
- j) Nome do inspetor e do responsável pelos ensaios;
- k) Instrumentos/equipamentos utilizados nos ensaios;
- l) Indicação de normas técnicas aplicáveis;
- m) Memórias de cálculo, com resultados e eventuais observações;

- n) Condições ambientes do local dos ensaios;
- o) Data de início e de término de cada ensaio;
- p) Nomes legíveis e assinaturas dos respectivos representantes do fabricante e do inspetor da Energisa e data de emissão do relatório.

Os materiais somente serão liberados pelo inspetor após ser entregue a ele uma via dos relatórios de ensaios.

## 14 PLANOS DE AMOSTRAGEM

### 14.1 Ensaios de tipo e especiais

O plano de amostragem para os ensaios de tipo e especiais deve seguir as orientações da IEEE C57.12.34. e demais normas indicadas.

Quando não indicada, deverá ser executado em 3 (três) amostras.

### 14.2 Ensaios de recebimento

#### 14.2.1 Inspeção geral e verificação dimensional

O plano de amostragem para o ensaio de inspeção geral e verificação dimensional deve seguir as orientações de 100 % (cem por cento) das amostras contidas na Ordem de Compra de Materiais (OCM) por Unidade de Negócio da Energisa.

#### 14.2.2 Ensaio físico-químico do líquido isolante

O plano de amostragem para os ensaios físico-químico do líquido isolante deve seguir as orientações da ABNT NBR 8840.

#### 14.2.3 Ensaio de elevação de temperatura

O plano de amostragem para os ensaios de aquecimento deve seguir as orientações de 2 (duas) amostras, por tipo de transformador (trifásico), nível de tensão (kV) e



potência nominal (kVA), contidas na Ordem de Compra de Materiais (OCM) por Unidade de Negócio da Energisa.

#### 14.2.4 Demais ensaios

O plano de amostragem para os ensaios de recebimento de um lote está estabelecido na Tabela 14 para o produto acabado.

Se o lote a ser fornecido for constituído por mais de 500 unidades, essa quantidade deve ser dividida em vários lotes com menor número, cada um deles contendo entre 90 e 280 unidades.

As amostras que tenham sido submetidos a ensaios de recebimento que possam ter afetado suas características elétricas e/ou mecânicas não devem ser utilizados em serviço.

## 15 ACEITAÇÃO E REJEIÇÕES

### 15.1 Ensaios de tipo e especiais

Os ensaios de tipo e especiais serão aceitos se todos os resultados forem satisfatórios.

Se ocorrer uma falha em um dos ensaios o fabricante pode apresentar nova amostra para ser ensaiada. Se esta amostra apresentar algum resultado insatisfatório, o material não será aceito.

### 15.2 Ensaios de recebimento

O lote inspecionado será aceito se:

- a) Nos ensaios de recebimento, os resultados dos ensaios estiverem com os critérios estabelecidos na Tabela 14;
- b) Os resultados dos ensaios de recebimento estiverem compatíveis com os correspondentes dos demais ensaios de tipo e com os valores garantidos pelo fabricante no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas.



Em um lote rejeitado no recebimento, será dado ao fornecedor o direito de ensaiar individualmente todos os equipamentos, eliminando os defeituosos e apresentar os demais para novos ensaios de recebimento na presença do inspetor, neste caso, a nova amostragem fica a critério da Energisa, para confirmar os resultados dos relatórios dos ensaios feitos pelo próprio fabricante.

Caso aprovado, as unidades defeituosas devem ser substituídas por novas. E em caso de nova reprova, o lote será recusado por completo.

A rejeição do lote, em virtude de falhas constatadas nos ensaios, não dispensa o fornecedor de cumprir as datas de entrega prometidas. Se a rejeição tornar impraticável a entrega do material nas datas previstas, ou se tornar evidente que o fornecedor não será capaz de satisfazer as exigências estabelecidas nesta Especificação, a Energisa se reserva o direito de rescindir todas as suas obrigações e de obter o material de outro fornecedor. Em tais casos, o fornecedor será considerado infrator do contrato e estará sujeito às penalidades aplicáveis.

**NOTA:**

- LI. Para unidades defeituosas que porventura possam ser recuperadas e/ou retrabalhadas, e que sejam aprovadas em todos os ensaios, podem ser encaminhados a Energisa para uso no Sistemas Elétricos de Potência (SEP).

## 16 NOTAS COMPLEMENTARES

A presente Especificação Técnica não invalida qualquer outra da ABNT ou de outros órgãos competentes, mesmo a partir da data em que a mesma estiver em vigor. Todavia, em qualquer ponto onde surgirem divergências entre esta Especificação Técnica e as normas dos órgãos citados, prevalecerão as exigências mínimas aqui estabelecidas.

Em caso de divergência, esta Especificação Técnica prevalecerá sobre as outras de mesma finalidade editadas anteriormente.

Quaisquer críticas e/ou sugestões para o aprimoramento desta Especificação Técnica serão analisadas e, caso sejam válidas, incluídas ou excluídas deste texto.

As sugestões deverão ser enviadas à Energisa pelo e-mail:

[normas.tecnicas@energisa.com.br](mailto:normas.tecnicas@energisa.com.br)

## 17 HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO

Data	Versão	Descrição das alterações realizadas
15/07/2021	0.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Esta 1ª edição.</li></ul>
01/10/2023	1.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Revisão geral.</li></ul>
01/03/2024	1.1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alteração do item 7.6.</li><li>• Inclusão de ensaios internacionais.</li></ul>

## 18 VIGÊNCIA

Esta Especificação Técnica entra em vigor na data de 01/07/2024 e revoga as documentações anteriores do grupo Energisa.

## 19 TABELAS

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição pedestal, modelo “Anel”



*Imagem meramente ilustrativa*

Código Energisa	Modelo	Potência	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Empresa
		(kVA)	(kV)	(kV)	(V)			
693054	Anel	75	11,4	15	220/127	Cavidade para inserção - 200 A	T3 - 800 A	EMR / ESS
693055		112,5						
693056		150						
693057		300						
693058		500						
693059		750						
693060		1.000					2.000 A	
							3.150 A	

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição pedestal, modelo “Anel” -  
Continuação

Código Energisa	Modelo	Potência	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Empresa
		(kVA)	(kV)	(kV)	(V)			
693083	Anel	75	11,4	15	380/220	Cavidade para inserção - 200 A	T3 - 800 A	EMR
693084		112,5						
693085		150						
693086		300						
693087		500						
693088		750						
693089		1.000					2.000 A	
693069	Anel	75	13,8	15	220/127	Cavidade para inserção - 200 A	T3 - 800 A	EAC / EMS / EMT / ERO / ESE / ESS
693070		112,5						
693071		150						
693072		300						
693073		500						
693074		750						
693075		1.000					2.000 A	
							3.150 A	

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição pedestal, modelo “Anel” -  
Continuação

Código Energisa	Modelo	Potência	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Empresa
		(kVA)	(kV)	(kV)	(V)			
693090	Anel	75	13,8	15	380/220	Cavidade para inserção - 200 A	T3 - 800 A	EBO / EMS / EMT / EPB / ETO
693091		112,5						
693092		150						
693093		300						
693094		500						
693095		750						
693096		1.000					2.000 A	
693061	Anel	75	22	24,2	220/127	Cavidade para inserção - 200 A	T3 - 800 A	EMR / EMS
693062		112,5						
693063		150						
693064		300						
693065		500						
693067		750						
693068		1.000					2.000 A	
							3.150 A	

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de distribuição pedestal, modelo “Anel” -  
Continuação

Código Energisa	Modelo	Potência	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Empresa
		(kVA)	(kV)	(kV)	(V)			
693076	Anel	75	34,5	36,2	220/127	Cavidade para inserção - 600 A	T3 - 800 A	EAC / EMS / EMT / ERO / ESS
693077		112,5						
693078		150						
693079		300						
693080		500						
693081		750						
693082		1.000					2.000 A	
693097	Anel	75	34,5	36,2	380/220	Cavidade para inserção - 600 A	T3 - 800 A	EMS / EMT / ETO
693098		112,5						
693099		150						
693100		300						
693101		500						
693102		750						
693103		1.000					2.000 A	

TABELA 2 - Características elétricas dos transformadores de distribuição pedestal, modelo “Radial”



*Imagem meramente ilustrativa*

Código Energisa	Modelo	Potência	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Empresa
		(kVA)	(kV)	(kV)	(V)			
692347	Radial	75	11,4	15	220/127	Cavidade para inserção - 200 A	T3 - 800 A	EMR / ESS
692342		112,5						
692343		150						
692344		300					2.000 A	
692345		500						
692346		750						
692341		1.000						

TABELA 2 - Características elétricas dos transformadores de distribuição pedestal, modelo “Radial” -  
Continuação

Código Energisa	Modelo	Potência	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Empresa
		(kVA)	(kV)	(kV)	(V)			
692354	Radial	75	11,4	15	380/220	Cavidade para inserção - 200 A	T3 - 800 A	EMR
692349		112,5						
692350		150						
692351		300						
692352		500						
692353		750						
692348		1.000					2.000 A	
692361	Radial	75	13,8	15	220/127	Cavidade para inserção - 200 A	T3 - 800 A	EAC / EMS / EMT / ERO / ESE / ESS
692356		112,5						
692357		150						
692358		300						
692359		500						
692360		750						
692355		1.000					2.000 A	
							3.150 A	

TABELA 2 - Características elétricas dos transformadores de distribuição pedestal, modelo “Radial” -  
Continuação

Código Energisa	Modelo	Potência	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Empresa
		(kVA)	(kV)	(kV)	(V)			
692368	Radial	75	13,8	15	380/220	Cavidade para inserção - 200 A	T3 - 800 A	EBO / EMS / EMT / EPB / ETO
692363		112,5						
692364		150						
692365		300						
692366		500						
692367		750						
692362		1.000					2.000 A	
692375	Radial	75	22	24,2	220/127	Cavidade para inserção - 200 A	T3 - 800 A	EMR / EMS
692370		112,5						
692371		150						
692372		300						
692373		500						
692374		750						
692369		1.000					2.000 A	
							3.150 A	

TABELA 2 - Características elétricas dos transformadores de distribuição pedestal, modelo “Radial” -  
Continuação

Código Energisa	Modelo	Potência	Tensão nominal MT	Classe de tensão	Tensão nominal BT	Tipo de terminal de MT	Tipo de terminal de BT	Empresa
		(kVA)	(kV)	(kV)	(V)			
692382	Radial	75	34,5	36,2	220/127	Cavidade para inserção - 600 A	T3 - 800 A	EAC / EMS / EMT / ERO / ESS
692377		112,5						
692378		150						
692379		300						
692380		500						
692381		750						
692376		1.000					2.000 A	
692389	Radial	75	34,5	36,2	380/220	Cavidade para inserção - 600 A	T3 - 800 A	EMS / EMT / ETO
692384		112,5						
692385		150						
692386		300						
692387		500						
692388		750						
692383		1.000					2.000 A	

TABELA 3 - Níveis de isolamento

Tensão máxima do equipamento	Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 min.	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	Espaçamento mínimo no ar	
			Fase-Terra	Fase-Fase
(kV <sub>ef</sub> )		(kV <sub>cr</sub> )	(mm)	
1,2 (Nota 1)	10	30	25	
15,0	34	95	130	140
24,2	50	125	200	230
36,2		150		

NOTAS:

- I. O nível de isolamento correspondente a 1,2 kV só é aplicável à baixa-tensão do transformador;
- II. Correspondem a valores mínimos a serem fabricados. Valores superiores admissíveis constam na ABNT NBR 5356-3 ou IEC 60076-3.

TABELA 4 - Derivações e relações de tensões

Tipo	Tensão sistema	Quant.	Derivações (Taps)
	(kV)		Tensões
			(V)
Trifásica	11,4	4	12.000 / 11.400 / 10.800 / 10.200
	13,8		14.400 / 13.800 / 13.200 / 12.600
	22,0		23.100 / 22.000 / 20.900 / 19.800
	34,5		36.000 / 34.500 / 33.000 / 31.500

NOTA:

- I. Os valores em destaque correspondem aos valores de tensão nominal.

TABELA 5 - Limites de elevação de temperatura

Temperatura	Limites de elevação de temperatura		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
	(°C)		
Classe térmica mínima da isolação dos enrolamentos	120	130	140
Média dos enrolamentos	65	75	85
Ponto mais quente dos enrolamentos	80	90	100
Óleo isolante (topo do óleo)	60	70	80
Temperatura de referência das perdas totais e impedância	85	95	105

**NOTA:**

- I. A isolação dos enrolamentos pode ser em papel kraft neutro ou termo estabilizado compatível com o óleo isolante.

TABELA 6 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito

	Potência nominal	Nível de eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo C=0,5 e F <sub>p</sub> =0,92	Corrente de excitação máxima (I <sub>o</sub> )	Tensão de curto-circuito
	(kVA)		em vazio (P <sub>o</sub> )	totais (P <sub>t</sub> )			
			(W)				
Classe de tensão - 15 kV	75	A	150	895	99,03	2,70	3,50
		B	175	990	98,91		
		C	215	1.125	98,73		
		D	255	1.260	98,55		
	112,5	A	195	1.210	99,14	2,50	
		B	230	1.340	99,03		
		C	285	1.525	98,86		
		D	335	1.705	98,71		
	150	A	245	1.500	99,20	2,30	
		B	285	1.655	99,10		
		C	350	1.880	98,95		
		D	420	2.110	98,79		
	300	A	410	2.610	99,31	1,90	
		B	475	2.885	99,23		
		C	585	3.275	99,10		
		D	700	3.670	98,97		
	500	A	1.080	7.000	98,90	1,80	
		B	1.593	7.800	98,65		
		C	1.593	8.820	98,54		
		D	1.800	9.000	98,46		
750	A	1.510	9.600	98,99	1,70		
	B	2.160	10.260	98,80			
	C	2.160	11.760	98,70			
	D	2.400	12.000	98,63			

TABELA 6 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito - Continuação

	Potência nominal	Nível de eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo C=0,5 e F <sub>p</sub> =0,92	Corrente de excitação máxima (I <sub>o</sub> )	Tensão de curto-circuito
	(kVA)		em vazio (P <sub>o</sub> )	totais (P <sub>t</sub> )			
			(W)				
	1.000	A	1.860	11.960	99,06	1,50	6,00
		B	2.600	12.700	98,90		
		C	2.600	14.300	98,81		
		D	2.900	14.600	98,75		
Classe de tensão - 24,2 kV	75	A	160	955	98,97	3,20	
		B	185	1.055	98,85		
		C	230	1.200	98,65		
		D	270	1.345	98,46		
	112,5	A	220	1.270	99,08	2,80	
		B	255	1.405	98,96		
		C	310	1.595	98,79		
		D	370	1.785	98,62		
	150	A	270	1.605	99,13	2,60	
		B	310	1.770	99,03		
		C	380	2.010	98,87		
		D	450	2.250	98,71		
	300	A	435	2.740	99,27	2,10	
		B	505	3.030	99,18		
		C	620	3.440	99,05		
		D	735	3.845	98,92		
500	A	1.160	7.460	98,82	2,10		
	B	1.900	8.200	98,51			
	C	1.900	9.250	98,40			
	D	2.100	9.445	98,32			

TABELA 6 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito - Continuação

	Potência nominal	Nível de eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo C=0,5 e F <sub>p</sub> =0,92	Corrente de excitação máxima (I <sub>o</sub> )	Tensão de curto-circuito
	(kVA)		em vazio (P <sub>o</sub> )	totais (P <sub>t</sub> )			
			(W)				
Classe de tensão - 24,2 kV	750	A	1.625	9.900	98,94	1,80	6,00
		B	2.600	10.870	98,67		
		C	2.600	12.400	98,56		
		D	2.900	12.700	98,47		
	1.000	A	2.000	12.280	99,02	1,60	
		B	3.150	13.430	98,77		
		C	3.150	15.050	98,69		
		D	3.500	15.400	98,61		

Classe de tensão - 36,2 kV	75	A	175	1.025	98,89	3,40	4,00
		B	200	1.135	98,76		
		C	240	1.285	98,57		
		D	280	1.430	98,38		
	112,5	A	240	1.335	99,02	3,00	
		B	275	1.470	98,90		
		C	330	1.665	98,73		
		D	385	1.860	98,56		
	150	A	295	1.720	99,06	2,80	
		B	340	1.895	98,95		
		C	405	2.145	98,80		
		D	475	2.395	98,63		
	300	A	495	2.900	99,21	2,20	
		B	565	3.195	99,12		
		C	675	3.615	98,99		
		D	790	4.035	98,85		

TABELA 6 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito - Continuação

	Potência nominal	Nível de eficiência	Perdas máximas		Rendimento mínimo C=0,5 e F <sub>p</sub> =0,92	Corrente de excitação máxima (I <sub>o</sub> )	Tensão de curto-circuito
	(kVA)		em vazio (P <sub>o</sub> )	totais (P <sub>t</sub> )			
			(W)				
Classe de tensão - 36,2 kV	500	A	1.400	7.860	98,71	2,30	6,00
		B	2.270	8.730	98,34		
		C	2.270	9.870	98,22		
		D	2.520	10.120	98,11		
	750	A	1.950	10.480	98,83	2,00	
		B	3.150	11.680	98,49		
		C	3.150	13.250	98,38		
		D	3.500	13.600	98,28		
	1.000	A	2.400	12.930	98,92	1,70	
		B	3.780	14.300	98,63		
		C	3.780	16.080	98,53		
		D	4.200	16.500	98,44		

TABELA 7 - Tolerâncias

Características especificadas	Tolerância
Impedância de curto-circuito dos enrolamentos	± 10 %
Perdas em vazio	+ 10 %
Perdas totais	+ 6,0 %
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:

- I. Tolerância por componente de perda (vazio e carga) porém a tolerância para a perda total não pode ser excedida.

TABELA 8 - Níveis máximos de ruído

Potência nominal do transformador (kVA)	Nível máximo de ruído (dB)
1 a 50	48
51 a 100	51
101 a 300	55
301 a 500	56
501 a 750	57
751 a 1.000	58

TABELA 9 - Espessura mínima da chapa de aço

Componente	Estrutura	Espessura
		(mm)
Tanque	Paredes	6,35
	Tampa e fundo	9,53
Radiadores	Aleta	1,20
	Tubos	1,50
Compartimento		2,65

NOTA:

- I. As espessuras estão sujeitas às tolerâncias da ABNT NBR 6650.

TABELA 10 - Características elétricas das buchas isolantes de baixa tensão (BT)

Tensão nominal	Corrente nominal	Tensão suportável nominal à frequência industrial	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	Distância de arco externo mínima	Distância de escoamento
(kV <sub>ef</sub> )	(A)	(kV <sub>ef</sub> )	(kV <sub>cr</sub> )	(mm)	
1,3	400	10	30	60	65
	800			81	87
	2.000			65	80
	3.150			61	76

TABELA 11 - Buchas e terminais de baixa tensão (BT)

Transformador trifásico	Potência nominal	Tensão nominal da bucha	Tipo de terminal / Corrente nominal do terminal	
	(kVA)	(kV)	220/127 V	380/220 V
			(A)	
	75	1,3	T2 - 400	T2 - 400
	112,5			
	150		T3 - 800	T3 - 800
	300			
	500		2.000	2.000
	750			
	1.000		3.150	

TABELA 12 - Momento de torção

Tipo da rosca	Torque mínimo	
	(N.m)	(kgf.m)
M10	16,70	1,70
M12	28,20	2,88
M16	76,00	7,75

TABELA 13 - Informações constantes no QR-Code

Linha	Significado da informação	Número de caracteres	Gravação no QR-CODE
1	Código do transformador	10 numéricos	Ex.: 0020004412
2	Crc do fabricante	10 numéricos	Ex.: 0001234567
3	Referência do material (do fabricante)	Máximo 30 (alfanuméricos, hifens, barras, espaço)	O mesmo da homologação dos materiais
4	Dia/mês/ano de fabricação	10 (numéricos e barras)	Ex.: DD/MM/AAAA
5	Número de série	Conforme padrão do fornecedor	
6	Número de fases	02 numéricos	Ex.: 05
7	Potência nominal (kVA)	03 numéricos	Ex.: 300
8	Tensão (kV)	4 (numéricos e virgula)	Ex.1: 34,5 - Ex.2: 19,9
9	Número de patrimonial	10 numéricos	Ex.: 5603002010
10	Número da ordem de compra	15 (alfanuméricos, espaço e barras)	Ex.: 4400004444/2016

TABELA 14 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento

Tamanho do lote	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corrente de excitação;</li> <li>Deslocamento angular e sequência de fases;</li> <li>Funcionamento do comutador;</li> <li>Impedância de curto-circuito;</li> <li>Perdas em carga e perdas em vazio;</li> <li>Relação de transformação;</li> <li>Resistência de isolamento;</li> <li>Resistência dos enrolamentos;</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Aderência e espessura da pintura;</li> <li>Compatibilidade das juntas de vedação com o líquido isolante;</li> <li>Ensaio da válvula de alívio de pressão interna;</li> <li>Junta de vedação;</li> <li>Revestimento de zinco;</li> <li>Revestimento dos terminais de ligação;</li> <li>Estanqueidade e resistência a pressão a frio;</li> <li>Verificação do torque nos terminais.</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Físico-químico do líquido isolante;</li> <li>Tensão aplicada;</li> <li>Tensão induzida.</li> </ul>		
	Amostragem dupla normal Nível de inspeção S1 NQA 6,5 %				Amostragem dupla normal Nível de inspeção S3 NQA 6,5 %				Amostragem simples normal Nível de inspeção S3 NQA 1,0 %		
	Amostra		Ac	Re	Amostra		Ac	Re	Amostra	Ac	Re
	Seq.	Tam.			Seq.	Tam.					
2 a 50	-	3	0	1	-	2	0	1	13	0	1
51 a 90	-	3	0	1	1 <sup>a</sup>	5	0	2	13	0	1
					2 <sup>a</sup>		1	2			
91 a 280	1 <sup>a</sup>	8	0	2	1 <sup>a</sup>	5	0	2	13	0	1
	2 <sup>a</sup>		1	2	2 <sup>a</sup>		1	2			

TABELA 14 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento - Continuação

Tamanho do lote	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corrente de excitação;</li> <li>Deslocamento angular e sequência de fases;</li> <li>Funcionamento do comutador;</li> <li>Impedância de curto-circuito;</li> <li>Perdas em carga e perdas em vazio;</li> <li>Relação de transformação;</li> <li>Resistência de isolamento;</li> <li>Resistência dos enrolamentos;</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Aderência e espessura da pintura;</li> <li>Compatibilidade das juntas de vedação com o líquido isolante;</li> <li>Ensaio da válvula de alívio de pressão interna;</li> <li>Junta de vedação;</li> <li>Revestimento de zinco;</li> <li>Revestimento dos terminais de ligação;</li> <li>Estanqueidade e resistência a pressão a frio;</li> <li>Verificação do torque nos terminais.</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Físico-químico do líquido isolante;</li> <li>Tensão aplicada;</li> <li>Tensão induzida.</li> </ul>		
	Amostragem dupla normal Nível de inspeção S1 NQA 6,5 %				Amostragem dupla normal Nível de inspeção S3 NQA 6,5 %				Amostragem simples normal Nível de inspeção S3 NQA 1,0 %		
	Amostra		Ac	Re	Amostra		Ac	Re	Amostra	Ac	Re
	Seq.	Tam.			Seq.	Tam.					
281 a 500	1 <sup>a</sup>	13	0	3	1 <sup>a</sup>	5	0	2	13	0	1
	2 <sup>a</sup>		3	4	2 <sup>a</sup>		1	2			

Legenda:

Seq. - Sequência de ensaios das amostras;

Tam. - Tamanho das amostras;

Ac - Número de aceitação;

Re - Número de rejeição.

TABELA 15 - Relação de ensaios

Item	Descrição dos ensaios	Tipo de ensaio
13.3.1	Inspeção geral	RE
13.3.2	Verificação dimensional	RE
13.3.3	Ensaio de resistência dos enrolamentos	T / RE / E
13.3.4	Ensaio de resistência de isolamento	T / RE / E
13.3.5	Ensaio de relação de transformação	T / RE / E
13.3.6	Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases	T / RE / E
13.3.7	Ensaio de impedância de curto-circuito	T / RE / E
13.3.8	Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio	T / RE / E
13.3.9	Ensaio de corrente de excitação	T / RE / E
13.3.10	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial	T / RE / E
13.3.11	Ensaio de tensão induzida de curta duração	T / RE / E
13.3.12	Ensaio de impulso atmosférico	T / E
13.3.13	Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão	T / RE / E
13.3.14	Ensaio de elevação de temperatura	T / RE / E
13.3.15	Ensaio de tensão de rádio interferência (TRI)	T / E
13.3.16	Ensaio de nível de ruído	T / E
13.3.17	Ensaio do comutador	T / RE / E
13.3.18	Ensaio do dispositivo de alívio de pressão	T / RE / E
13.3.19	Ensaio de verificação da pintura do transformador	T / RE
13.3.20	Ensaio das juntas de vedação	RE / E
13.3.21	Ensaio físico-químico do líquido isolante	RE / E
13.3.22	Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco	RE / E
13.3.23	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	RE / E
13.3.24	Ensaio de verificação do torque nos terminais	RE / E
13.3.25	Ensaio de medição da impedância de sequência zero	E
13.3.26	Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT)	E
13.3.27	Ensaio de suportabilidade a curto-circuito	E
13.3.28	Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação	E

TABELA 15 - Relação de ensaios - Continuação

Item	Descrição dos ensaios	Tipo de ensaio
13.3.29	Ensaio de medição do fator de potência do isolamento (tg $\delta$ ) e capacitâncias	E

Legenda:

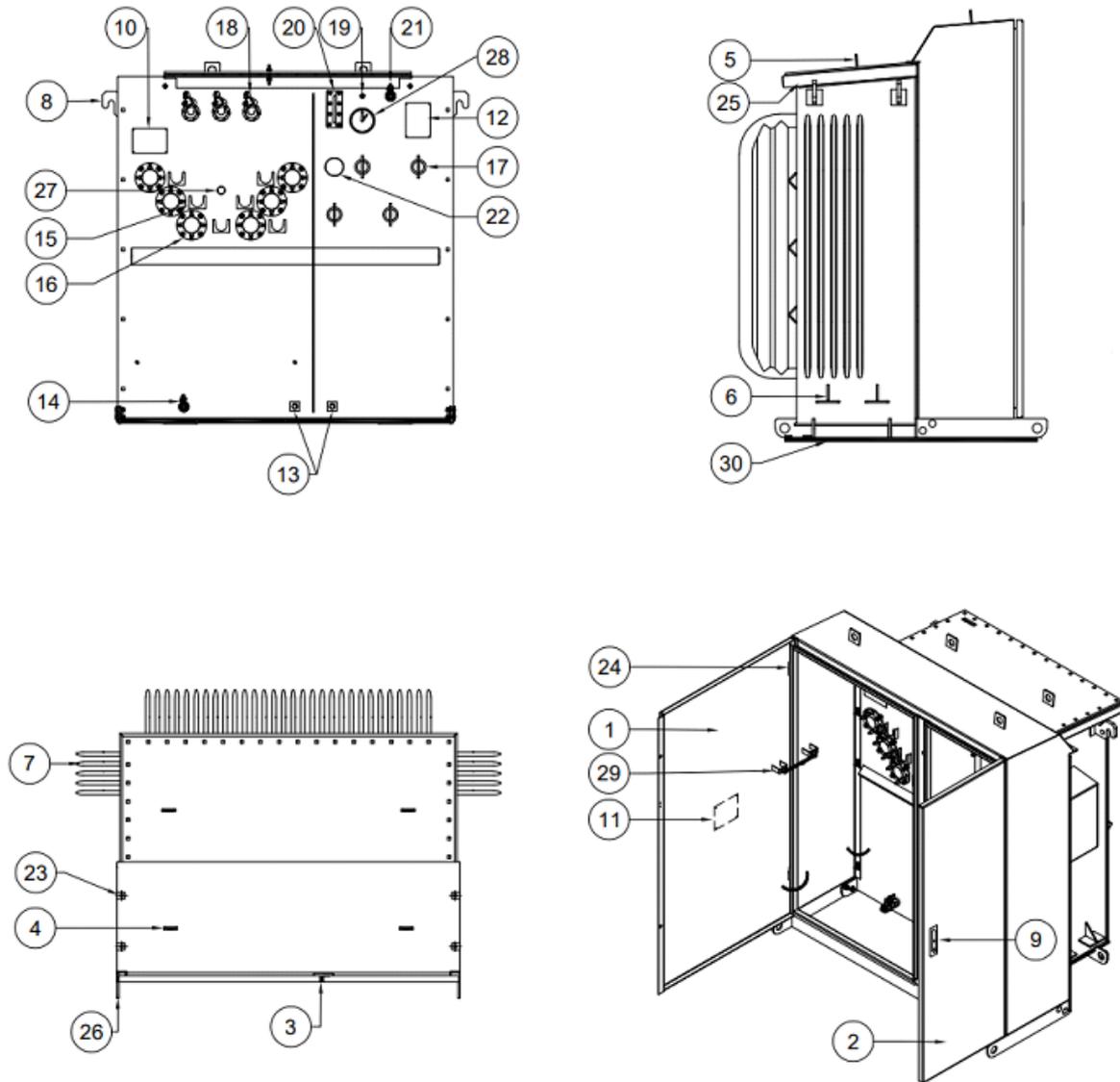
T - Ensaio de tipo;

RE - Ensaio de recebimento;

E - Ensaio especial.

## 20 DESENHOS

### DESENHO 1 - Transformador de distribuição pedestal



#### NOTA:

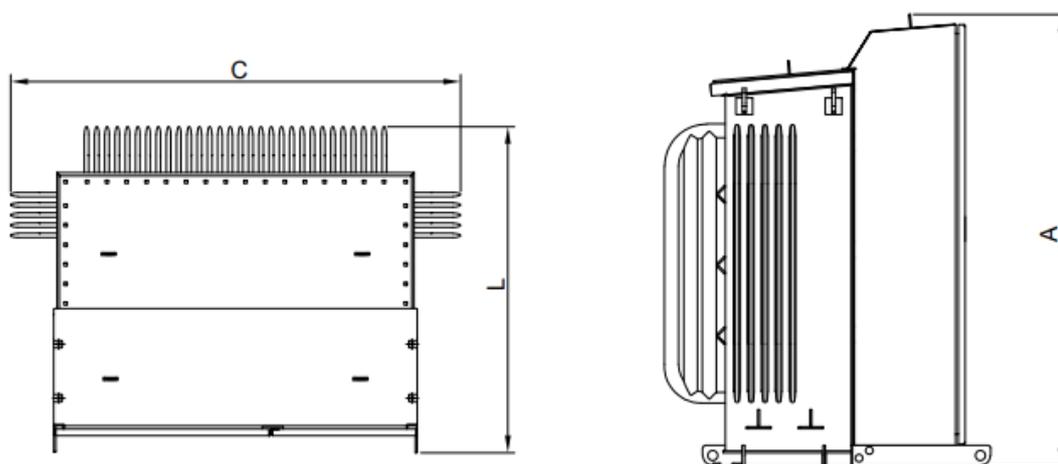
- I. O posicionamento dos acessórios e da alavanca de manobra da chave de abertura em carga é apenas orientativo, outros arranjos poderão ser aceitos desde que previamente aprovados pela Energisa.

## DESENHO 1 - Transformador de distribuição pedestal - Continuação

Legenda:

- |   |   |
|---|---|
| 1) Porta do compartimento de média tensão (MT)        | 15) Suporte para cabos de média tensão (MT) |
| 2) Porta do compartimento de baixa tensão (BT)        | 16) Buchas de média tensão (MT)             |
| 3) Divisória entre compartimentos                     | 17) Buchas de baixa tensão (BT)             |
| 4) Olhal de içamento do compartimento                 | 18) Fusível baioneta                        |
| 5) Olhal do içamento da tampa do tanque               | 19) Válvula de alívio de pressão            |
| 6) Apoio para macaco                                  | 20) Indicador de nível de óleo              |
| 7) Radiador (quando aplicável)                        | 21) Válvula de enchimento de óleo           |
| 8) Gancho para suspensão do transformador completo    | 22) acionamento de comutador                |
| 9) Fechadura;   | 23) Furos para fixação do transformador     |
| 10) Placa de advertência interna                      | 24) Dobradiças                              |
| 11) Placa de advertência externa                      | 25) Proteção da tampa e tanque              |
| 12) Placa de identificação                            | 26) Base de arraste                         |
| 13) Terminal de aterramento                           | 27) Chave seccionadora sob carga            |
| 14) Válvula de frenagem e retirada de amostra de óleo | 28) Termômetro                              |
|   | 29) Limitador de abertura da porta          |
|   | 30) Junta de dilatação                      |

## DESENHO 2 - Características dimensionais do transformador de distribuição pedestal

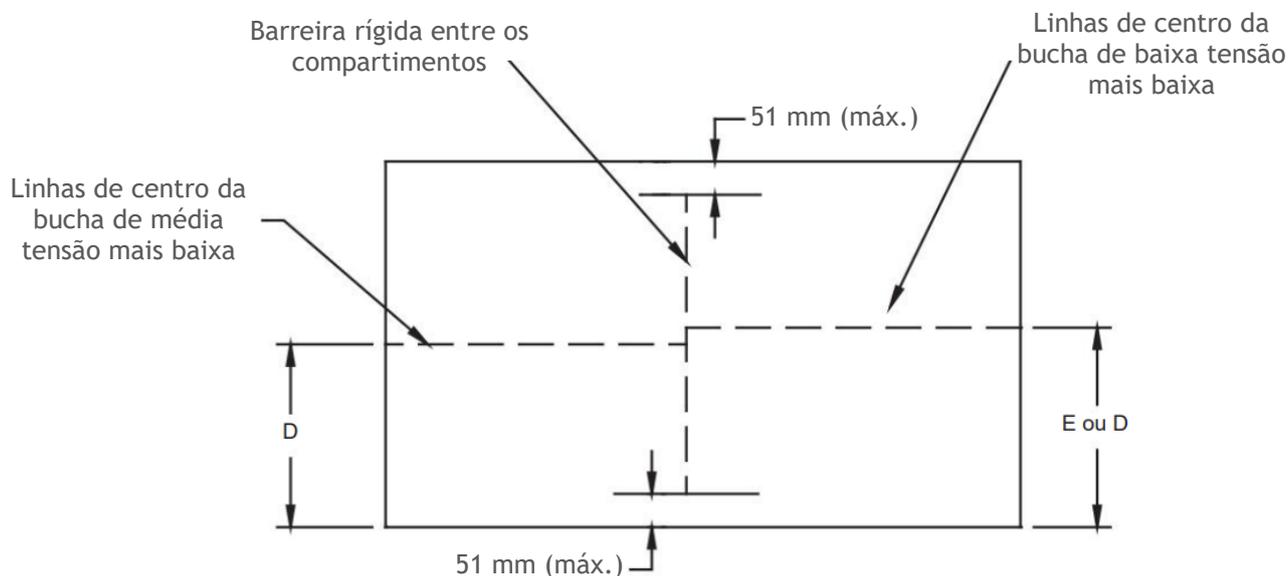


Potência (kVA)	Dimensões			Peso máximo (kg)
	A	C	L	
	(mm)			
75	1.550	1.400	1.000	1.000
112,5	1.650	1.500	1.200	1.000
150	1.650	1.500	1.200	1.200
300	1.750	1.600	1.300	1.700
500	1.850	1.600	1.400	2.500
750	2.050	1.700	1.400	2.700
1.000	2.100	1.800	1.500	3.500

### NOTA:

- I. Pequenas variações nos dimensionais poderão ser aceitos desde que previamente aprovados pela Energisa.

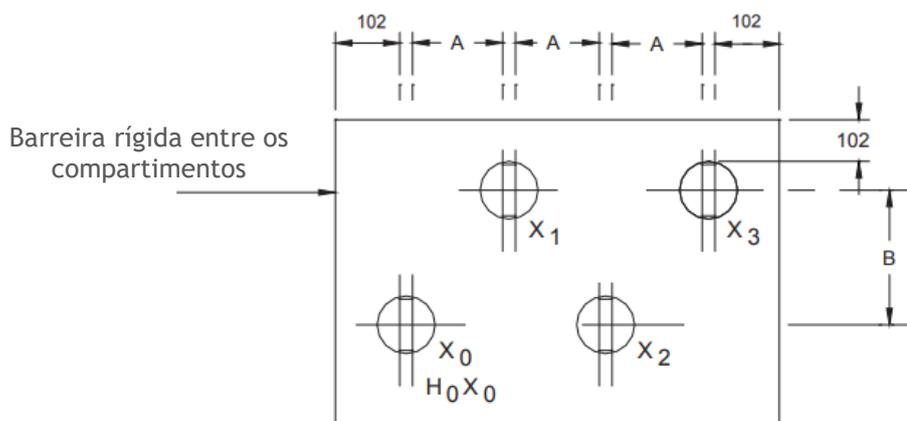
## DESENHO 2 - Características dimensionais do transformador de distribuição pedestal - Continuação



VISTA FRONTAL DO COMPARTIMENTO

		15 kV			24,2 kV ou 36,2 kV		
		$P \leq 150$	$225 < P \leq 500$	$P > 750$	$P \leq 150$	$225 < P \leq 500$	$P > 750$
Cotas máximas	C (mín.)	480			760		
	D ( $\pm 5$ )	760	915	1.270	1.070	1.220	1.370
	E ( $\pm 5$ )	690	790	1.170	690	790	1.170

## DESENHO 3 - Disposição dos terminais de baixa tensão (BT)



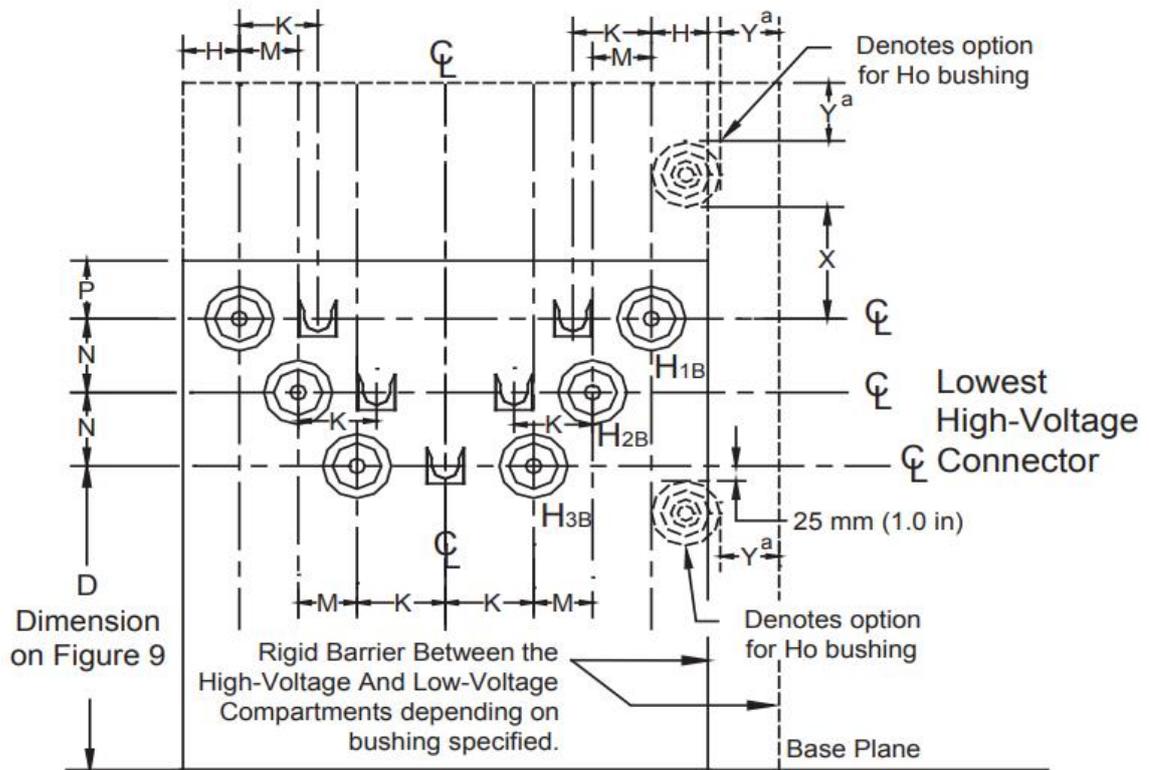
### NOTA:

#### I. Dimensões em milímetros (mm).

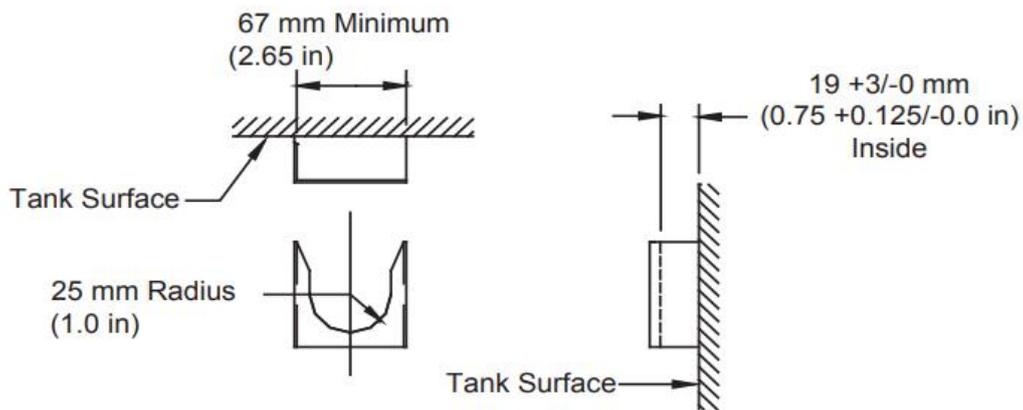
Potência nominal (kVA)	Dimensões	
	A ( $\pm 6$ )	B ( $\pm 6$ )
	(mm)	
$P \leq 150$	130	155
$P \geq 225$	155	205

## DESENHO 4 - Disposição dos terminais de média tensão (MT)

### Modelo Anel



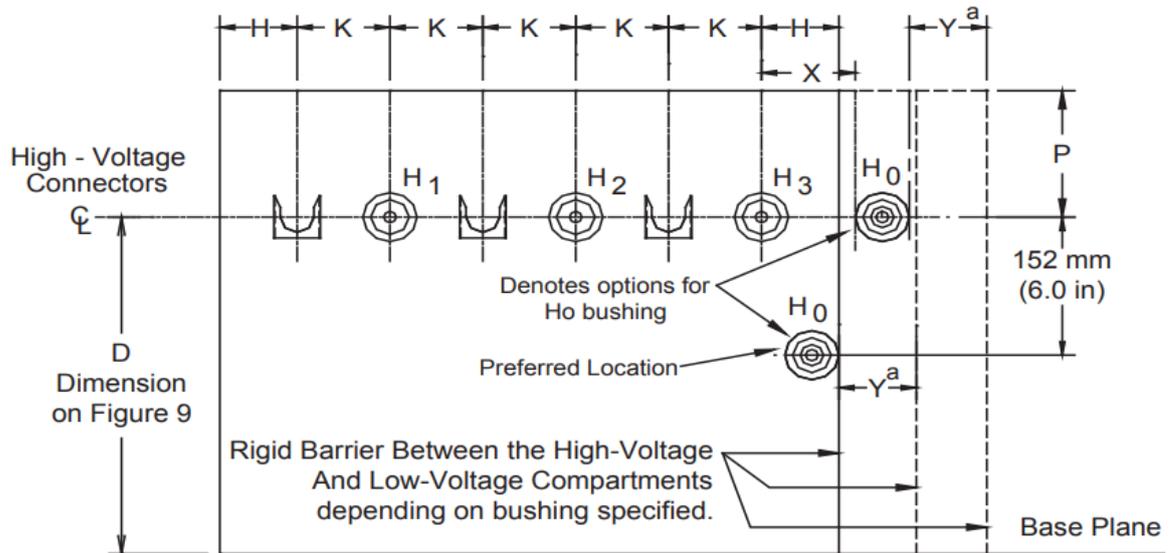
<sup>a</sup> If effectively grounded, this dimension will be 76 mm (3.0 in).



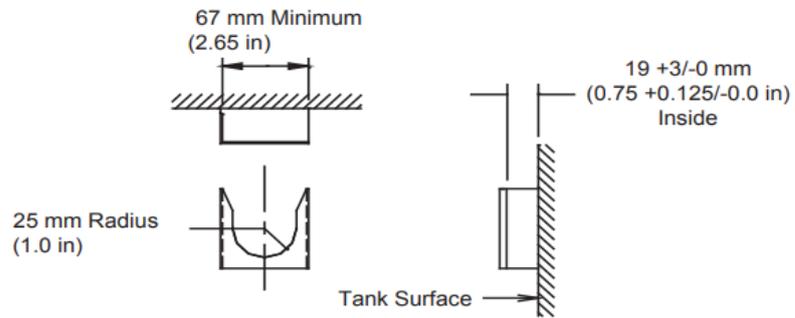
		15 kV			24,2 kV ou 36,2 kV		
		P ≤ 150	225 < P ≤ 500	P > 750	P ≤ 150	225 < P ≤ 500	P > 750
Cotas máximas	H						
	K						
	P						

## DESENHO 4 - Disposição dos terminais de média tensão (MT) - Continuação

### Modelo Radial

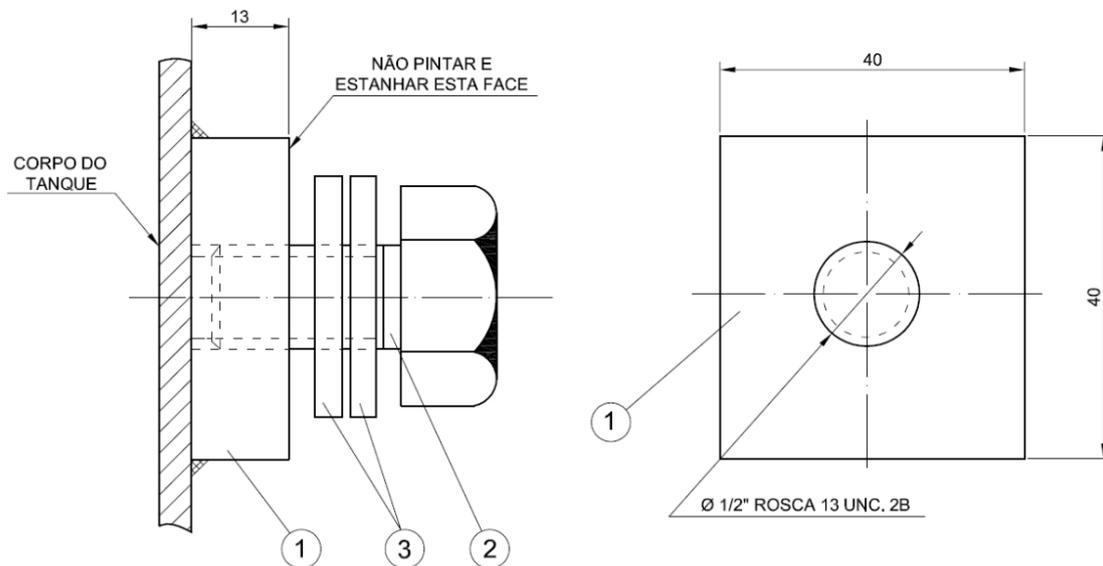


<sup>a</sup> If effectively grounded, this dimension will be 76 mm (3.0 in).



		15 kV			24,2 kV ou 36,2 kV		
		P ≤ 150	225 < P ≤ 500	P > 750	P ≤ 150	225 < P ≤ 500	P > 750
Cotas máximas	H						
	K						
	P						

## DESENHO 5 - Dispositivo de aterramento

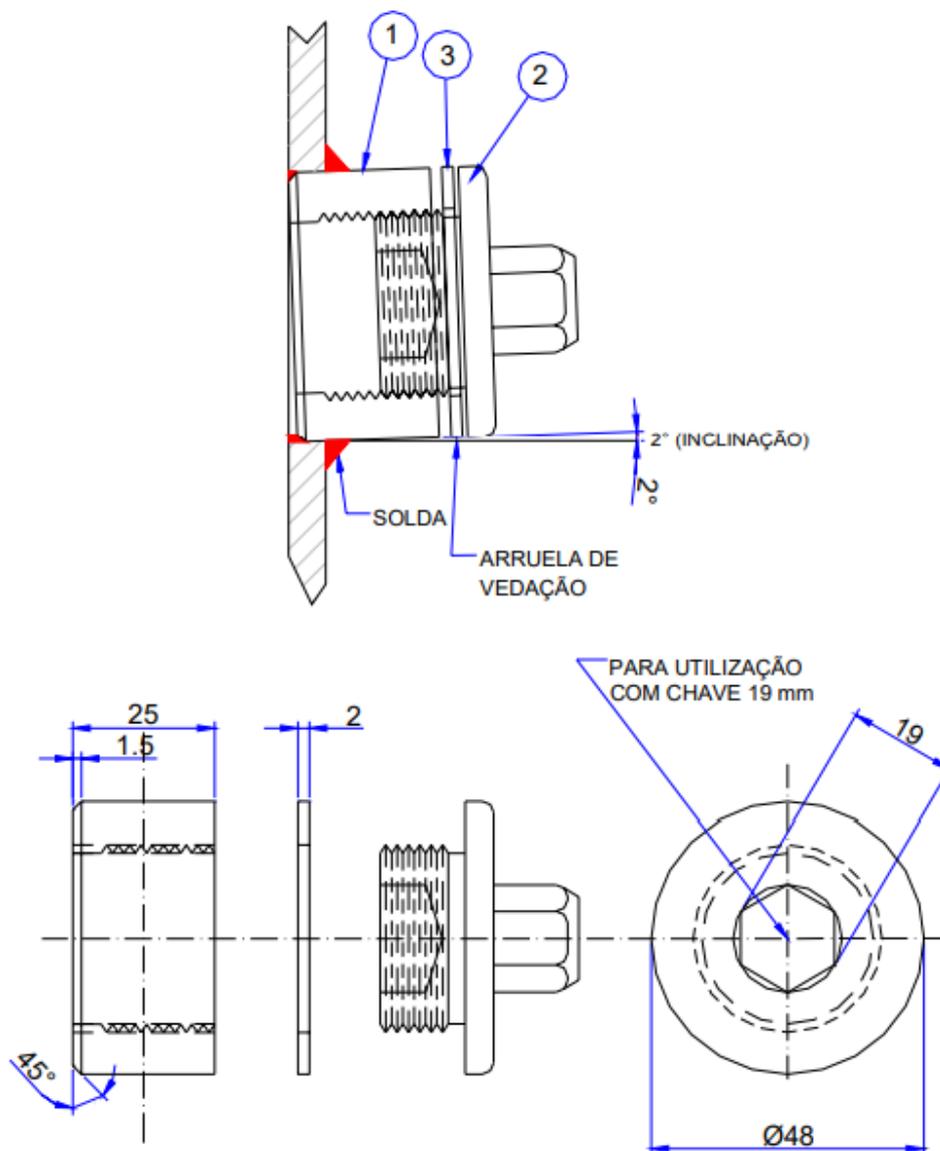


Item	Descrição	Material
1	Bloco	Aço-carbono 1020 (ABNT NBR NM 87)
2	Parafuso com cabeça sextavada M12 x 35 mm	Latão
3	Arruela lisa Ø 13 mm	Latão

### NOTAS:

- I. Dimensões, em milímetros (mm).

## DESENHO 6 - Bujão para enchimento de óleo isolante



Legenda:

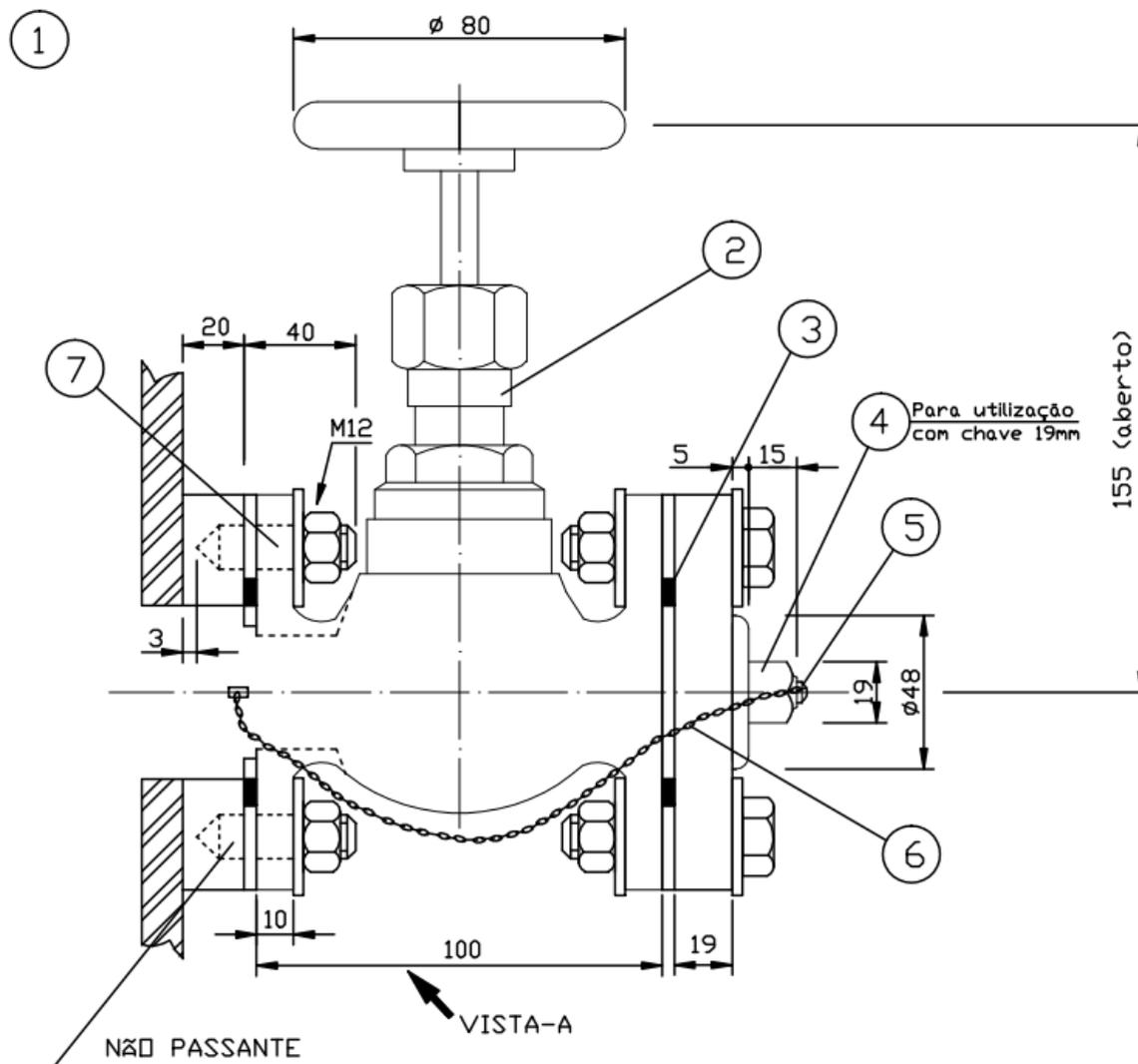
- 1) Tubo sem costura
- 2) Bujão
- 3) Junta de vedação

NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros;
- II. Rosca interna e externa de 33,25 mm (1" RWG)



## DESENHO 8 - Válvula globo para drenagem e ligação do filtro-prensa



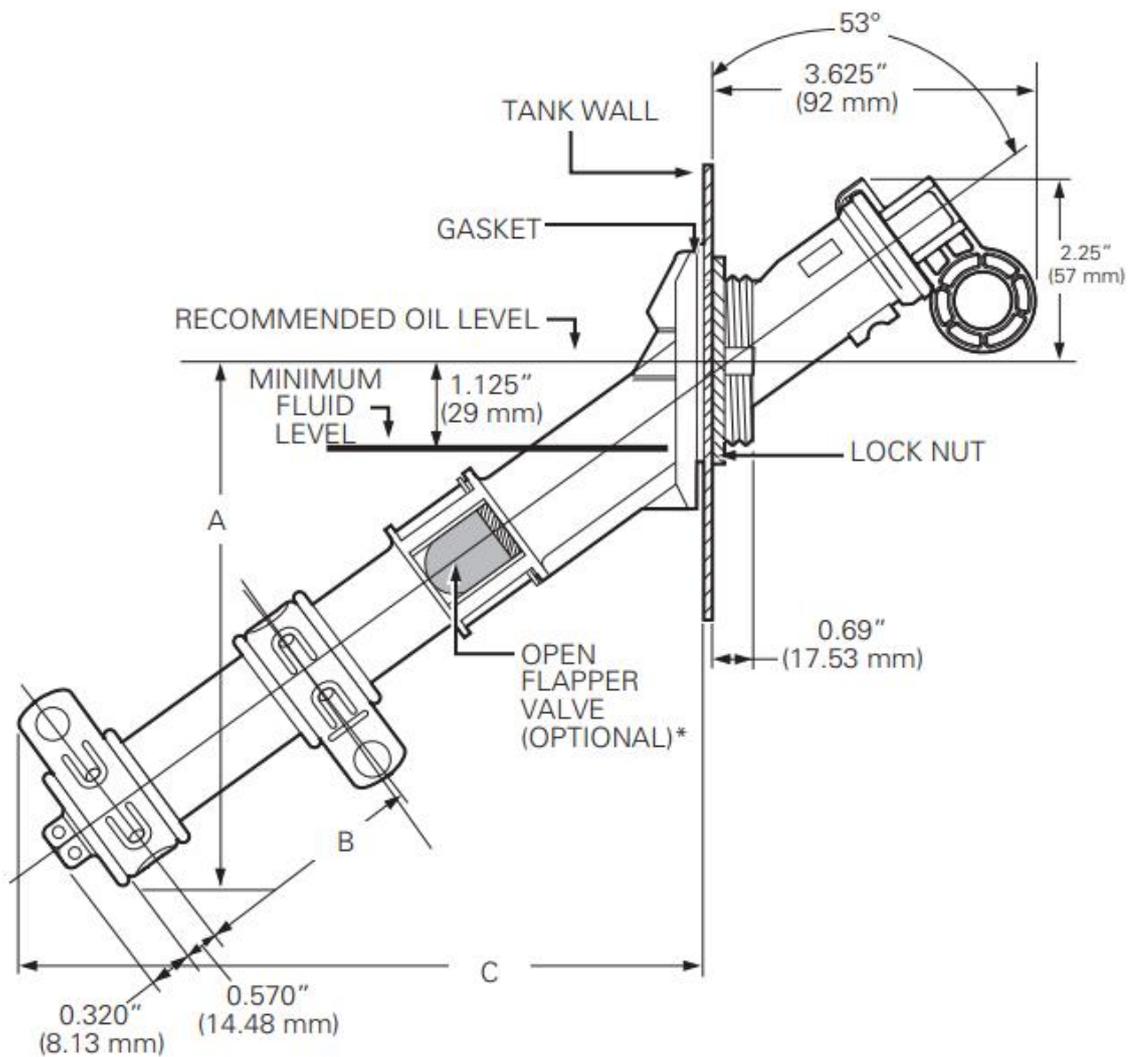
Legenda:

- |                                |                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1) Conjunto válvula globo 1"   | 4) Bujão aço zincado a fogo (1" RWG) |
| 2) Válvula globo de bronze     | 5) Rebite auto-atarrachante          |
| 3) Junta de borracha sintética | 6) Prisioneiro M12                   |

NOTA:

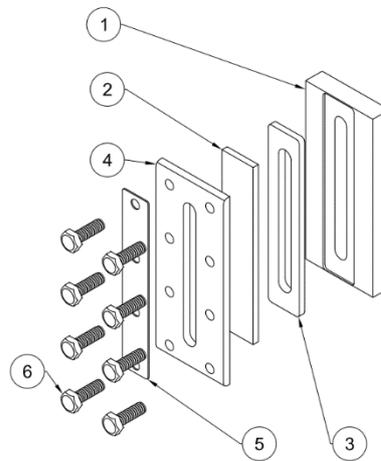
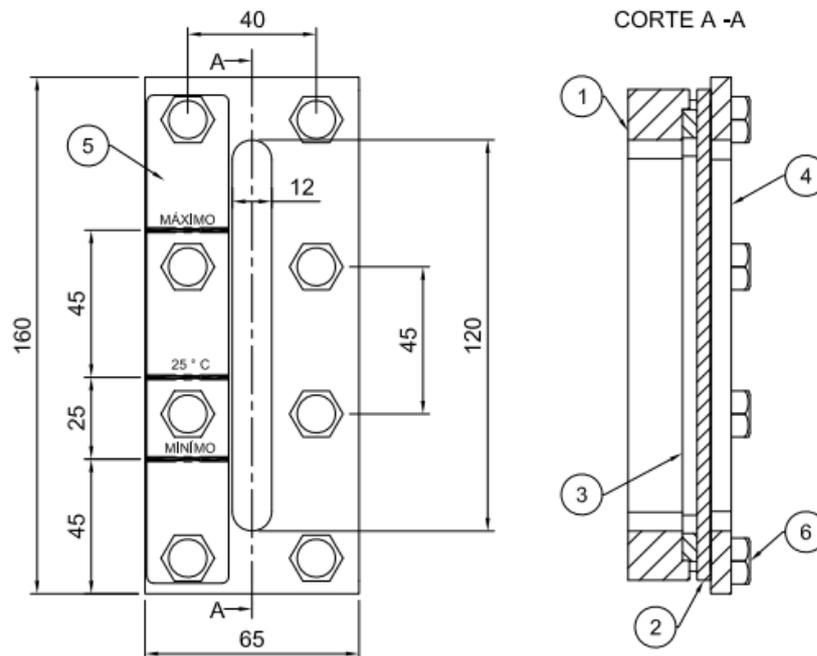
- I. Dimensões em milímetros (mm).

## DESENHO 9 - Baionetas para utilização em transformador



Nível de tensão	Dimensões		
	A	B	C
(kV)	(mm)		
Até 24,2	180	80	232
36,2	195	105	253

## DESENHO 10 - Indicador de nível do líquido isolante



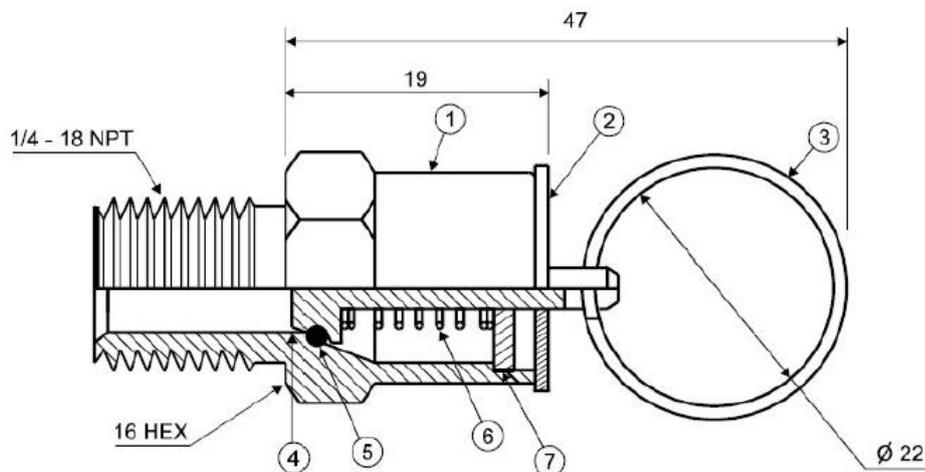
Legenda:

- |                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1) Base aço                | 4) Tampa de aço galvanizado   |
| 2) Viso de vidro temperado | 5) Plaqueta de aço inoxidável |
| 3) Junta de vedação        | 6) Parafuso sextavado M8      |

NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

## DESENHO 11 - Válvula de alívio de pressão



### Legenda

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1) Corpo - Latão                                       | 4) Êmbolo - Latão                    |
| 2) Disco externo de vedação - Não oxidável             | 5) Anel interno - Borracha nitrílica |
| 3) Anel externo para acionamento manual - Não oxidável | 6) Mola interna - Aço inoxidável     |
|  | 7) Guia - Aço inoxidável             |

### NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm);
- II. O corpo e o êmbolo devem ser em latão, o disco de vedação e o anel de acionamento em materiais inoxidáveis, o anel interno de borracha nitrílica e a mola e a guia em aço inoxidável.

## DESENHO 12 - Placa de identificação (modelo)

148±1  
138±0,5

210±1  
200±0,5

⊕

CODIGO DE ESTOQUE

N°

(IDENTIFICAÇÃO DO FABRICANTE)

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO PEDESTAL

N°  Data fabric.  Tipo fabr.

kVA  Elev. óleo/cobre  °C Fases  Resfr.

Imped.  % em  V Freq.  Hz Tipo líq. isol.

Níveis isol. AT.-BT.  kV Norma

ALTA TENSÃO			TERMINAIS H1 H2 H3	
V	A	PAINEL	LIGAR	Lig.
				△

BAIXA TENSÃO			TERMINAIS X0 X1 X2 X3	
V	A	Ligação		
		Y		

DIAGRAMA FASORIAL

Dyn1

H2 H3 H1

X2 X3 X1 X0

Massas aproximadas em kg

Parte extraível

Tanque e aces.  Instruções

Líquido isolante  Volume do líquido isolante  l

Total  Placa de identificação N°

⊕

NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 13 - Placa de advertência interna (modelo)



NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm);
- II. “ ATENÇÃO “ gravado na cor vermelha, o restante em letras pretas e o fundo na cor natural do material.

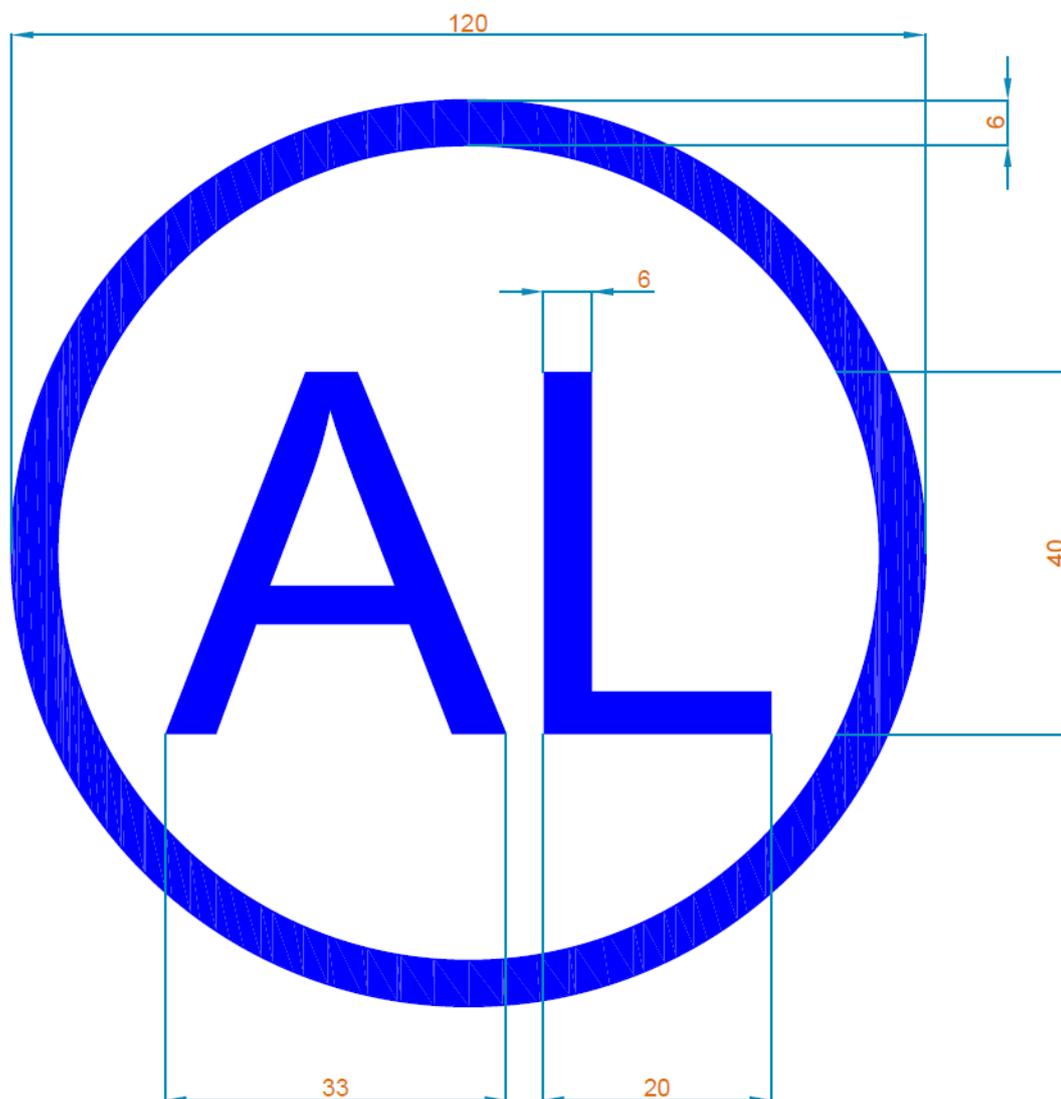
DESENHO 14 - Placa de advertência interna (modelo)



NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm);
- II. “ PERIGO “ gravado na cor vermelha, “ CAVEIRA ”, “ ALTA TENSÃO ”, “ NÃO ABRIR ” na cor preta e o fundo na cor natural do material.

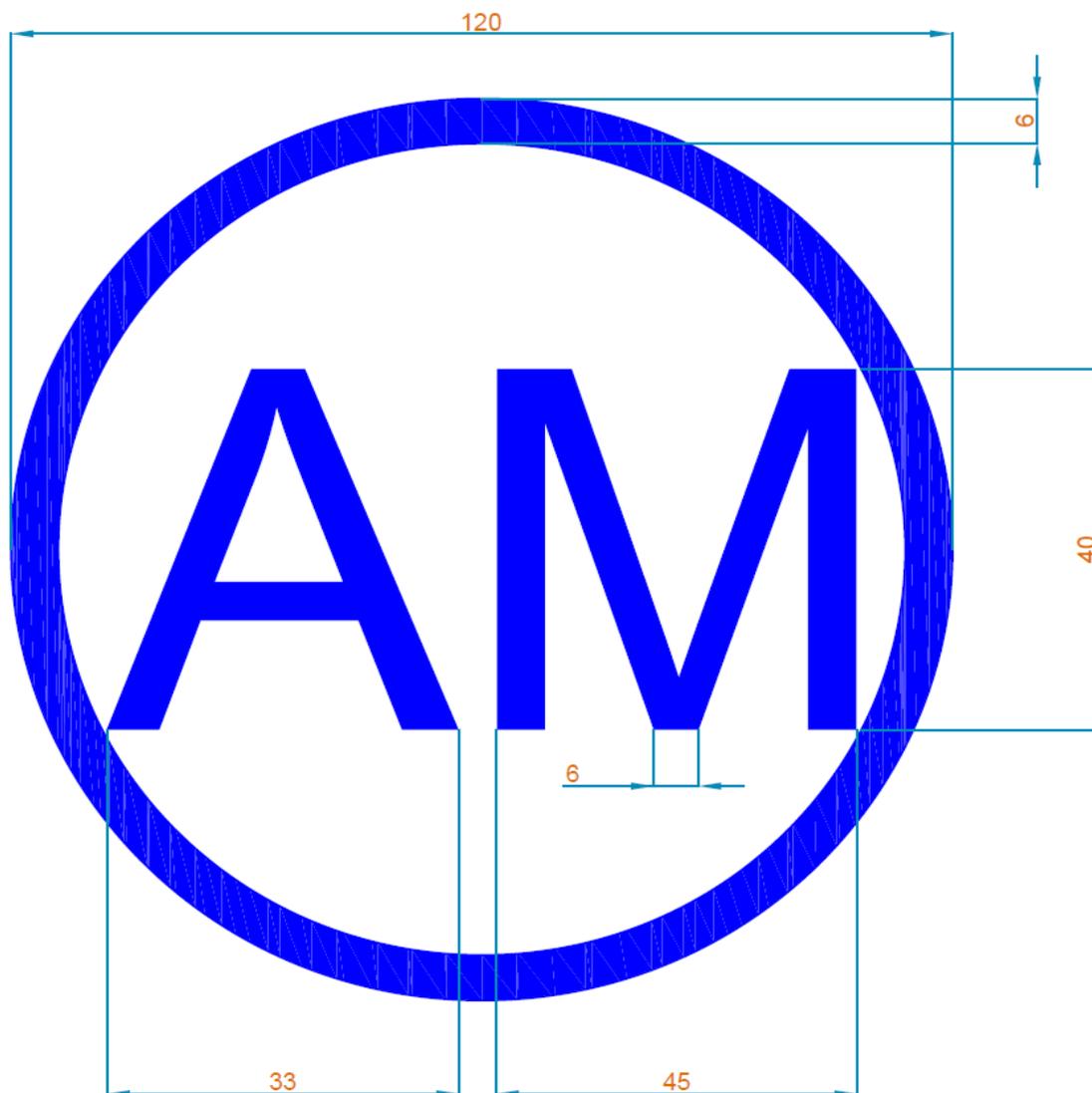
## DESENHO 15 - Simbologia de identificação de enrolamentos em alumínio



### NOTA:

1. Dimensões em milímetros (mm).

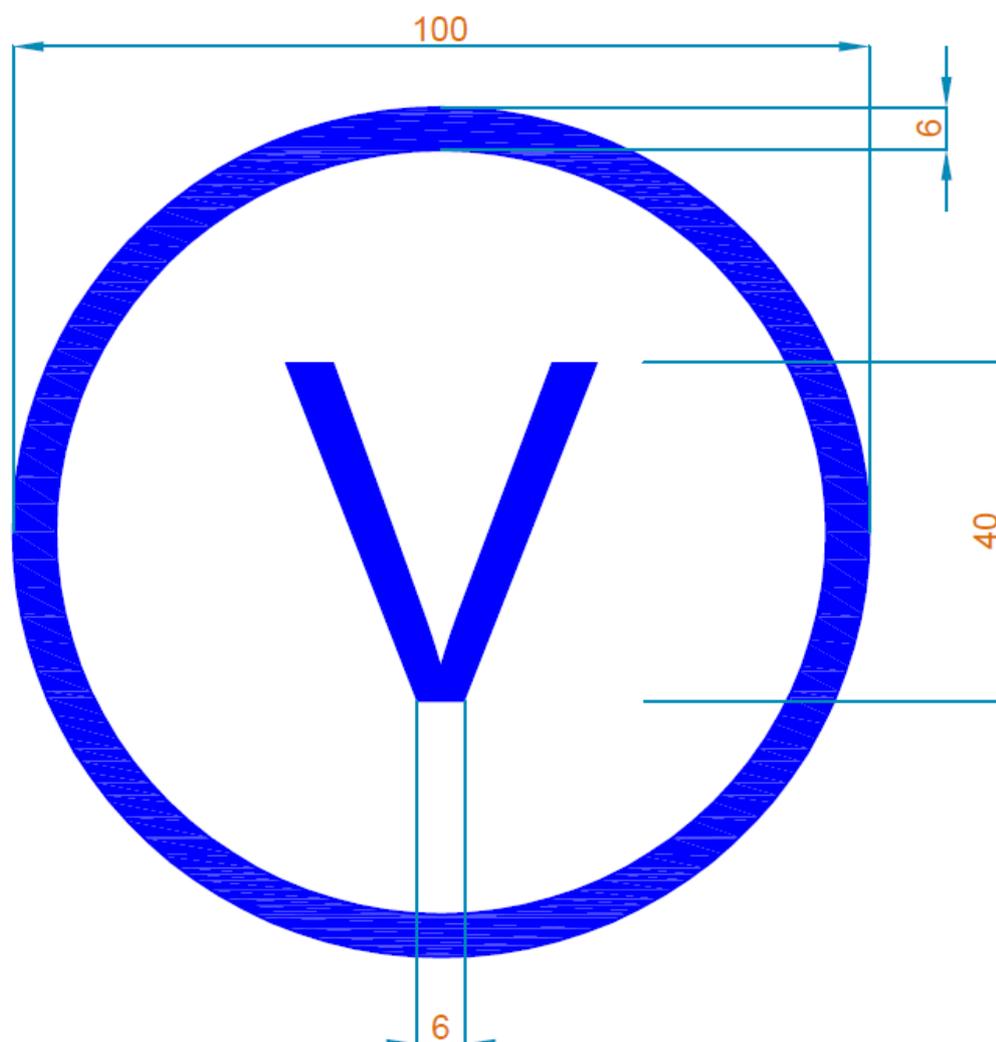
## DESENHO 16 - Simbologia de identificação de núcleo de metal amorfo



### NOTA:

1. Dimensões em milímetros (mm).

## DESENHO 17 - Simbologia de identificação de óleo vegetal isolante



NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

## DESENHO 18 - Etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE)

### Tamanho normal

		82 mm	
		57 mm	25 mm
123 mm	35 mm	<p><b>Energia</b> (Elétrica)</p> <p>Fornecedor Modelo</p> <p>Tipo Potência (kVA) Classe de Tensão (kV)</p>	<p>TRANSFORMADOR EM LÍQUIDO ISOLANTE PARA REDE DE DISTRIBUIÇÃO</p> <p>ABCDEF XYZ(Logo)</p> <p>ABC 1 2 3 ABC 1 2 3 ABC 1 2 3</p>
	25 mm	<p><b>Perdas máximas (tap nominal)</b></p> <p>- Vazio (W) - Totais (W) Relação de Transformação</p>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	25 mm	<p><b>Perdas máximas (tap crítico)</b></p> <p>- Vazio (W) - Totais (W) Relação de Transformação</p>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	8 mm	<p><b>NBI (kV)</b></p>	<input type="text"/>
	30 mm	<p>   </p> <p>                     Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE                      Transformadores de Distribuição em Líquido Isolante                      Relatório ___/___ - XXX                 </p> <p>  </p> <p>                     IMPORTANTE: FICA PROIBIDA A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA DO EQUIPAMENTO.                 </p>	

#### NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

DESENHO 18 - Etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE) -  
 Continuação

Tamanho reduzida

	70,00	60,00		
60,00	<b>Energia</b> (Elétrica) Fornecedor Modelo Tipo Potência (kVA) Classe de Tensão (kV)	TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO EM LIGADO ISOLANTE	<b>PERDAS MÁXIMAS (tap nominal)</b> - Vazio (W)                   00000 - Totais (W)                   00000 - Relação Transformação   00000	30,00
	 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE Transformadores de Distribuição em Ligado Isolante Relação ____ - XXX <b>Eletrobras</b>		<b>PERDAS MÁXIMAS (tap crítico)</b> - Vazio (W)                   00000 - Totais (W)                   00000 - Relação Transformação   00000	30,00
	70,00	60,00		

NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

## DESENHO 19 - Modelo de etiqueta autoadesiva “ISENTO DE PCB”



### NOTAS:

- I. Etiqueta autocolante para uso ao tempo;
- II. Todas as letras são em fonte padrão Arial.

## 21 ANEXOS

### ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas

#### TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO

Nome do fabricante:

N.º da licitação:

N.º da proposta:

Item	Descrição	Características / Unidades
1	Tipo/modelo	
2	Código do material	
2.1	a) Código fabricante:	
2.2	b) Código Energisa:	
3	Potência nominal:	kVA
4	Níveis de tensão:	kV
4.1	a) Tensões nominais:	
4.1.1	• Enrolamento primário (MT):	kV
4.1.2	• Enrolamento secundário (BT):	V
4.2	b) Classe de tensão:	
4.3	c) Tensões de derivação:	
4.3.1	• Derivação 1:	kV
4.3.2	• Derivação 2:	kV
4.3.3	• Derivação 3:	kV
4.3.4	• Derivação 4:	kV
4.3.4	• Derivação 5 (quando aplicável):	kV
5	Frequência:	Hz
6	Nível de isolamento:	kV
6.1	a) Primário (MT):	
6.1.1	• Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena:	kV <sub>cr</sub>
6.1.2	• Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena reduzida:	kV <sub>cr</sub>

## ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação

Item	Descrição	Características / Unidades
6.1.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena reduzida:</li> </ul>	kV <sub>cr</sub>
6.1.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda cortada:</li> </ul>	kV <sub>ef</sub>
6.1.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão suportável nominal em frequência industrial durante 1 min.:</li> </ul>	kV <sub>ef</sub>
6.2	b) Secundário (BT):	
6.2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena:</li> </ul>	kV <sub>cr</sub>
6.2.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda plena reduzida:</li> </ul>	kV <sub>cr</sub>
6.2.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão suportável nominal de impulso atmosférico - onda cortada:</li> </ul>	kV <sub>ef</sub>
6.2.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tensão suportável nominal em frequência industrial durante 1 min.1:</li> </ul>	kV <sub>ef</sub>
7	Elevação de temperatura na derivação de _____ V:	
7.1	a) Dos enrolamentos (método da variação da resistência):	°C
7.2	b) Do ponto mais quente dos enrolamentos:	°C
7.3	c) Do óleo isolante (medida próximo à superfície do líquido):	°C
7.4	d) Isolamento com papel termoestabilizado (sim/não):	
8	Tensão de curto-circuito a _____ °C:	
8.1	a) Na base _____ kV:	%
8.2	b) Na relação _____ kV:	%
9	Corrente de excitação, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C:	%
10	Perdas, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C:	
10.1	a) Em vazio:	W
10.2	b) Totais:	W
11	Regulação, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C:	
11.1	a) Fator de potência da carga igual a 0,8, a 75 °C:	%
11.2	b) Fator de potência da carga igual a 1,0, a 75 °C:	%
12	Rendimento, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C:	

## ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação

Item	Descrição	Características / Unidades
12.1	c) Fator de potência a 0,8 %, com carga de:	
12.1.1	• 25 % da potência nominal:	%
12.1.2	• 50 % da potência nominal:	%
12.1.3	• 75 % da potência nominal:	%
12.1.4	• 100 % da potência nominal:	%
12.2	d) Fator de potência a 1,0 %, com carga de:	
12.2.1	• 25 % da potência nominal:	%
12.2.2	• 50 % da potência nominal:	%
12.2.3	• 75 % da potência nominal:	%
12.2.4	• 100 % da potência nominal:	%
13	Máxima tensão de rádio interferência:	μV
14	Massas:	
14.1	a) Parte ativa:	kg
14.2	b) Tanque e tampa:	kg
14.3	c) Líquido isolante:	kg
14.4	d) Total:	kg
15	Grupo de ligação:	
16	Nível de ruído:	dB
17	Classe de temperatura do material isolante:	
18	Tipo de resfriamento:	
19	Material dos enrolamentos:	
19.1	a) Enrolamentos primários (MT):	
19.2	b) Enrolamentos secundários (BT):	
20	Espessura das chapas:	
20.1	a) Tampa:	mm
20.2	b) Corpo:	mm
20.3	c) Fundo:	mm
20.4	d) Tubos, radiadores ou aletas:	mm

## ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação

Item	Descrição	Características / Unidades
21	Dispositivo de alívio de pressão:	
21.1	a) Pressão de alívio:	
21.2	b) Pressão de vedação:	
21.3	c) Taxa de vazão:	
21.4	d) Taxa de admissão de ar:	
21.5	e) Temperatura de operação:	°C
22	Líquido isolante:	
22.1	a) Tipo / Designação:	
22.2	b) Características:	
22.3	c) Volume:	L
23	Informar o método de preparo da chapa, tratamento anticorrosivo, e esquema de pintura interna e externa a serem utilizados:	
24	Embalagem:	
24.1	a) Tipo de embalagem:	
24.2	b) Quantidade de unidade:	
24.3	c) Peso da embalagem:	kg

### NOTAS:

- I. O fabricante deve fornecer em sua proposta todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas;
- II. Se forem submetidas propostas alternativas cada uma delas deve ser submetida com o Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas específico, claramente preenchido, sendo que cada quadro deve ser devidamente marcado para indicar a qual proposta pertence;
- III. Erro no preenchimento do quadro de características poderá ser motivo para desclassificação;



## ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas - Continuação

- IV. Todas as informações requeridas no Quadro de Dados Técnicos e Características Garantidas devem ser compatíveis com as informações descritas em outras partes da proposta de fornecimento. Em caso de dúvidas as informações prestadas no referido quadro prevalecerão sobre as descritas em outras partes da proposta;
- V. O fabricante deve garantir que a performance e as características dos equipamentos a serem fornecidos estarão em conformidade com as informações aqui apresentadas.



## ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores

Na inspeção geral dos transformadores devem ser verificados, no mínimo, os aspectos e características apresentados a seguir:

### a) Tanque:

- 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)
- Parte externa:
  - Ausência de escorrimento, empolamento e enrugamento da pintura;
  - Marcação dos terminais de primários e secundários, conforme item 10.4;
  - Simbologia do transformador, conforme item 10.5;
  - Numeração de patrimônio, conforme item 6.8;
  - Marcação do número de série na alça de suspensão e na tampa.

### b) Núcleo:

- Ausência de oxidação e borras;
- Aterramento;
- “Gaps” e empacotamento.

## ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores - Continuação

### c) Bobinas:

- Ausência de deformação por aperto excessivo dos tirantes, calços etc.;
- Rigidez mecânica das bobinas e dos calços;
- Canais para circulação de óleos desobstruídos;
- Flexibilidade dos cabos de interligação às buchas do primário;
- Verificação do tipo de papel utilizado;
- Qualidade do enrolamento: uniformidade, ausência de remonte de espiras, impregnação.

### d) 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.

### NOTA:

- I. Caso haja acompanhamento de fabricação por parte da Energisa, a inspeção visual da parte ativa dos transformadores pode ser realizada durante a fabricação, a critério do inspetor.

