

*Transformador de serviços  
auxiliares até 36,2 kV para  
subestação de distribuição (SED)*

ESA | DENG | NRM-46 | 2023

# Especificação Técnica Unificada

ETU - 101

Versão 1.0 - Agosto / 2023



## 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 serviço auxiliar (TSA), tipo aéreo (AER), trifásicos, imersos em líquido isolante com resfriamento natural, nas tensões primárias até 34,5 kV e nas tensões secundárias usuais das subestações de distribuição (SED), 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 1.0, datada de agosto de 2023.

**Cataguases - MG., Agosto de 2023.**

**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-101 (versão 1.0)

**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)

**Fabio Lancelotti**

Energisa Minas Rio (EMR)

**Juliano Ferraz de Paula**

Energisa Sergipe (ESE)

**Fabício Sampaio Medeiros**

Energisa Mato Grosso (EMT)

**Paulo Roberto dos Santos**

Energisa Mato Grosso do Sul (EMS)

**Fernando Espíndula Corradi**

Energisa Rondônia (ERO)

**Rodrigo Brandão Fraiha**

Energisa Sul-Sudeste (ESS)

**Flavio Mendes Hirschmann**

Dir. Suprimentos Logística

# Sumário

1	OBJETIVO.....	12
2	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	12
3	OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS.....	12
4	REFERÊNCIAS NORMATIVAS .....	12
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 .....	26
5	TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES .....	28
5.1	TRANSFORMADOR .....	28
5.1.1	Transformador em líquido isolante .....	28
5.1.2	Transformador trifásico .....	28
5.2	BUCHA.....	28
5.3	COMUTADOR DE DERIVAÇÃO .....	28
5.4	DERIVAÇÃO .....	28
5.4.1	Derivação inferior .....	29
5.4.2	Derivação principal.....	29
5.4.3	Derivação superior .....	29
5.5	DEGRAU DE DERIVAÇÃO .....	29
5.6	DESLOCAMENTO ANGULAR .....	29
5.7	DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO (DAP) .....	30
5.8	ENROLAMENTO .....	30
5.8.1	Enrolamento primário.....	30
5.8.2	Enrolamento secundário.....	30
5.9	LIGAÇÃO DELTA .....	30
5.10	LIGAÇÃO ESTRELA .....	30
5.11	NÍVEL DE ISOLAMENTO.....	31
5.12	NÚCLEO .....	31
5.12.1	Núcleo envolvente .....	31
5.12.2	Núcleo envolvido.....	31
5.13	ÓLEO MINERAL ISOLANTE (OMI) .....	31
5.14	PARTE ATIVA.....	31
5.15	PERDAS EM VAZIO .....	31
5.16	PERDAS TOTAIS .....	31
5.17	RADIADOR .....	32
5.18	TERMINAL DE LIGAÇÃO.....	32
5.19	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	32

5.20	ENSAIOS DE TIPO .....	32
5.21	ENSAIOS ESPECIAIS .....	32
6	HOMOLOGAÇÃO DE FORNECEDORES.....	32
7	CONDIÇÕES GERAIS .....	33
7.1	CONDIÇÕES DO SERVIÇO .....	33
7.2	LINGUAGENS E UNIDADES DE MEDIDA .....	34
7.3	ACONDICIONAMENTO .....	35
7.4	TRANSPORTE.....	37
7.5	MEIO AMBIENTE .....	38
7.6	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL .....	39
7.7	GARANTIA .....	39
7.8	ETIQUETAS AUTOADESIVAS.....	40
7.8.1	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) .....	40
7.8.2	Identificação de Isento de PCB .....	40
7.9	NUMERAÇÃO DE PATRIMÔNIO.....	41
7.10	AVALIAÇÃO TÉCNICA DO MATERIAL .....	41
8	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS .....	43
8.1	CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO .....	43
8.2	POTÊNCIA NOMINAL (S) .....	43
8.3	TENSÃO NOMINAL ( $U_R$ ) .....	43
8.4	NÍVEL DE ISOLAMENTO NOMINAL ( $U_D$ ) .....	44
8.5	DERIVAÇÕES (TAPS) E TENSÕES NOMINAIS .....	44
8.6	FREQUÊNCIA NOMINAL ( $F_R$ ) .....	44
8.7	ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA.....	44
8.8	PERDAS, CORRENTES DE EXCITAÇÃO E TENSÃO DE CURTO-CIRCUITO .....	45
8.9	DIAGRAMAS FASORIAIS DOS TRANSFORMADORES .....	45
8.10	DIAGRAMAS DE LIGAÇÕES DOS TRANSFORMADORES .....	46
8.11	TENSÃO DE RÁDIO-INTERFERÊNCIA (TRI).....	46
8.12	CAPACIDADE DE RESISTIR A CURTOS-CIRCUITOS .....	47
8.13	NÍVEL DE RUÍDO .....	47
9	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS .....	47
9.1	MATERIAIS ISOLANTES .....	47
9.2	RESFRIAMENTO .....	48
9.3	ESTRUTURA DO TRANSFORMADOR .....	48
9.3.1	Tanque do transformador e respectiva tampa .....	48
9.3.2	Radiadores.....	49
9.3.3	Alças de suspensão ou orelhas de suspensão .....	49
9.3.4	Suporte para fixação no poste .....	50
9.3.5	Sistema de fixação da tampa .....	50


9.3.6	Fixação e suspensão da parte ativa.....	50
9.3.7	Estrutura de apoio.....	51
9.3.8	Soldas .....	51
9.4	BUCHAS ISOLANTES E TERMINAIS DE LIGAÇÃO .....	51
9.4.1	Buchas primárias .....	52
9.4.2	Buchas secundárias.....	53
9.5	DISPOSITIVO DE ATERRAMENTO .....	54
9.6	JUNTAS DE VEDAÇÃO .....	54
9.7	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO .....	55
9.8	DISPOSITIVO DE ALÍVIO DE PRESSÃO (DAP) .....	56
9.9	FIXAÇÕES EXTERNAS (FERRAGENS) .....	58
9.10	MASSA DO TRANSFORMADOR .....	58
10	PARTE ATIVA.....	58
10.1	NÚCLEO .....	59
10.2	ENROLAMENTO .....	59
10.3	SISTEMA DE COMUTAÇÃO SEM TENSÃO (CST) .....	60
11	PINTURA E MARCAÇÕES .....	61
11.1	CONDIÇÕES GERAIS .....	61
11.2	ACABAMENTO INTERNO .....	62
11.3	ACABAMENTO EXTERNO.....	62
11.4	MARCAÇÕES.....	63
11.4.1	Tampa do tanque .....	63
11.4.2	Tanque - Parte frontal .....	63
11.4.3	Tanque - Parte traseira e/ou lateral do tanque dos transformadores ..	64
11.5	SIMBOLOGIA.....	64
12	INSPEÇÃO E ENSAIOS.....	64
12.1	GENERALIDADES.....	64
12.2	RELAÇÃO DE ENSAIOS.....	68
12.2.1	Ensaio de tipo (T) .....	68
12.2.2	Ensaio de recebimento (RE) .....	70
12.2.3	Ensaio especiais (E) .....	72
12.3	DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS.....	74
12.3.1	Inspeção geral .....	74
12.3.2	Verificação dimensional.....	74
12.3.3	Ensaio de resistência dos enrolamentos .....	75
12.3.4	Ensaio de resistência de isolamento .....	75
12.3.5	Ensaio de relação de transformação .....	75
12.3.6	Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases.....	75
12.3.7	Ensaio de impedância de curto-circuito .....	75
12.3.8	Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio .....	76

12.3.9	Ensaio de corrente de excitação.....	76
12.3.10	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial .....	76
12.3.11	Ensaio de tensão induzida de curta duração.....	76
12.3.12	Ensaio de impulso atmosférico.....	77
12.3.13	Ensaio de tensão de rádio-interferência.....	77
12.3.14	Ensaio de elevação de temperatura.....	77
12.3.15	Ensaio de nível de ruído.....	77
12.3.16	Ensaio de verificação da resistência mecânica do (s) suporte (s) para fixação do transformador.....	78
12.3.17	Ensaio para verificação da pintura do tanque .....	78
12.3.17.1	Ensaio de aderência .....	78
12.3.17.2	Ensaio de brilho .....	78
12.3.17.3	Ensaio de espessura.....	78
12.3.17.4	Ensaio de impermeabilidade .....	79
12.3.17.5	Ensaio de névoa salina .....	79
12.3.17.6	Ensaio de resistência ao líquido isolante .....	79
12.3.17.7	Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO <sub>2</sub> .....	80
12.3.17.8	Ensaio de umidade .....	80
12.3.18	Ensaio físico-químico do líquido isolante.....	80
12.3.18.1	Ensaio de aspecto visual .....	80
12.3.18.2	Ensaio de cor .....	80
12.3.18.3	Ensaio de fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação.....	81
12.3.18.4	Ensaio de índice de neutralização .....	81
12.3.18.5	Ensaio de rigidez dielétrica por eletrodo de disco .....	81
12.3.18.6	Ensaio de teor de água.....	82
12.3.18.7	Ensaio de teor de bifenilas policloradas (PCB) .....	82
12.3.18.8	Ensaio de tensão interfacial.....	82
12.3.19	Ensaio do comutador sem tensão (CST) .....	82
12.3.19.1	Ensaio de elevação de temperatura dos contatos.....	82
12.3.19.2	Ensaio de corrente de curto-circuito.....	82
12.3.19.3	Ensaio mecânicos .....	83
12.3.19.4	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial.....	83
12.3.19.5	Ensaio de impulso atmosférico.....	83
12.3.19.6	Intemperismo artificial.....	84
12.3.19.7	Determinação das propriedades de impacto Charpy.....	84
12.3.19.8	Ensaio mecânicos de recebimento .....	84
12.3.19.9	Ensaio de sequência de operações .....	85
12.3.19.10	Ensaio de grau de proteção.....	85
12.3.20	Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP) .....	85
12.3.20.1	Ensaio de resistência ao vácuo.....	85
12.3.20.2	Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão.....	85



12.3.20.3	Ensaio de grau de proteção.....	86
12.3.20.4	Verificação da pressão de atuação .....	86
12.3.20.5	Estanqueidade e resistência à pressão.....	86
12.3.21	Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio .....	87
12.3.22	Ensaio das juntas de vedação .....	87
12.3.22.1	Ensaio de identificação do material.....	87
12.3.22.2	Ensaio de densidade .....	87
12.3.22.3	Ensaio de dureza Shore A .....	87
12.3.22.4	Ensaio de cinza .....	87
12.3.22.5	Ensaio de enxofre livre.....	88
12.3.22.6	Ensaio de tensão de ruptura.....	88
12.3.22.7	Ensaio de alongamento.....	88
12.3.22.8	Ensaio de envelhecimento térmico em ar .....	88
12.3.22.9	Ensaio de envelhecimento em líquido isolante .....	89
12.3.22.10	Ensaio de deformação permanente a compressão .....	89
12.3.22.11	Ensaio de relaxação de tensão por compressão .....	90
12.3.22.12	Ensaio de resistência ao ozônio .....	90
12.3.22.13	Ensaio de compatibilidade das juntas de vedação com líquido isolante	90
12.3.23	Ensaio de medição da camada de revestimento de zinco.....	90
12.3.23.1	Ensaio de massa por unidade de área .....	91
12.3.23.2	Ensaio de aderência da camada .....	91
12.3.23.3	Ensaio de espessura da camada.....	91
12.3.23.4	Ensaio de uniformidade da camada .....	91
12.3.24	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	92
12.3.24.1	Camada de estanho.....	92
12.3.24.2	Camada de prata .....	92
12.3.25	Ensaio de torque dos parafusos dos terminais .....	92
12.3.26	Ensaio de medição da impedância de sequência zero .....	93
12.3.27	Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT)	93
12.3.28	Ensaio de suportabilidade a curto-circuito.....	93
12.3.29	Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação .....	93
12.3.30	Ensaio de medição do fator de potência do isolamento (tg $\delta$ ) e capacitâncias .....	94
12.4	RELATÓRIOS DOS ENSAIOS .....	94
13	PLANOS DE AMOSTRAGEM.....	95
13.1	ENSAIOS DE TIPO .....	95
13.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	95
13.2.1	Inspeção geral e verificação dimensional .....	95

13.2.2	Ensaio físico-químico do líquido isolante .....	95
13.2.3	Ensaio de elevação de temperatura.....	96
13.2.4	Demais ensaios .....	96
13.3	ENSAIOS DE ESPECIAIS .....	96
14	ACEITAÇÃO E REJEIÇÕES .....	96
14.1	ENSAIOS DE TIPO .....	96
14.2	ENSAIOS DE RECEBIMENTO .....	97
15	NOTAS COMPLEMENTARES .....	97
16	HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO .....	98
17	VIGÊNCIA .....	98
18	TABELAS.....	100
	TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de serviço auxiliar (TSA)	
	.....	100
	TABELA 2 - Níveis de isolamento nominal .....	102
	TABELA 3 - Derivações e relações de tensões .....	102
	TABELA 4 - Limites de elevação de temperatura .....	103
	TABELA 5 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito	
	.....	104
	TABELA 6 - Tolerâncias.....	105
	TABELA 7 - Níveis máximos de ruído .....	105
	TABELA 8 - Espessura mínima da chapa de aço .....	106
	TABELA 9 - Características elétricas das buchas isolantes.....	107
	TABELA 10 - Buchas e terminais de baixa tensão (BT) .....	108
	TABELA 11 - Momento de torção.....	108
	TABELA 12 - Informações constantes no QR-CODE .....	109
	TABELA 13 - Plano de amostragem para ensaios de recebimento .....	110
	TABELA 14 - Relação de ensaios .....	112
19	DESENHOS .....	114
	DESENHO 1 - Características dimensionais do transformador trifásico .....	114
	DESENHO 2 - Suporte fixação do transformador.....	116
	DESENHO 3 - Válvula de alívio de pressão.....	117
	DESENHO 4 - Dispositivo de aterramento.....	118
	DESENHO 5 - Placa de identificação (modelo).....	119
	DESENHO 6 - Marcações do transformador .....	120
	DESENHO 7 - Simbologia de identificação de enrolamentos em alumínio .....	123
	DESENHO 8 - Simbologia de identificação de núcleo de metal amorfo .....	124
	DESENHO 9 - Etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE) .....	125
	DESENHO 10 - Modelo de etiqueta autoadesiva “ISENTO DE PCB” .....	127



20 ANEXOS .....	128
ANEXO 1 - Quadro de dados técnicos e características garantidas .....	128
ANEXO 2 - Quadro de desvios técnicos e exceções .....	133
ANEXO 3 - Inspeção geral dos transformadores .....	134

## 1 OBJETIVO

Esta Especificação Técnica estabelece os requisitos técnicos mínimos exigíveis, mecânicos e elétricos, para fabricação, ensaios e recebimento de Transformadores de Serviço auxiliar (TSA), tipo aéreo (AER), trifásicos, com enrolamento de cobre ou alumínio, imersos em líquido isolante 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 subestações de distribuição (SED), 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:

- Autotransformadores de serviço auxiliar (ASA);
- Transformadores de distribuição (TD), em geral.

### NOTA:

1. Os transformadores de serviço auxiliar têm seu uso proibido em linhas e redes de distribuição média tensão (LDMT).

## 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:

- ABNT NBR 5440, Transformadores para redes aéreas de distribuição - Requisitos

Como forma de atender aos processos de fabricação, inspeção e ensaios, os transformadores de serviço auxiliar 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
- Decreto Federal Legislativo N.º 204, de 2004, Aprova o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, adotada, naquela cidade, em 22/05/2001
- 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 serviço auxiliar em líquido isolante
- Portaria Interministerial MME/MDIC/MCTIC N.º 3, de 31/07/2018, Aprova o programa de metas para transformadores de serviço auxiliar 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 5435, Buchas para transformadores imersos em líquido isolante - Tensão nominal 15 kV, 24,2 kV e 36,2 kV - Especificações
- 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 5779, Óleos minerais isolantes - Determinação qualitativa de cloretos e sulfatos inorgânicos
- ABNT NBR 5915-1, Chapas e bobinas de aço laminadas a frio - Parte 1: Requisitos
- ABNT NBR 6234, Óleo mineral isolante - Determinação da tensão interfacial de óleo-água pelo método do anel - Método de ensaio
- ABNT NBR 6323, Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - 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 7148, Petróleo e derivados de petróleo - Determinação da massa específica, densidade relativa e °API - Método do densímetro
- ABNT NBR 7277, Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído
- ABNT NBR 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 10441, Produtos de petróleo - Líquidos transparentes e opacos - Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica
- ABNT NBR 10443, Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas - Método de ensaio


- ABNT NBR 10474, Qualificação em soldagem - Terminologia
- ABNT NBR 10505, Líquidos isolantes elétricos - Determinação de enxofre corrosivo
- ABNT NBR 10710, Líquido isolante elétrico - Determinação do teor de água - Método coulométrico de Karl Fischer
- 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 11349, Produto de petróleo - Determinação do ponto de fluidez
- 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 12134, Óleo mineral isolante - Determinação do teor de 2,6-di-terciário-butil paracresol
- 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 14274, Óleo mineral isolante - Determinação da compatibilidade de materiais empregados em equipamentos elétricos


- 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 16367-2, Acessórios para transformadores e reatores de sistemas de potência imersos em líquido isolante - Parte 2: Dispositivo de alívio de pressão
- ABNT NBR 16446, Líquidos isolantes sintéticos à base de hidrocarbonetos aromáticos para equipamentos elétricos
- 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, 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 D97, Standard test method for pour point of petroleum products
  - 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 D445, Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (and calculation of dynamic viscosity)

- 
- 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 D971, Standard test method for interfacial tension of insulating liquids against water by the ring method
  - 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 D1275, Standard test method for corrosive sulfur in electrical insulating liquids
  - ASTM D1298, Standard test method for density, relative density, or API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method
  - 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 D2140, Standard practice for calculating carbon-type composition of insulating oils of petroleum origin
  - ASTM D2240, Standard test method for rubber property - Durometer hardness
  - ASTM D2300, Standard test method for gassing of electrical insulating liquids under electrical stress and ionization (modified pirelli method)
  - ASTM D2622, Standard test method for sulfur in petroleum products by wavelength dispersive x-ray fluorescence spectrometry
  - ASTM D2668, Standard test method for 2,6-di-tert-butyl- p-cresol and 2,6-di-tert-butyl phenol in electrical insulating oil by infrared absorption
  - ASTM D3300, Standard test method for dielectric breakdown voltage of insulating liquids under impulse conditions
  - ASTM D3455, Standard test methods for compatibility of construction material with electrical insulating oil of petroleum origin
  - ASTM D3359, Standard test methods for rating adhesion by tape test
  - ASTM D3677, Standard test methods for rubber - Identification by infrared spectrophotometry
  - ASTM D4294, Standard test method for sulfur in petroleum and petroleum products by energy dispersive x-ray fluorescence spectrometry

- ASTM D5950, Standard test method for pour point of petroleum products (automatic tilt method)
- 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, 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 60076-10, 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 TS 60815-1, Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles
- 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 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-189.1, Óleos minerais isolantes (OMI)
- NDU-027, Critérios para utilização de equipamentos e materiais em área de corrosão atmosférica

#### NOTAS:

- II. Todas as normas ABNT 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
  - 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
  - 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 5440, ABNT NBR 5456, ABNT NBR 5458 e ABNT NBR 5460, 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 em líquido isolante

Transformador cuja parte ativa é imersa em líquido isolante.

#### 5.1.2 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 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.

#### 5.4.1 Derivação inferior

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

#### 5.4.2 Derivação principal

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

#### 5.4.3 Derivação superior

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

#### 5.5 Degrau de derivação

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

#### 5.6 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).

## 5.7 Dispositivo de alívio de pressão (DAP)

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

## 5.8 Enrolamento

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

### 5.8.1 Enrolamento primário

Enrolamento que recebe energia.

### 5.8.2 Enrolamento secundário

Enrolamento que fornece energia.

## 5.9 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.

## 5.10 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:**

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

## 5.11 Nível de isolamento

Conjunto de valores de tensões suportáveis nominais.

## 5.12 Núcleo

Circuito magnético de um transformador.

### 5.12.1 Núcleo envolvente

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

### 5.12.2 Núcleo envolvido

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

## 5.13 Óleo mineral isolante (OMI)

Óleo isolante derivado do petróleo, destinado à utilização em transformadores, chaves elétricas, reatores, disjuntores, religadores etc.

## 5.14 Parte ativa

Conjunto formado pelo núcleo, enrolamentos e suas partes acessórias.

## 5.15 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.

## 5.16 Perdas totais

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

### 5.17 Radiador

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

### 5.18 Terminal de ligação

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

### 5.19 Ensaio 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.

### 5.20 Ensaio 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.

### 5.21 Ensaio 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://grupoenergisa.com.br/paginas/fornecedores/fornecedores.aspx>

## 7 CONDIÇÕES GERAIS

Os transformadores de serviço auxiliar 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 serviço auxiliar 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:
  - Máxima do ar ambiente: 45 °C;
  - Média, em um período de 24 horas: 35 °C;
  - Mínima do ar ambiente: 0 °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;
- d) Umidade relativa do ar até 100 %;
- 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;
- g) Classe de severidade de poluição local (SPS) leve e médio, conforme ABNT IEC TS 60815-1 ou IEC TS 60815-1;
- h) Vibrações insignificantes devido a causas externas aos isoladores ou devido a tremores de terra, conforme IEC 60721-1.

## 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:**

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

### 7.3 Acondicionamento

Os transformadores de serviço auxiliar devem ser acondicionados individualmente, em container (caixa para transporte), confeccionada em madeira, não retornáveis, com massa bruta não superior a 2.000 (dois 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;
  - Carga e descarga, através da alça de suspensão do transformador, com o uso de pontes rolantes;
  - Transporte e ou armazenamento superposto de 2 (dois) transformadores.
- 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>

**NOTA:**

**XI. A embalagem, quando confeccionada em madeira, a mesma deve:**

- Ser de boa qualidade, reforçadas, contendo suporte para apoio e marcação dos pontos e sentidos de içamento, 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 serviço auxiliar.
- 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;

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 serviço auxiliar (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) ABNT NBR 5440;
- j) Número e quaisquer outras informações especificadas na Ordem de Compra de Material (OCM).

#### NOTAS:

- XII. O fornecedor brasileiro deverá numerar os diversos volumes e anexar à nota fiscal uma relação descritiva (romaneio) do conteúdo de cada volume;
- XIII. 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 01/01/2025, 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 serviço auxiliar, 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 serviço auxiliar, 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 líquido isolante 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 serviço auxiliar devem ter uma expectativa de vida útil, mínima, de 30 (trinta) anos a partir da data de fabricação, contra qualquer falha, provenientes de processo fabril, sob condições normais de operação prevista nesta Especificação Técnica.

### NOTA:

- XIV. 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 transformadores de serviço auxiliar, obedecido ainda o disposto no OCM, será de 36 (trinta e seis) a partir da entrega nos almoxarifados da concessionária ou 24 (vinte e quatro) meses a partir da data de entrada em operação, prevalecendo o prazo referente ao que ocorrer primeiro, contra qualquer defeito de fabricação, material e acondicionamento.

Caso os transformadores de serviço auxiliar apresentem quaisquer tipos de defeito, novo período de garantia de 12 (doze) meses de operação satisfatória, a partir da solução do defeito, deve entrar em vigor para o lote em questão.

Dentro do referido período as despesas com mão-de-obra decorrentes da retirada e instalação de equipamentos comprovadamente com defeito de fabricação, bem como o transporte destes entre o almoxarifado da concessionária e o fornecedor, incidirão sobre o último.

## 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 9.

### 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 10.

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 serviço auxiliar 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 serviço auxiliar, 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 quilovolt amperes (kVA).

## 7.10 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 detalhados.

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 (kVA), 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) Cópia dos manuais de instrução, cobrindo instalação e manutenção do equipamento.

Quando os transformadores de serviço auxiliar 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.

## 8 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

### 8.1 Condições de carregamento

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

Os equipamentos auxiliares, tais como buchas, comutadores de derivações e outros, devem suportar sobrecargas correspondentes a 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 serviço auxiliar trifásicos serão de 75 kVA e 112,5 kVA.

### 8.3 Tensão nominal ( $U_r$ )

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

- a) Primárias trifásica: 11,4 kV, 13,8 kV, 22,0 kV e 34,5 kV.
- b) Secundárias trifásicas: 220/127 V e 380/220 V.



Os transformadores de serviço auxiliar 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 Nível de isolamento nominal ( $U_d$ )

Os níveis de isolamento, em quilovolts (kV), e os espaçamentos mínimos no ar, em milímetros (mm), devem obedecer a Tabela 2.

#### 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 das Tabela 3.


#### NOTAS:

- XV. Os transformadores de serviço auxiliar devem ser expedidos na derivação (TAP) correspondente à tensão primária nominal, conforme item 8.3;
- XVI. Não serão aceitos transformadores com derivações em percentual (%) de redução ou elevação.

#### 8.6 Frequência nominal ( $f_r$ )

A frequência nominal dos transformadores de serviço auxiliar 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 4.

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

- Alternativa “1” com data de fabricação até 31/12/2025.
- Alternativa “2” com data de fabricação após 01/01/2026.

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

Conforme estabelece a Portaria Interministerial N.º 3, de 31/07/2018, os transformadores deverão possuir níveis de perdas máximas correspondentes ao:

- Nível “E” até a data de fabricação de 31/12/2018.
- Nível “D” a partir da data de fabricação de 01/01/2019;
- Nível “C” a partir da data de fabricação de 01/01/2023.

Para as temperaturas de referência citadas na Tabela 4, os valores de perdas em vazio ( $P_o$ ), perdas totais ( $P_t$ ), corrente de excitação máxima ( $I_o$ ) e tensão de curto-circuito são os indicados nas Tabela 5, e referidos à derivação principal.

Os valores individuais não devem ultrapassar os valores garantidos na proposta, observadas as tolerâncias especificadas na Tabela 6.

## 8.9 Diagramas fasoriais dos transformadores

Os transformadores de serviço auxiliar trifásicos devem possuir diagrama fasorial, Figura 1.

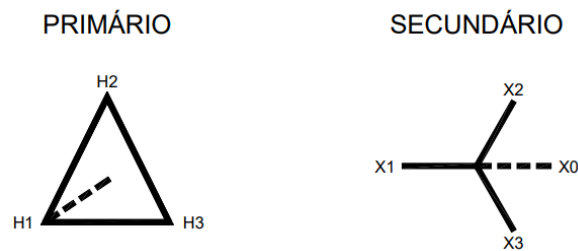


Figura 1 - Diagrama de ligação

## 8.10 Diagramas de ligações dos transformadores

Os transformadores de serviço auxiliar trifásicos devem possuir diagrama de ligação Dyn1, conforme Figura 2.

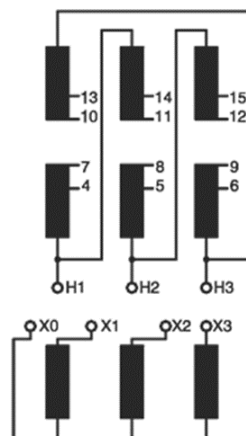


Figura 2 - Diagrama de ligação - Dyn1

## 8.11 Tensão de rádio-interferência (TRI)

Os transformadores de serviço auxiliar devem ser submetidos ao ensaio de tensão de rádio-interferência segundo a CISPR TR 18-2, com a tensão máxima de 1,1 vezes 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  $\mu$ V, para a tensão máxima de 15 kV.
- 650  $\mu$ V, para a tensão máxima de 24,2 e 36,2 kV.

## 8.12 Capacidade de resistir a curtos-circuitos

Os transformadores de serviço auxiliar 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:

- XVII. 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.

## 8.13 Nível de ruído

Os transformadores de serviço auxiliar devem atender aos níveis máximos de ruído conforme Tabela 7.

# 9 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

## 9.1 Materiais isolantes


O líquido isolante, antes do contato com o equipamento, deve ser óleo mineral isolante (OMI), dos tipos:

- a) Tipo “A” (base naftênica);
- b) Tipo “B” (base parafínica).

### NOTA:

- XVIII. Os óleos minerais isolantes (OMI) devem estar de acordo com as resoluções vigentes da ANP.

Os materiais isolantes dos transformadores de serviço auxiliar devem ser, no mínimo, de classe térmica 105 °C (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 4, devem ser utilizados materiais compatíveis com a alternativa selecionada.

## 9.2 Resfriamento

Os transformadores de serviço auxiliar devem ser resfriamento em sistema tipo ONAN (Óleo natural, ar natural) por circulação natural.

## 9.3 Estrutura do transformador

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

### 9.3.1 Tanque do transformador e respectiva tampa

Os transformadores de serviço auxiliar devem ser projetados e construídos para operar selado, devendo suportar variações de pressão interna, bem como o seu próprio peso, quando levantado.

A tampa deve ser fixada ao tanque por meio de dispositivos adequados e impermeáveis quando da sua retirada do transformador e deve ser garantida a continuidade elétrica entre a tampa e o tanque, de forma que não impeça a retirada da tampa.


A chapa do tanque deve estar de acordo com as ABNT NBR 6649, ABNT NBR 6650 e ABNT NBR 11888, com espessura mínima conforme Tabela 8, devendo suportar a pressão manométrica de 69 kPa (0,7 kgf/cm<sup>2</sup>).

#### NOTA:

**XIX. Não serão aceitos transformadores de serviço auxiliar com painel corrugado utilizados como radiador.**

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





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

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) Nas alças de suspensão.

### 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:

**XX. Não serão aceitos transformadores de serviço auxiliar com painel corrugado utilizados como radiador.**

### 9.3.3 Alças de suspensão ou orelhas de suspensão

Os transformadores de serviço auxiliar devem possuir 2 (duas) alças de suspensão, conforme Desenho 1, de maneira que o material utilizado na suspensão não atinja as bordas da tampa e tenha resistência, dimensões e formato suficientes e adequados para permitir o içamento e a locomoção do transformador sem lhe causar outros danos, inclusive na pintura e nas buchas.



As alças de suspensão devem ser isentas de rebarbas e deverá ser gravado, em baixo relevo, o número de série.

#### 9.3.4 Suporte para fixação no poste

Os suportes para fixação no poste devem ser em número de 2 (dois) e soldados ao tanque, conforme Desenho 1, ter formato e dimensões, conforme Desenho 2, e espessura, que suportem perfeitamente o peso do transformador e permitam a instalação adequada deste ao poste.

#### 9.3.5 Sistema de fixação da tampa

A tampa deve ser fixada ao tanque por meio de dispositivo (s) adequado (s), projetado (s) de forma que não interfiram na conexão dos cabos de baixa tensão nas buchas secundárias.

#### NOTA:


XXI. Os dispositivos de fixação da tampa ao tanque não devem coincidir com o eixo vertical das buchas secundárias, de modo a preservar a cota “E” do Desenho 1 e a distância mínima de espaçamento no ar estabelecida pela ABNT NBR 5440.

#### 9.3.6 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.

### 9.3.7 Estrutura de apoio

A parte inferior do transformador deve ter uma estrutura que assegure uma distância mínima de 10 mm, entre a chapa do fundo e o plano de apoio do transformador.

A estrutura deve consistir em barras de ferro chatas ou quadradas, soldadas à chapa do fundo ou do prolongamento de toda a superfície lateral do tanque desde que não sejam criadas quinas vivas ou cutelos que acarretem o afundamento do transformador, quando transportado sem a embalagem, sobre pisos de madeira.

#### NOTA:

XXII. Alternativamente, a estrutura de apoio pode ser o prolongamento das paredes do tanque pode ser utilizado para este objetivo.

### 9.3.8 Soldas


As soldas executadas na confecção do tanque dos transformadores devem ser executadas de modo contínuo e de ambos os lados, interno e externo, de acordo com as recomendações da AWS D1.1.

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:

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

## 9.4 Buchas isolantes 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 em quantidade adequada ao tipo de terminal, com:

- 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:**

**XXIV. 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 11.

#### 9.4.1 Buchas primárias

Os invólucros isolantes das buchas primárias 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 N 6.5.

As características compatíveis dos invólucros devem estar em conformidade com a ABNT NBR 5034 e ABNT NBR 5435, com níveis de isolamento e distâncias de escoamento em conformidade com a Tabela 9.



Os terminais primários devem ser do tipo grampo com olhal T1 até 160 A e ser dimensionados para condutores com seção transversal de 35 mm<sup>2</sup> a 95 mm<sup>2</sup>, conforme a ABNT NBR 5435, e confeccionados em liga de cobre ou cobre eletrolítico, revestido por imersão a quente, em:

- Estanho: Com camada mínima de 8,0 µm;
- Prata: Com camada mínima de 2,0 µm.

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

#### 9.4.2 Buchas secundárias

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 N 6.5.

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 9.

Os terminais de ligação secundários devem ser do tipo bandeira (SPADE), tipo T2 e T3, com 2 ou 4 furos de padrão tipo NEMA, conforme Tabela 10 e ABNT NBR 16856, confeccionados em ligas de cobre ou cobre eletrolítico, revestido por imersão a quente, em:

- Estanho: Com camada mínima de 8,0 µm;
- Prata: Com camada mínima de 2,0 µm.

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

## 9.5 Dispositivo de aterramento

Os transformadores de serviço auxiliar devem possuir 1,0 (um) conector apropriado para ligação de condutores de cobre e/ou alumínio, de diâmetro 3,2 a 10,5 mm (10 a 120 mm<sup>2</sup>), preso por meio de um parafuso de rosca M12 x 1,75 no furo roscado do suporte para fixação no poste.

A localização do terminal deve ser no suporte superior, na parte lateral mais próxima ao terminal X0 (neutro), conforme Desenho 1.

## 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 4, 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 (± 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 ≥ 37 %.

## 9.7 Placa de identificação

O transformador de serviço auxiliar deve ser provido de placa de identificação metálica, a prova de tempo, em posição visível, fixada ao tanque em suporte apropriado, espaçado de 20 mm entre o corpo do transformador e qualquer parte da placa, conforme Desenho 1.

A placa de identificação deve possuir dimensões e formato A6 (105 mm x 148 mm), conforme Desenho 5 e ser confeccionada em:

- Aço-inoxidável com espessura 0,5 mm.; ou
- Alumínio anodizado, com espessura mínima 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:

**XXV. 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 TRIFÁSICO”;
- b) Nome e demais dados do fabricante e local de fabricação;
- c) Número de série de fabricação;
- d) Mês e ano de fabricação (MM/AAAA);
- e) Potência nominal, em quilovolts-ampère (kVA)
- f) Impedância de curto-circuito, em porcentagem (%);
- g) Tensões nominais de média tensão (MT), em quilovolts (kV);

- h) Tensão nominal de baixa tensão (BT), em volt (V);
- i) Diagrama de ligação dos enrolamentos;
- j) Polaridade (subtrativa ou aditiva);
- k) Número da placa de identificação;
- l) Elevação de temperatura óleo/enrolamento, em graus centígrado (°C);
- m) Material dos enrolamentos MT/BT (por exemplo: Al/Cu);
- n) QR-CODE, conforme Tabela 12;
- 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) Constar informação: “Produto isento de PCB”.

**NOTA:**


XXVI. 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) Não interferir no manuseio dos suportes de fixação em poste ou no manuseio dos suportes para fixação de para-raios;
  - c) Ser direcionado para o lado das buchas de baixa tensão (BT).

O transformador de serviço auxiliar 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: 16,5 L/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 serviço auxiliar 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 3.

## 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 6323 ou ASTM A153/A153M.
- Transformadores para ambientes agressivos: Com espessura mínima de 54  $\mu\text{m}$  e massa mínima de 380  $\text{g}/\text{m}^2$ , tanto individualmente quanto na média.

### NOTAS:

- XXVII. São considerados áreas de ambiente agressivos, as áreas litorâneas de Sergipe e Paraíba, conforme NDU-027;
- XXVIII. 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 serviço auxiliar não pode ultrapassar 1.250 kg.

# 10 PARTE ATIVA

## 10.1 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;
- 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.

## 10.2 Enrolamento

Os enrolamentos devem ser de condutores de cobre ou alumínio e devem ser capazes de suportar, sem danos, os 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:**

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

As bobinas deverão ser construídas de forma a obter alto grau de resistência à umidade.

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

Os materiais isolantes empregados deverão conter agentes químicos antidegradantes, de maneira a assegurar a não propagação e auto extinção de chama, além da não liberação de gases tóxicos.

### **10.3 Sistema de comutação sem tensão (CST)**

O transformador de serviço auxiliar deve ter um sistema de comutação de tensões, 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 serviço auxiliar a ser aplicado, conforme ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1;
- c) Ser do tipo linear ou rotativo, conforme ABNT NBR 8667-1 ou IEC 60214-1, com acionamento rotativo, com mudança simultânea nas fases, 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:**

XXX. 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, preferencialmente, na lateral do transformador de serviço auxiliar, em local que seja possível ter acesso após a montagem em poste e que não influa nas características elétricas do transformador.

## 11 PINTURA E MARCAÇÕES

### 11.1 Condições gerais

O esquema de pintura das superfícies metálicas do transformador de serviço auxiliar 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.

## NOTA:

- XXXI. 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.

### 11.2 Acabamento interno

No acabamento interno do tanque dos transformadores de serviço auxiliar, 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 serviço auxiliar 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.

### 11.3 Acabamento externo

No acabamento externo dos transformadores de serviço auxiliar, devem ser observados os seguintes requisitos:

- a) As impurezas devem ser removidas por processo químico, conforme ABNT NBR 15158 e/ou jateamento abrasivo seco ao metal quase branco, padrão visual Sa 2.1/2, conforme ISO 8501-1, logo após a fabricação do tanque;

- b) Antes do início de qualquer processo de oxidação, deverá ser aplicada 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) Em seguida, aplica-se 1ª 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 2ª demão, de tinta de poliuretano acrílico alifático, conforme padrão Petrobras N-2677, com espessura seca (demão) de 45  $\mu\text{m}$ ;
- e) Por fim, aplica-se 3ª demão de tinta de poliuretano acrílico alifático, conforme padrão Petrobras N-2677, na cor cinza-claro, notação Munsell N 6.5, perfazendo uma espessura mínima de 45  $\mu\text{m}$ .
- f) Espessura seca total mínima de 270  $\mu\text{m}$ .

## 11.4 Marcações

Todas as marcações deverão ser feitas por meio de tinta cor preta, notação Munsell N1, e ter altura dos caracteres não inferior a 30 mm e nas posições indicadas, conforme Desenho 6.

### 11.4.1 Tampa do tanque

As marcações devem conter:

- a) Terminais externos primários (MT): H1, H2 e H3.
- b) Potência do transformador, em kVA;
- c) Número do patrimônio.

### 11.4.2 Tanque - Parte frontal

As marcações devem conter:

- a) Terminais externos secundário (BT): X0, X1, X2 e X3;

- b) Dizeres “OPERAR SEM TENSÃO”, próximo ao comutador, conforme especificado no item 10.3;
- c) Garantia do transformador.

**NOTA:**

XXXII. Na alínea 11.4.2.b, poderá ser de dimensões inferiores à 30 mm, contundo deve ser superior à 10 mm, na cor vermelha, notação Munsell 5 R 4/14.

### 11.4.3 Tanque - Parte traseira e/ou lateral do tanque dos transformadores

As marcações devem conter:

- a) Marca Energisa;
- b) A sigla “TSA”;
- c) Potência do transformador, em kVA;
- d) Número do patrimônio;

### 11.5 Simbologia


Os transformadores de distribuição deverão ter simbologia, 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 7;
- b) As letras “AM” dentro de um círculo, para transformador com núcleo em metal amorfo, conforme Desenho 8.

## 12 INSPEÇÃO E ENSAIOS

### 12.1 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 12.2.1, 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 12.4.

- 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 ser 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:**

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


## 12.2 Relação de ensaios

Todos os ensaios relacionados estão constando na Tabela 14.

### 12.2.1 Ensaios de tipo (T)

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

- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 12.3.3;
- b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 12.3.4;


- 
- c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 12.3.5;
- d) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 12.3.6;
- e) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 12.3.7;
- f) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 12.3.8;
- g) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 12.3.9;
- h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 12.3.10;
- i) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 12.3.11;
- j) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 12.3.12;
- k) Ensaio de tensão de rádio-interferência, conforme item 12.3.13;
- l) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 12.3.14;
- m) Ensaio de nível de ruído, conforme item 12.3.15;
- n) Ensaio de verificação da resistência mecânica do (s) suporte (s) para fixação do transformador, conforme item 12.3.16;
- o) Ensaio para verificação da pintura do tanque, conforme item 12.3.17:
- Ensaio de brilho;
  - Ensaio de impermeabilidade;
  - Ensaio de névoa salina;
  - Ensaio de resistência ao óleo isolante;
  - Ensaio de resistência atmosférica úmida saturada na presença de SO<sub>2</sub>;
  - Resistencia marítima;
  - Ensaio de umidade.

- p) Ensaio físico-químico do líquido isolante, conforme ETU-189.1;
- q) Ensaio do comutador sem tensão (CST), conforme item 12.3.19:
  - 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.
- r) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP), conforme item 12.3.20:
  - Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP);
  - Ensaio de resistência ao vácuo;
  - Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão;
  - Ensaio de grau de proteção.

### 12.2.2 Ensaio de recebimento (RE)

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

- a) Inspeção geral, conforme item 12.3.1;
- b) Verificação dimensional, conforme item 12.3.2;
- c) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 12.3.3;
- d) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 12.3.4;

- 
- e) Ensaio de relação de transformação, conforme item 12.3.5;
  - f) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 12.3.6;
  - g) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 12.3.7;
  - h) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 12.3.8;
  - i) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 12.3.9;
  - j) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 12.3.10;
  - k) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 12.3.11;
  - l) Ensaio para verificação da pintura do tanque, conforme item 12.3.17:
    - Ensaio de aderência;
    - Ensaio de espessura.
  - m) Ensaio físico-químico do óleo, conforme item 12.3.18;
  - n) Ensaio do comutador sem tensão (CST), conforme item 12.3.19:
    - Ensaio mecânicos de recebimento;
    - Ensaio de sequência de operações;
    - Ensaio de grau de proteção.
  - o) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP), conforme item 12.3.20:
    - Verificação da pressão de atuação;
    - Estanqueidade e resistência à pressão.
  - p) Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio, conforme item 12.3.21;
  - q) Ensaio das juntas de vedação, conforme item 12.3.22;
  - r) Ensaio de verificação do revestimento de zinco, conforme item 12.3.23;

- s) Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação, conforme item 12.3.24;
- t) Ensaio de torque dos parafusos dos terminais, conforme item 12.3.25.

### 12.2.3 Ensaio especiais (E)

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

- a) Ensaio de resistência dos enrolamentos, conforme item 12.3.3;
- b) Ensaio de resistência de isolamento, conforme item 12.3.4;
- c) Ensaio de relação de transformação, conforme item 12.3.5;
- d) Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases, conforme item 12.3.6;
- e) Ensaio de impedância de curto-circuito, conforme item 12.3.7;
- f) Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio, conforme item 12.3.8;
- g) Ensaio de corrente de excitação, conforme item 12.3.9;
- h) Ensaio de tensão suportável à frequência industrial, conforme item 12.3.10;
- i) Ensaio de tensão induzida de curta duração, conforme item 12.3.11;
- j) Ensaio de impulso atmosférico, conforme item 12.3.12;
- k) Ensaio de tensão de rádio-interferência, conforme item 12.3.13;
- l) Ensaio de elevação de temperatura, conforme item 12.3.14;
- m) Ensaio de nível de ruído, conforme item 12.3.15;
- n) Ensaio de verificação da resistência mecânica do (s) suporte (s) para fixação do transformador, conforme item 12.3.16;
- o) Ensaio físico-químico do óleo, conforme item 12.3.18;



p) Ensaio do comutador sem tensão (CST), conforme item 12.3.19:

- 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.

q) Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP), conforme item 12.3.20:

- Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP);
- Ensaio de resistência ao vácuo;
- Ensaio de fechamento do dispositivo de alívio de pressão;
- Ensaio de grau de proteção.

r) Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio, conforme item 12.3.21;

s) Ensaio de medição da impedância de sequência zero, conforme item 12.3.26;

t) Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT), conforme item 12.3.27;

u) Ensaio de suportabilidade a curto-circuito, conforme item 12.3.28;

v) Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação, conforme item 12.3.29;

w) Ensaio de medição do fator de potência do isolamento ( $\text{tg } \delta$ ) e capacitâncias, conforme item 12.3.30.

## 12.3 Descrição dos ensaios

### 12.3.1 Inspeção geral

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

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

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

### 12.3.2 Verificação dimensional

O inspetor deverá efetuar inspeções de:

- As dimensões do equipamento e seus acessórios requeridos, conforme item 9 e Desenho 1;
- 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:**

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

### 12.3.3 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.

### 12.3.4 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.

### 12.3.5 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 na Tabela 1.

### 12.3.6 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.

### 12.3.7 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 pelas Tabela 5.

### 12.3.8 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 pelas Tabela 5.

### 12.3.9 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 pelas Tabela 5.

### 12.3.10 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.

### 12.3.11 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  $100 \text{ pC a } 1,1 U_m / \sqrt{3}$ .

### 12.3.12 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.

### 12.3.13 Ensaio de tensão de rádio-interferência

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.

### 12.3.14 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.

### 12.3.15 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 8.13.

### 12.3.16 Ensaio de verificação da resistência mecânica do (s) suporte (s) para fixação do transformador

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

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de:

- a) Deslocamento residual superior à 2,0 milímetros no sentido de aplicação da carga;
- b) Trincas ou ruptura no (s) suporte (s) de fixação do transformador.

### 12.3.17 Ensaios para verificação da pintura do tanque

#### 12.3.17.1 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:  $Gr_1$ .


#### 12.3.17.2 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.

#### 12.3.17.3 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.

#### 12.3.17.4 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.

#### 12.3.17.5 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.

#### 12.3.17.6 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 imerso 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.

#### 12.3.17.7 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.

#### 12.3.17.8 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.

### 12.3.18 Ensaio físico-químico do líquido isolante

#### 12.3.18.1 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.

#### 12.3.18.2 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.

#### 12.3.18.3 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: 0,05 %;
- 100 °C: 0,90 %.

#### 12.3.18.4 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 0,03 mgKOH/g.

#### 12.3.18.5 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 dielétrico inferiores a 30 kV.

#### NOTA:

- XXXV. 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.

#### 12.3.18.6 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 25 mg/kg.

#### 12.3.18.7 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.

#### 12.3.18.8 Ensaio de tensão interfacial

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 6234 e ASTM D971.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de tensão interfacial inferiores a 40 mN/m.


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

##### 12.3.19.1 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.

##### 12.3.19.2 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:**

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

### 12.3.19.3 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.

### 12.3.19.4 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.

### 12.3.19.5 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.

#### 12.3.19.6 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 %.

#### 12.3.19.7 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 %.

#### 12.3.19.8 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:

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

### 12.3.19.9 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:

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

### 12.3.19.10 Ensaio de grau de proteção

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60529 ou IEC 60529.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de grau de proteção inferiores à IP-68.

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

#### 12.3.20.1 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.

#### 12.3.20.2 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.

### 12.3.20.3 Ensaio de grau de proteção

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR IEC 60529 ou IEC 60529.

Constitui falha se a amostra apresentar valores medidos de grau de proteção inferiores à IP-68.

### 12.3.20.4 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:

- XXXIX. A tolerância entre o valor especificado e o valor medido, não pode ultrapassar 5,0 kPa;
- XL. Serão aceitos relatórios de ensaios emitidos pelos fornecedores dos componentes, com prazo máximo de 12 (doze) meses.

### 12.3.20.5 Estanqueidade e resistência à pressão

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

Constitui falha se a amostra apresentar ocorrência de acionamento com valor de pressão de 15 kPa abaixo da pressão nominal.

#### NOTA:

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

### 12.3.21 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 pressão manométrica inferiores à 0,07 MPa (0,71 kgf/cm<sup>2</sup>).

### 12.3.22 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.

#### 12.3.22.1 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.

#### 12.3.22.2 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 g/cm<sup>3</sup> ou superiores à 1,30 g/cm<sup>3</sup>.

#### 12.3.22.3 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.

#### 12.3.22.4 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 %.

#### 12.3.22.5 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.

#### 12.3.22.6 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.

#### 12.3.22.7 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 %.

#### 12.3.22.8 Ensaio de envelhecimento térmico em ar

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.

#### 12.3.22.9 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.

#### 12.3.22.10 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 %.

#### 12.3.22.11 Ensaio de relaxação 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 %.

#### 12.3.22.12 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.

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

O ensaio deve ser executado conforme procedimentos da ABNT NBR 14274 ou ASTM D3455.

Constitui falha se amostra apresentar não-conformidade com os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 14274 ou ASTM D3455.

#### 12.3.23 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.

#### **12.3.23.1 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.

#### **12.3.23.2 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.

#### **12.3.23.3 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.

#### **12.3.23.4 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.

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

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.

#### 12.3.24.1 Camada de estanho

Este ensaio é aplicável exclusivamente aos terminais de ligação revestido em 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.

#### 12.3.24.2 Camada de prata

Este ensaio é aplicável exclusivamente aos terminais de ligação revestido em 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.

### 12.3.25 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 11.

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

## NOTA:

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

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

Este ensaio é somente aplicável aos transformadores trifásicos.

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.

### 12.3.27 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.

### 12.3.28 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.

### 12.3.29 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 %.

### 12.3.30 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.

## 12.4 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.

## 13 PLANOS DE AMOSTRAGEM

### 13.1 Ensaios de tipo

O plano de amostragem para os ensaios de tipo deve seguir as orientações da ABNT NBR 5440 e demais normas indicadas.

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


### 13.2 Ensaios de recebimento

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.

#### 13.2.1 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.

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



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

### 13.2.3 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 (monofásico ou trifásico), nível de tensão (kV) e potência nominal (kVA), contidas na Ordem de Compra de Materiais (OCM) por Unidade de Negócio da Energisa.

### 13.2.4 Demais ensaios

O plano de amostragem para os ensaios de recebimento de um lote está estabelecido na Tabela 13 para o produto acabado.

Se o lote a ser fornecido for constituído por mais de 50 unidades, essa quantidade deve ser dividida em vários lotes com menor número, cada um deles contendo entre 15 e 50 unidades.

## 13.3 Ensaios de especiais

O plano de amostragem para os ensaios especiais deve ser formado por 2 (duas) unidades, coletadas aleatoriamente nas unidades da Energisa.

Se a amostra falhar em qualquer um dos ensaios especiais, deverá ser aberta de não-conformidade.

## 14 ACEITAÇÃO E REJEIÇÕES

### 14.1 Ensaios de tipo

Os ensaios de tipo 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, os materiais não serão aceitos.



## 14.2 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 13;
- 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:

- XLIII. 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).

## 15 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)

## 16 HISTÓRICO DE VERSÕES DESTE DOCUMENTO

Data	Versão	Descrição das alterações realizadas
01/06/2022	0.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Esta 1ª edição.</li></ul>
01/08/2023	1.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Adequação à versão 2023 da ABNT NBR 5440 e Resolução Normativa ANP N.º 900.</li><li>• Inclusão dos itens 4.4, 5.2, 5.12, 5.13, 5.14, 6, 7.4, 7.8.2, 9.3.8, 13.2.1 e 13.2.3; e Desenho 10;</li><li>• Inclusão do ensaio de revestimento de camada de prata para os terminais de ligação;</li><li>• Alteração dos itens 7, 7.1, 7.3, 7.7, 8.9, 8.10, 9.1, 9.4, 9.9, 10.2, 11.1, 12.3.25 e 14.2.</li><li>• Alteração do material das juntas de vedação e seus respectivos ensaios;</li><li>• Alteração dos ensaios do:<ul style="list-style-type: none"><li>○ Dispositivo de alívio de pressão (DAP);</li><li>○ Ensaio físico-químico do líquido isolante;</li><li>○ Torque dos parafusos dos terminais.</li></ul></li><li>• Fusão dos desenhos 10 e 11;</li><li>• Retirada codificação do RFID.</li></ul>

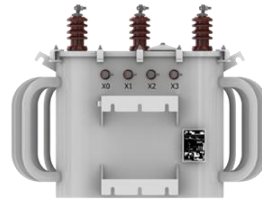
## 17 VIGÊNCIA



Esta Especificação Técnica entra em vigor na data de 01/12/2023 e revoga as documentações anteriores do grupo Energisa.

## 18 TABELAS

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de serviço auxiliar (TSA)



*Imagem meramente ilustrativa*

Código Energisa	Potência	Primário			Secundário		Cor	Empresa
		Classe de tensão	Tensão nominal	Ligação	Tensão Nominal	Ligação		
	(kVA)	(kV)			(V)			
692446	75	15,0	11,4	Triângulo	220/127	Estrela com neutro acessível	Cinza-claro - Munsell N 6.5	EMR / ESS
692447	112,5							
692448	75	15,0	13,8	Triângulo	220/127	Estrela com neutro acessível	Cinza-claro - Munsell N 6.5	EAC / EMS / EMT / EPB / ERO / ESE / ESS
692449	112,5							

TABELA 1 - Características elétricas dos transformadores de serviço auxiliar (TSA) - continuação

Código Energisa	Potência	Primário			Secundário		Cor	Empresa
		Classe de tensão	Tensão nominal	Ligação	Tensão Nominal	Ligação		
	(kVA)	(kV)			(V)			
692450	75	15,0	13,8	Triangulo	380/220	Estrela com neutro acessível	Cinza-claro - Munsell N 6.5	ETO
692644	112,5							
692451	75	24,2	22,0	Triangulo	220/127	Estrela com neutro acessível	Cinza-claro - Munsell N 6.5	EMR / EMS
692452	112,5							
692453	75	36,2	34,5	Triangulo	220/127	Estrela com neutro acessível	Cinza-claro - Munsell N 6.5	EAC / EMS / EMT / ERO / ESS
692645	112,5							
692454	75	36,2	34,5	Triangulo	380/220	Estrela com neutro acessível	Cinza-claro - Munsell N 6.5	ETO
692455	112,5							

TABELA 2 - Níveis de isolamento nominal

Classe de tensão	Tensão suportável nominal à frequência industrial.	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 3 - Derivações e relações de tensões

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

NOTA:

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

TABELA 4 - Limites de elevação de temperatura

Temperatura	Limites de elevação de temperatura	
	Alternativa 1	Alternativa 2
	(°C)	
Classe térmica mínima da isolação dos enrolamentos	105	120
Média dos enrolamentos	55	65
Ponto mais quente dos enrolamentos	65	80
Óleo isolante (topo do óleo)	50	60
Temperatura de referência das perdas totais e impedância	75	85

**NOTA:**

- I. A isolação dos enrolamentos (condutores e isolamento entre camadas) deve ser em papel termo estabilizado compatível com o óleo isolante.

TABELA 5 - Valores de perdas, correntes de excitação e tensões de curto-circuito

	Potência nominal	Nível de eficiência	Perdas em vazio máximas ( $P_o$ )	Perdas totais máximas ( $P_t$ )	Rendimento mínimo $C=0,5$ e $F_p=0,92$	Corrente de excitação máxima ( $I_o$ )	Tensão de curto-circuito
	(kVA)		(W)		(%)		
Classe de tensão - 15 kV	75	A	150	895	99,03	2,7	3,5
		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	2,5	
		B	230	1.340	99,03		
		C	285	1.525	98,86		
		D	335	1.705	98,71		
Classe de tensão - 24,2 kV	75	A	160	955	98,97	3,2	4,0
		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	2,8	
		B	255	1.405	98,96		
		C	310	1.595	98,79		
		D	370	1.785	98,62		
Classe de tensão - 36,2 kV	75	A	175	1.025	98,89	3,4	4,0
		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	3,0	
		B	275	1.470	98,90		
		C	330	1.665	98,73		
		D	385	1.860	98,56		



TABELA 6 - Tolerâncias

Características especificadas	Tolerância
Impedância de curto-circuito dos enrolamentos	$\pm 7,5 \%$
Perdas em vazio	+ 10 % (NOTA 1)
Perdas totais	+ 6,0 % (NOTA 1)
Relação de tensão em qualquer derivação	$\pm 0,5 \%$
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	$\pm 1/10$ 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 7 - Níveis máximos de ruído

Potência nominal do transformador	Nível máximo de ruído
(kVA)	(dB)
1 a 50	48
51 a 100	51
101 a 300	55

TABELA 8 - Espessura mínima da chapa de aço

Potência do transformador (kVA)	Espessura		
	Tampa	Corpo	Fundo
$10 < P \leq 150$	2,65		3,00
$150 < P \leq 300$	3,00		4,75

NOTA:

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

TABELA 9 - Características elétricas das buchas isolantes

Buchas primárias	Classe de tensão	Tensão suportável nominal à frequência industrial	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico	Distância de arco externo mínima	Distância de escoamento
	(kV <sub>ef</sub> )		(kV <sub>cr</sub> )	(mm)	
	15,0	34	110	155	280
15,0 (NOTA 1)	465				
24,2	50	150	225	450	
36,2	70	170	280	580	

NOTA:

- I. Uso exclusivo para transformadores em área de poluição atmosférica. Alternativamente, os transformadores poderão ser fornecidos com buchas de 24,2 kV.

Buchas secundárias	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	160	10	30	47	50
400		60			65	
800		81			87	

TABELA 10 - Buchas e terminais de baixa tensão (BT)

Transformador trifásico	Potência	Tensão nominal da bucha	Maior tensão secundária	
	(kVA)	(kV)	220 V	380 V
	75	1,3	T2 - 400A	T2 - 160A
	112,5			T2 - 400A

TABELA 11 - 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 12 - 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 nominal (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 13 - 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>• Ensaio da válvula de alívio de pressão interna;</li> <li>• Estanqueidade e resistência a pressão a frio;</li> <li>• Junta de vedação;</li> <li>• Revestimento de zinco;</li> <li>• Revestimento dos terminais de ligação;</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 13 - 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>Ensaio da válvula de alívio de pressão interna;</li> <li>Estanqueidade e resistência a pressão a frio;</li> <li>Junta de vedação;</li> <li>Revestimento de zinco;</li> <li>Revestimento dos terminais de ligação;</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 14 - Relação de ensaios

Item	Descrição dos ensaios	Tipos de ensaios
12.3.1	Inspeção geral	RE
12.3.2	Verificação dimensional	RE
12.3.3	Ensaio de resistência dos enrolamentos	T / RE / E
12.3.4	Ensaio de resistência de isolamento	T / RE / E
12.3.5	Ensaio de relação de transformação	T / RE / E
12.3.6	Ensaio de polaridade	T / RE / E
12.3.6	Ensaio de deslocamento angular e sequência de fases	T / RE / E
12.3.7	Ensaio de impedância de curto-circuito	T / RE / E
12.3.8	Ensaio de perdas em carga e perdas em vazio	T / RE / E
12.3.9	Ensaio de corrente de excitação	T / RE / E
12.3.10	Ensaio de tensão suportável à frequência industrial	T / RE / E
12.3.11	Ensaio de tensão induzida de curta duração	T / RE / E
12.3.12	Ensaio de impulso atmosférico	T / E
12.3.13	Ensaio de tensão de rádio-interferência	T / E
12.3.14	Ensaio de elevação de temperatura	T / RE / E
12.3.15	Ensaio de nível de ruído	T / E
12.3.16	Ensaio de verificação da resistência mecânica do (s) suporte (s) para fixação do transformador	T / E
12.3.17	Ensaio para verificação da pintura do tanque	T / RE
12.3.18	Ensaio físico-químico do óleo	T / RE / E
12.3.19	Ensaio do comutador sem tensão (CST)	T / RE / E
12.3.20	Ensaio do dispositivo de alívio de pressão (DAP)	T / RE / E
12.3.21	Ensaio de estanqueidade e resistência à pressão a frio	RE / E
12.3.22	Ensaio das juntas de vedação	RE
12.3.23	Ensaio de verificação do revestimento de zinco	RE
12.3.24	Ensaio de medição da espessura do revestimento do terminal de ligação	RE
12.3.25	Ensaio de torque dos parafusos dos terminais	RE
12.3.26	Ensaio de medição da impedância de sequência zero	E
12.3.27	Ensaio de suportabilidade a impulso atmosférico de baixa-tensão (BT)	E



TABELA 14 - Relação de ensaios - Continuação

Item	Descrição dos ensaios	Tipos de ensaios
12.3.28	Ensaio de suportabilidade a curto-circuito	E
12.3.29	Ensaio de medição de harmônicas da corrente de excitação	E
12.3.30	Ensaio de medição do fator de potência do isolamento (tg $\delta$ ) E capacitâncias	E

Legenda:

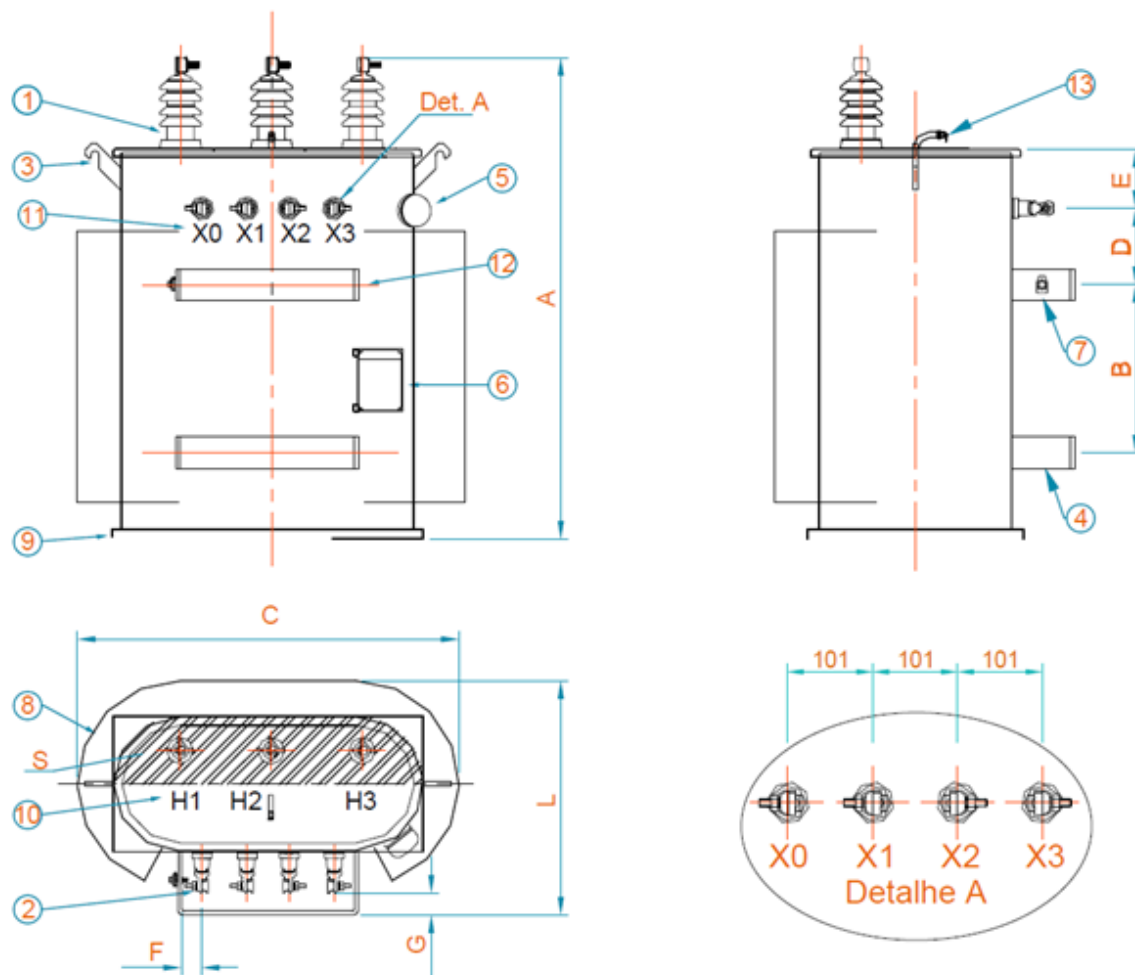
T - Ensaio de tipo;

RE - Ensaio de recebimento;

E - Ensaio especial.

## 19 DESENHOS

DESENHO 1 - Características dimensionais do transformador trifásico



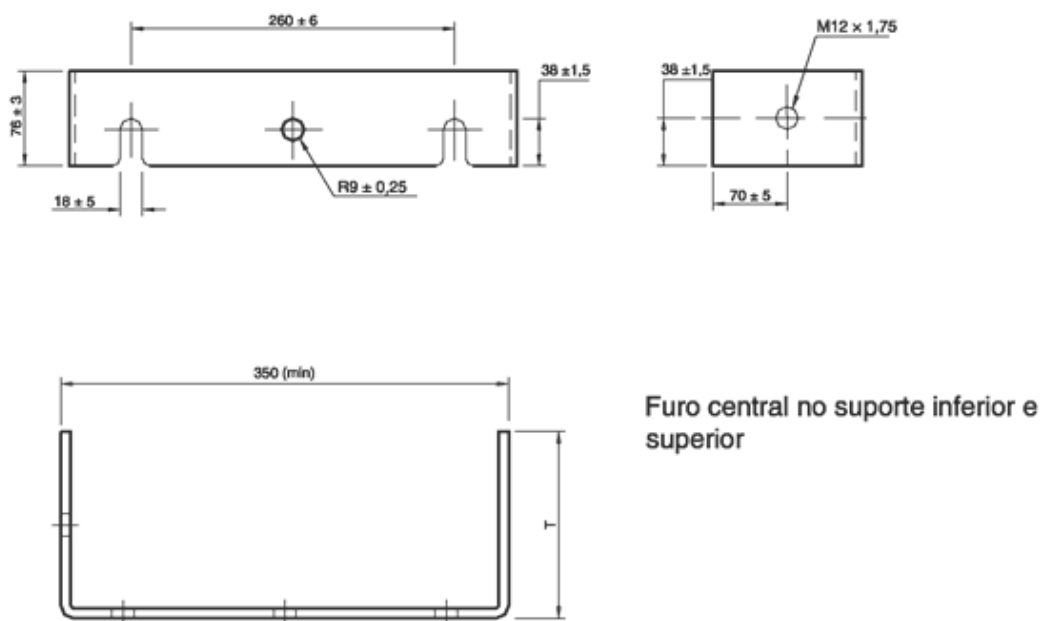
		15 kV			24,2 kV ou 36,2 kV		
		P ≤ 45	45 < P ≤ 150	P > 150	P ≤ 45	45 < P ≤ 150	P > 150
Cotas máximas	A	1.300	1.300	1.800	1.600	1.600	2.000
	C	1.300	1.350	1.650	1.400	1.450	1.700
	L	750	950	1.150	900	950	1.200
Cotas mínimas (tolerâncias D e B ± 5,0 % E ± 10 %)	G	50					
	F	65					
	D	120	150		120	150	
	B	200	200 ou 400		200	200 ou 400	
	E	100					

## DESENHO 1 - Características dimensionais do transformador trifásico - Continuação

Legenda:

1 - Bucha de média-tensão (MT)	8 - Radiadores
2 - Bucha de baixa tensão (BT)	9 - Estrutura de apoio
3 - Alça de suspensão	10 - Marcação dos terminais externos MT
4 - Suporte para fixação ao poste	11 - Marcação dos terminais externos BT
5 - Acionamento externo do comutador	12 - Placa de identificação (alternativa)
6 - Placa de identificação	13 - Dispositivo de alívio de pressão
7 - Dispositivo de aterramento	S - Área para localização das buchas MT

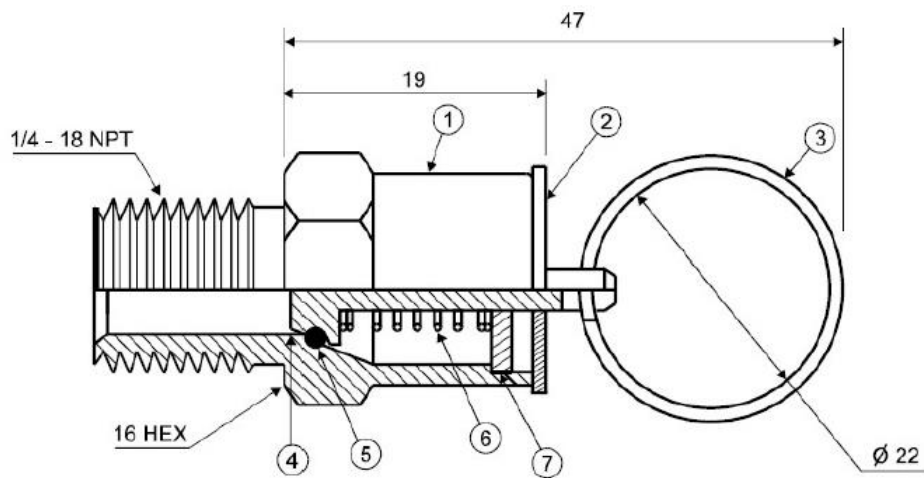
## DESENHO 2 - Suporte fixação do transformador



### NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm);
- II. As cotas “T” e “N” devem assumir valores de forma a atender as exigências do Desenho 1.

## DESENHO 3 - Válvula de alívio de pressão

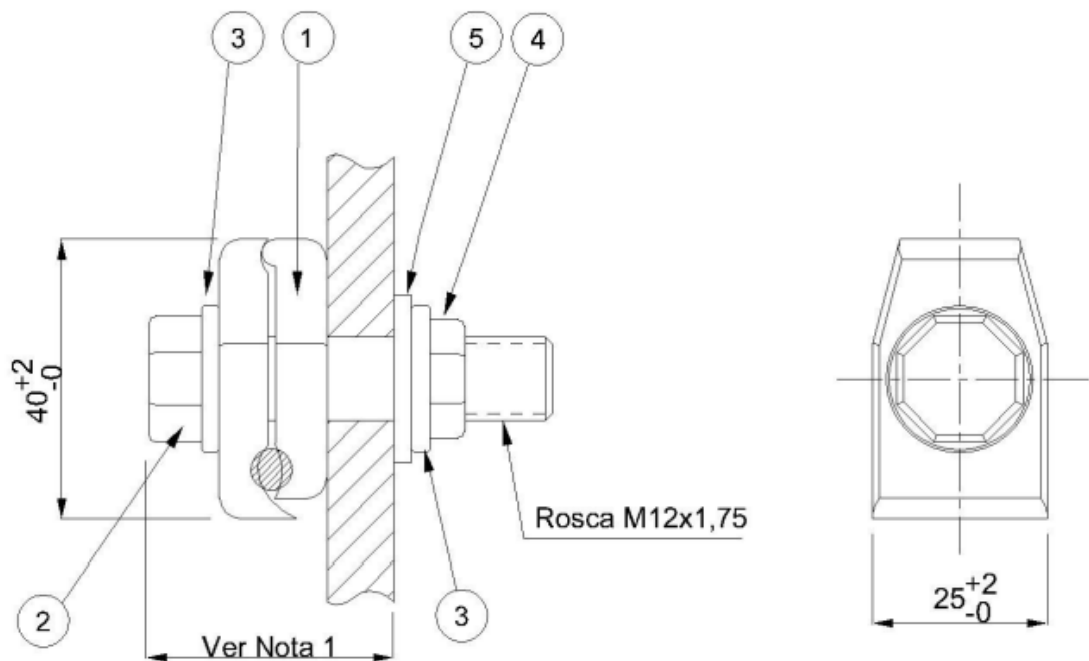


Posição	Descrição	Material
1	Corpo	Latão
2	Disco externo de vedação	Não oxidável
3	Anel externo para acionamento manual	Não oxidável
4	Êmbolo	Latão
5	Anel interno	Borracha nitrílica
6	Mola interna	Aço inoxidável
7	Guia	Aço inoxidável

### 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 4 - Dispositivo de aterramento



Posição	Descrição	Material
1	Parafuso de cabeça sextavada	Aço carbono zincado
2	Arruela de pressão	Aço carbono zincado
3	Conector de pressão	Liga de cobre
4	Arruela lisa	Aço carbono zincado
5	Porca sextavada	Aço carbono zincado

### NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm);
- II. O conector deve permitir a colocação ou retirada do condutor de maior seção sem a necessidade de desmontá-lo.

## DESENHO 5 - Placa de identificação (modelo)

(a)

### TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

Nº  Data Fabricação

Pot.  kVA Norma

Impedância  % Tipo óleo isolante

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

(i)

BAIXA TENSÃO		Terminals X0 X1 X2 X3		
V	Ligação			
(h)	(j)			

Diag.fasorial: (j)

Volume  l Massa total  kg PI Nº

Elevação de temperatura óleo / enrolamento  °C

Material dos enrolamentos AT / BT

Isento de PCB

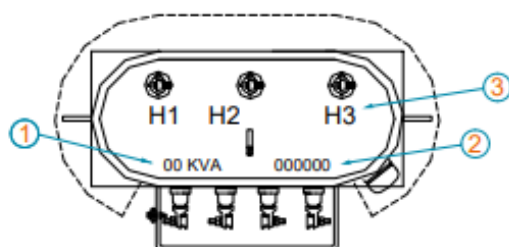
(p)

### NOTAS:

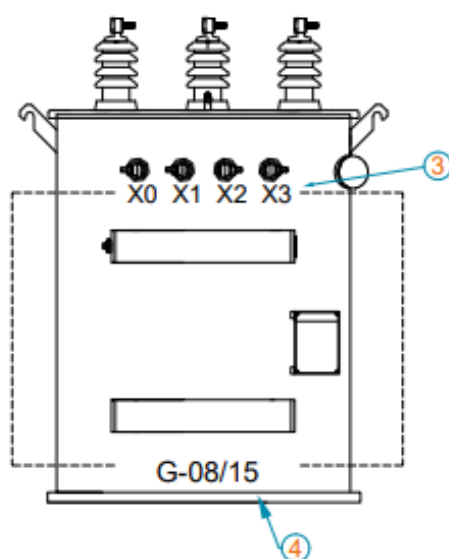
- I. Dimensões em milímetros (mm).

## DESENHO 6 - Marcações do transformador

### Tampa



### Frontal



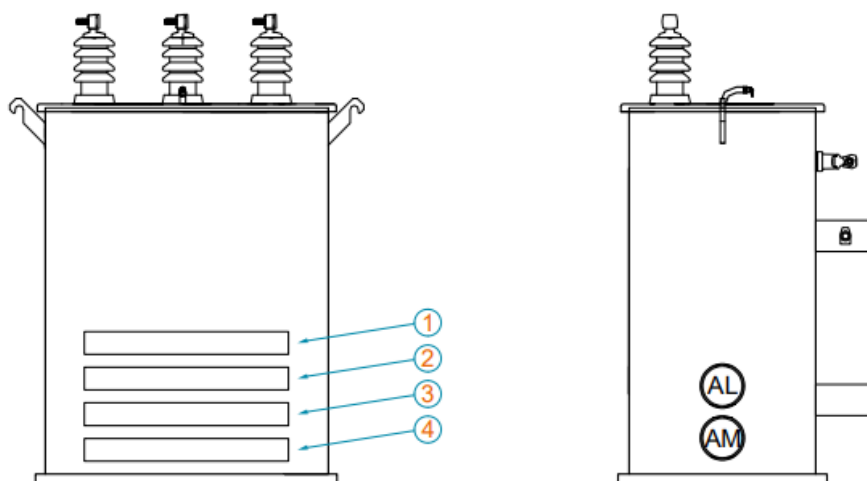
Legenda:

- 1) Potência
- 2) Número patrimonial
- 3) Nome da empresa



## DESENHO 6 - Marcações do transformador - Continuação

### Transformadores sem radiadores

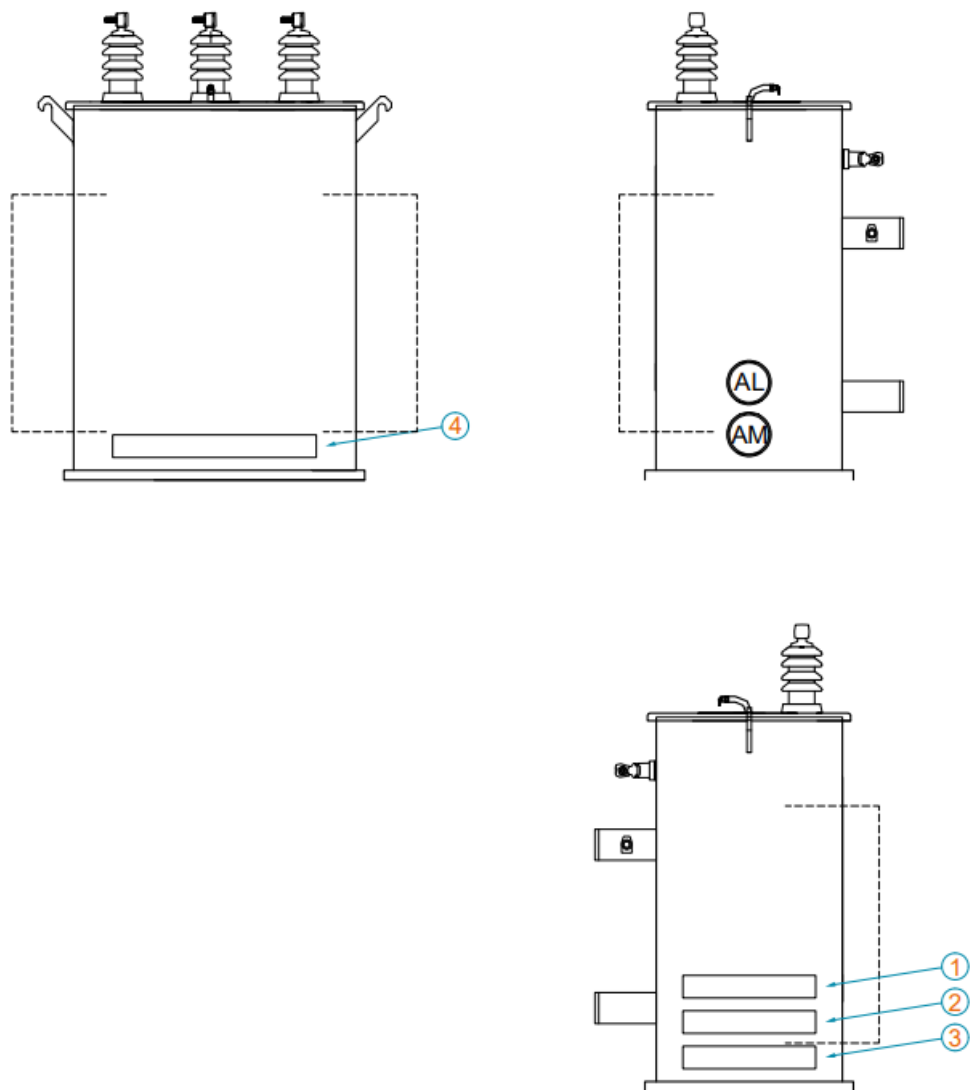


Legenda:

- 1) Nome da empresa;
- 2) Número patrimonial;
- 3) Potência nominal, em kVA;
- 4) Sigla “TSA”.

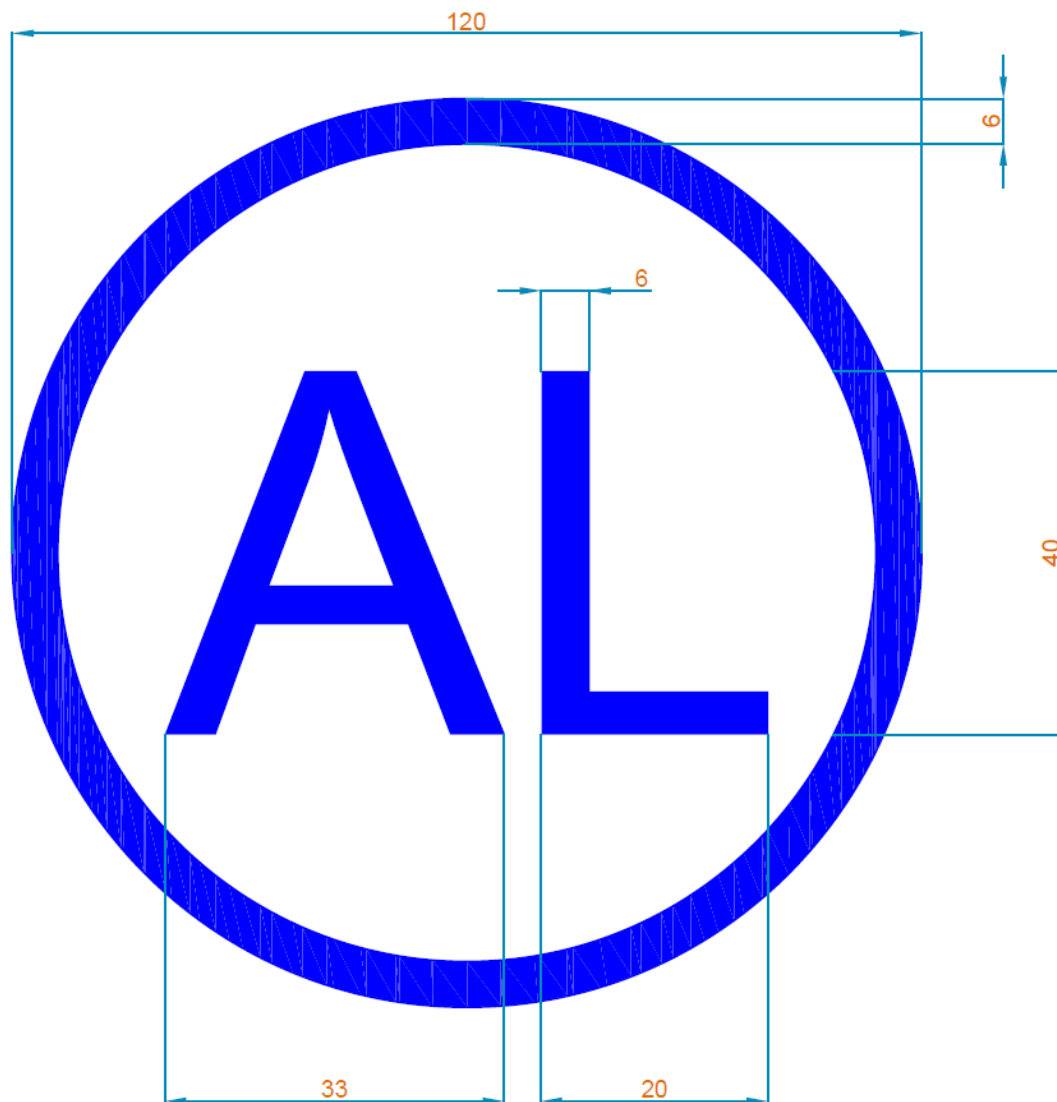
## DESENHO 6 - Marcações do transformador - Continuação

### Transformadores com radiadores



- 1) Nome da empresa;
- 2) Número patrimonial;
- 3) Potência nominal, em kVA;
- 4) Sigla "TSA".

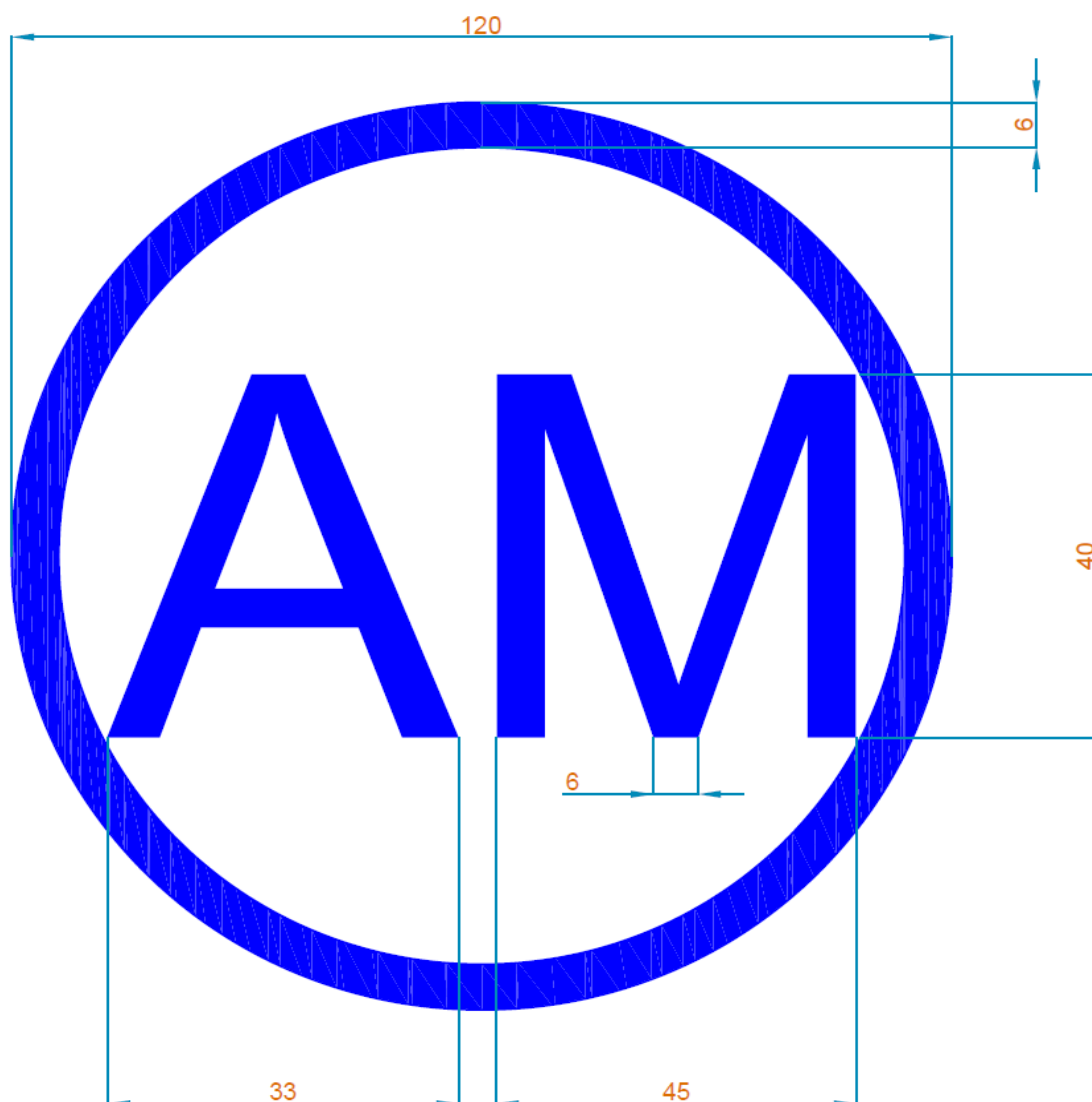
## DESENHO 7 - Simbologia de identificação de enrolamentos em alumínio



### NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm);
- II. Para os transformadores de área de poluição atmosférica, as simbologias deverão ser cor preta, notação Munsell N1.

## DESENHO 8 - Simbologia de identificação de núcleo de metal amorfo






### NOTAS:

- I. Dimensões em milímetros (mm);
- II. Para os transformadores de área de poluição atmosférica, as simbologias deverão ser cor preta, notação Munsell N1.

## DESENHO 9 - 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 9 - Etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE) -  
 Continuação

Tamanho reduzida



NOTA:

- I. Dimensões em milímetros (mm).

## DESENHO 10 - Modelo de etiqueta autoadesiva “ISENTO DE PCB”



### NOTAS:

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

## 20 ANEXOS

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

#### TRANSFORMADOR DE SERVIÇO AUXILIAR

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>



## 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>
6.1.2	<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.:</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 termo estabilizado (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:	%

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


Item	Descrição	Características / Unidades
12	Rendimento, na derivação principal, em elevação de temperatura de _____ °C:	
12.1	a) 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	b) 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

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

Item	Descrição	Características / Unidades
20.4	d) Tubos, radiadores ou aletas:	mm
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:	
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	Acondicionamento:	
24.1	a) Tipo de embalagem:	
24.2	b) Quantidade por embalagem:	
24.3	c) Peso total 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.

