

# TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO

Especificação Técnica – ET. 009  
Revisão 00 – 2022



## FINALIDADE

Esta especificação técnica tem por finalidade especificar e padronizar os critérios e requisitos mínimos exigidos para transformadores (reatores) de distribuição imersos em óleo, de aterramento trifásico, classes de tensão 15 kV e 36,2 kV, utilizados ou conectados nas redes de distribuição de energia elétrica em média tensão das concessionárias do Grupo Equatorial Energia, doravante denominadas apenas de CONCESSIONÁRIA.

Esta versão vigente cancela as versões anteriores.

## LISTA DE TABELAS


Tabela 1 - características operação .....	7
Tabela 2 - Lista de Desenhos .....	10
Tabela 3 - Características Nominais .....	13
Tabela 4 - Níveis de Isolamento .....	13
Tabela 5 - Buchas Padronizadas .....	18
Tabela 6 Limites de Elevação de Temperatura .....	20
Tabela 7 - Tipo de Transformador.....	22
Tabela 8 - Tipo de Transformador.....	32
Tabela 9 - Potência Nominal do Transformador.....	39
Tabela 10 - Lista de Fotografias .....	40



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CAMPO DE APLICAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RESPONSABILIDADES .....</b>	<b>1</b>
2.1	Gerência Corporativa de Normas, Qualidade e Desenvolvimento de Fornecedores .....	1
2.2	Gerência Corporativa de Compras de Materiais e Serviços .....	1
2.3	Gerência Corporativa de Planejamento e Logística.....	1
2.4	Fabricante/Fornecedor .....	1
2.5	Projetista / Construtor.....	1
<b>3</b>	<b>DEFINIÇÕES .....</b>	<b>2</b>
3.1	Bucha .....	2
3.2	Conservador .....	2
3.3	Corrente de excitação .....	2
3.4	Corrente nominal de neutro de regime permanente (Inr) .....	2
3.5	Corrente nominal de neutro de curta duração (Instr) .....	2
3.6	Duração da corrente nominal de neutro de curta duração (Tnstr).....	2
3.7	Enrolamento principal.....	2
3.8	Enrolamento secundário .....	2
3.9	Impedância de curto-circuito entre o enrolamento principal e o secundário .....	2
3.10	Impedância nominal de sequencia zero(Z0) .....	2
3.11	Máxima tensão de operação (Umáx) .....	2
3.12	Potência nominal do enrolamento secundário .....	2
3.13	Relé Buchholz .....	3
3.14	Tanque .....	3
3.15	Tensão nominal de um enrolamento (Un).....	3
3.16	Tensão nominal do enrolamento secundário .....	3
3.17	Tensão nominal (Ur).....	3
3.18	Transformador de aterramento .....	3
<b>4</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>3</b>
4.1	Normas Técnicas.....	3
4.1.2	American Society for Testing and Materials - ASTM .....	4
4.1.3	International Electrotechnical Commission - IEC / American National Standards Institute – ANSI	5
4.1.4	Comitê International Spécial des Perturbations Radioelectriques - CISPR.....	5
4.2	Legislação Brasileira .....	5
4.2.1	Agência Nacional do Petróleo – ANP .....	5
<b>5</b>	<b>DISPOSIÇÕES GERAIS .....</b>	<b>5</b>
5.1	Generalidades .....	5
5.2	Extensão do Fornecimento .....	5
5.4	Condições de Serviço .....	7

5.5	Embalagem .....	8
5.6	Transporte .....	8
5.7	Desenhos .....	10
5.8	Informações Técnicas Requeridas com a Proposta .....	11
5.9	Garantia.....	12
5.10	Montagem.....	12
<b>6</b>	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS .....</b>	<b>13</b>
6.1	Características Nominais .....	13
6.2	Características Construtivas .....	14
6.5	Identificação .....	29
<b>7</b>	<b>INSPEÇÕES E ENSAIOS .....</b>	<b>29</b>
7.1	Requisitos Gerais.....	29
7.2	Ensaio de Rotina .....	30
7.3	Ensaio de Tipo.....	34
7.4	Ensaio Especial .....	36
<b>10</b>	<b>CONTROLE DE REVISÕES .....</b>	<b>47</b>
<b>11</b>	<b>APROVAÇÃO .....</b>	<b>47</b>

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 1 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

## 1 CAMPO DE APLICAÇÃO

Esta especificação técnica tem a finalidade de especificar e padronizar as características mínimas exigíveis para os transformadores ou (reatores) de aterramento trifásicos, imersos em óleo, utilizados para construir um neutro para aterramento direto ou através de impedância nas subestações e redes de distribuição da CONCESSIONÁRIA.

## 2 RESPONSABILIDADES

### 2.1 Gerência Corporativa de Normas, Qualidade e Desenvolvimento de Fornecedores

Especificar as características técnicas mínimas exigíveis e homologar tecnicamente apenas fabricantes/fornecedores, que atendam em todas as etapas de fabricação os critérios e requisitos estabelecidos e definidos nesta especificação. Coordenar o processo de revisão desta especificação.

### 2.2 Gerência Corporativa de Compras de Materiais e Serviços

Proceder com o processo de compra, em conformidade com as exigências desta especificação técnica. Participar do processo de revisão desta especificação.

### 2.3 Gerência Corporativa de Planejamento e Logística


Proceder com o processo de logística, em conformidade com as exigências desta especificação técnica. Participar do processo de revisão desta especificação.

### 2.4 Fabricante/Fornecedor

Fabricar/Fornecer transformadores de distribuição imersos em óleo isolante, em conformidade com as exigências estabelecidas nesta especificação.

### 2.5 Projetista / Construtor

Realizar as atividades de projeto, construção e manutenção de subestações e redes de distribuição (RD's) de energia, utilizando transformadores ou reatores de aterramento de distribuição imersos em óleo isolante, em conformidade com os critérios e requisitos estabelecidos nesta especificação técnica.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 2 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

### 3 DEFINIÇÕES

#### 3.1 Bucha

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

#### 3.2 Conservador

Reservatório auxiliar parcialmente cheio de líquido isolante, ligado ao tanque de um transformador de modo a mantê-lo completamente cheio, permitindo a expansão e contração do líquido isolante, como também minimizando a contaminação do mesmo.

#### 3.3 Corrente de excitação

Corrente que circula em um enrolamento do transformador quando este é alimentado com sua tensão nominal e o outro enrolamento está aberto. É dada em % da corrente nominal, sendo responsável pela produção do fluxo magnético e por suprir perdas no núcleo.

#### 3.4 Corrente nominal de neutro de regime permanente ( $I_{nr}$ )

Corrente especificada que circula através do terminal de neutro do enrolamento principal, à frequência nominal, a ser conduzida continuamente.

#### 3.5 Corrente nominal de neutro de curta duração ( $I_{nstr}$ )

Corrente especificada que circula através do terminal de neutro do enrolamento principal, à frequência nominal, a ser conduzida na duração da corrente de neutro de curta duração nominal.

#### 3.6 Duração da corrente nominal de neutro de curta duração ( $T_{nstr}$ )

Duração especificada da corrente nominal de neutro de curta duração.

#### 3.7 Enrolamento principal

Enrolamento do transformador de aterramento entre os terminais de linha que são destinados a serem conectados com as fases do sistema de potência a ser aterrado.

#### 3.8 Enrolamento secundário

Enrolamento de um transformador de aterramento destinado a ser conectado a alguma carga auxiliar.

#### 3.9 Impedância de curto-circuito entre o enrolamento principal e o secundário

Impedância equivalente especificada, em ohms por fase, à frequência nominal e temperatura de referência, nos terminais do enrolamento principal, quando os terminais do enrolamento secundário são curto-circuitados e quaisquer enrolamentos auxiliares, se houver, estão em circuito fechado.


#### 3.10 Impedância nominal de sequencia zero ( $Z_0$ )

Impedância especificada, em ohms por fase, à frequência nominal, igual a três vezes o valor da impedância entre os terminais de linha conectados entre si e o terminal de neutro, com qualquer enrolamento secundário em circuito aberto e qualquer enrolamento de estabilização em condição de serviço.

#### 3.11 Máxima tensão de operação ( $U_{máx}$ )

Tensão entre fases mais elevada específica, à frequência nominal, na qual o transformador de aterramento deve ser capaz de operar continuamente.

#### 3.12 Potência nominal do enrolamento secundário

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 3 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

Potência especificada em carregamento contínuo do enrolamento secundário. Esta potência nominal é o valor de referência para garantias e ensaios envolvendo perdas em carga e elevação de temperatura para o enrolamento principal e secundário.

### 3.13 Relé Buchholz

Dispositivo de proteção para transformadores em líquido isolante, que detecta a presença de gases livres e o fluxo anormal de líquido isolante entre o tanque e o conservador.

### 3.14 Tanque

Recipiente que contém a parte ativa e o meio isolante.

### 3.15 Tensão nominal de um enrolamento ( $U_n$ )

Tensão nominal a ser aplicada, ou desenvolvida, em vazio, entre os terminais de um enrolamento sem derivações, ou de um enrolamento com derivações ligado na derivação principal. Para um enrolamento trifásico, é a tensão entre terminais de linha.

### 3.16 Tensão nominal do enrolamento secundário

Tensão a vazio especificada, à frequência nominal, induzida nos terminais de linha do enrolamento secundário, com a tensão nominal aplicada ao enrolamento principal

### 3.17 Tensão nominal ( $U_r$ )

Tensão nominal entre fases à frequência nominal, a ser aplicada entre os terminais de linha do enrolamento principal.

### 3.18 Transformador de aterramento

Transformador ou reator trifásico conectado a um sistema de potência trifásico, isolado para constituir um neutro para aterramento direto ou através de uma impedância.

## 4 REFERÊNCIAS

### 4.1 Normas Técnicas

#### 4.1.1 Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT

O transformador deve ter projeto, fabricação, ensaios, transporte e recebimento de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), relacionadas a seguir, em suas últimas revisões:

NBR 5034:1989 – Buchas para tensões alternadas superiores a 1kV;

NBR 5356-1:2010 – Transformadores de Potência - Parte 1: Generalidades;

NBR 5356-2:2007 – Transformadores de potência - Parte 2: Aquecimento;

NBR 5356-3:2010 – Transformadores de potência - Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar;

NBR 5356-4:2007 – Transformadores de potência - Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores;


NBR 5356-5:2015 – Transformadores de potência - Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos;

NBR 5356-6:2012 – Transformadores de potência - Parte 6: Reatores;

NBR 5416:1997 – Aplicação de cargas em transformadores de potência - Procedimento;

NBR 5458:2010 – Transformador de potência - Terminologia;



	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 4 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00


NBR 5595:1982 – Tubo de aço-carbono soldado por resistência elétrica para caldeiras;  
 NBR 5915:2008 – Bobinas e chapas finas a frio de aço-carbono para estampagem - Especificação;  
 NBR 6234:1965 – Método de ensaio para a determinação de tensão interfacial de óleo-água;  
 NBR 6323:2007 – Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido - Especificação;  
 NBR 6648:1984 – Chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural;  
 NBR 6650:1986 – Chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural;  
 NBR 6869:1989 – Líquidos isolantes elétricos - Determinação da rigidez dielétrica (eletrodos de disco);  
 NBR 6936:1992 – Técnicas de ensaios elétricos de alta-tensão;  
 NBR 6940:1981 – Técnicas de ensaio de alta tensão - Medição de descargas parciais;  
 NBR 7037:1993 – Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de potência em óleo isolante mineral;  
 NBR 7070:2006 – Amostragem de gases e óleo mineral isolantes de equipamentos elétricos e análise dos gases livres e dissolvidos;  
 NBR 7277:1988 – Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído;  
 NBR 8153:1983 – Guia de aplicação de transformadores de potência - Procedimento;  
 NBR 8667:1984 – Comutador de derivações em carga - Especificação;  
 NBR 9368:2011 – Transformadores de potência de tensões máximas até 145 kV - Características elétricas e mecânicas;  
 NBR 10202:2010 – Buchas de tensões nominais de 72,5kV - 145kV e 242kV para transformadores e reatores de potência - Características elétricas, construtivas dimensionais e gerais;  
 NBR 10443:2008 – Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película seca sobre superfícies rugosas - Método de ensaio;  
 NBR 11003:2010 – Tintas - Determinação da Aderência;  
 NBR 11388:1993 – Sistemas de pintura para equipamentos e instalações de subestações elétricas - Especificação;  
 NBR 12458:1990 – Válvulas para transformadores de potência acima de 500 kVA - Características mecânicas - Padronização;  
 NBR IEC 60156:2004 – Líquidos isolantes - Determinação da rigidez dielétrica à frequência industrial - Método de ensaio;  
 NBR IEC 60450:2009 – Medição do grau de polimerização viscosimétrico médio de materiais celulósicos novos e envelhecidos para isolação elétrica;  
 NBR IEC 60529:2011 – Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP);  
 NBR IEC/TR 60815:2005 - Guia para seleção de isoladores sob condições de poluição.

#### 4.1.2 American Society for Testing and Materials - ASTM

Todos os materiais a serem utilizados na fabricação devem estar de acordo com as normas aplicáveis da ABNT e, quando omissos por estas, com as da American Society for Testing and Materials (ASTM).

A seguinte norma da ASTM também deverá ser atendida:

ASTM D924-2003a: Standard test method for dissipation factor (or power factor) and relative permittivity

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 5 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

(dielectric constant) of electrical insulating liquids.

#### 4.1.3 International Electrotechnical Commission - IEC / American National Standards Institute – ANSI

Os acessórios devem ter projeto, fabricação e ensaios de acordo com as normas da ABNT e, quando omissos por estas, com as da International Electrotechnical Commission (IEC) ou da American National Standards Institute (ANSI).

A seguinte norma da IEC também deverá ser atendida:

IEC 60247:2004 – Insulating liquids - Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor (tang  $\delta$ ), and dc resistivity;

#### 4.1.4 Comitê International Spécial des Perturbations Radioelectriques - CISPR

Com relação ao nível de rádio interferência, deverá ser também atendida à norma do Comitê International Spécial des Perturbations Radioelectriques:

CISPR-16-SER-2004: Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - All parts.

## 4.2 Legislação Brasileira

### 4.2.1 Agência Nacional do Petróleo – ANP

O óleo mineral isolante deve atender às exigências contempladas na seguinte resolução da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis:

RESOLUÇÃO ANP Nº 36/2008 – Dispõe sobre o Regulamento Técnico ANP nº 4/2008, que estabelece as especificações dos óleos minerais isolantes tipo A e tipo B, de origem nacional ou importado.

## 5 DISPOSIÇÕES GERAIS

### 5.1 Generalidades

Esta norma compreende o fornecimento de Transformadores ou reatores de Aterramento, conforme características e exigências detalhadas a seguir, inclusive a realização dos ensaios de aceitação e de tipo, a critério da CONCESSIONÁRIA, e os relatórios dos ensaios.


Os transformadores ou reatores de aterramento deverão ser construídos para aterrar um sistema trifásico em delta, tensão nominal 13,8 kV ou 34,5 kV, 60 Hz. Deverão ser para instalação externa, imersos em óleo isolante tipo naftênico, com resfriamento por circulação natural de óleo, com neutro acessível e isolado do tanque e ligação interna tipo zigue - zague.

### 5.2 Extensão do Fornecimento

#### 5.2.1. Acessórios


O Transformador deverá ser fornecido completo com no mínimo os seguintes acessórios:

- Parte ativa, tanque e tampa;
- Quando aplicável, conservador de óleo, dotado de membrana ou bolsa em borracha nitrílica e secador

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 6 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

de ar a “silica-gel”;

- c) Óleo isolante naftênico para o enchimento inicial acrescido de 10%;
- d) Buchas de porcelana de 36,2 kV ou 15 KV para os terminais de linha;
- e) Bucha de porcelana de 15 kV para o terminal de neutro;
- f) Terminais retos com 4(quatro) furos NEMA para as buchas dos terminais de linha;
- g) Terminal reto com 4(quatro) furos NEMA e conector terminal para chapa 4 furos NEMA e 2 cabos de cobre de 70 mm<sup>2</sup> para a bucha do terminal de neutro;
- h) Caixa externa para inspeção de aterramentos do tanque, núcleo e ferragens de atracação do núcleo;
- i) Terminais em **aço inoxidável austenítico AISI 316** para aterramento de tanque
- j) Conector para os terminais de aterramento do tanque e do armário de comando para um cabo de cobre nu com bitola de 70 mm<sup>2</sup>;
- k) Válvula inferior de drenagem, filtragem e amostragem do óleo isolante do tanque, tipo esfera, com adaptação para ligação de filtro-prensa, provida de bujão;
- l) Válvula superior de filtragem do óleo, tipo esfera, provida de bujão com diâmetro de 1” rosca tipo “tubo”;
- m) Válvulas de separação entre o tanque e os radiadores;
- n) Válvulas tipo esfera para drenagem do conservador de óleo, provida de bujão;
- o) Válvula tipo gaveta para interligação das partes interna e externa da bolsa de borracha do conservador de óleo;
- p) Válvula tipo esfera para secador de ar;
- q) Válvula tipo esfera para enchimento e vácuo;
- r) Válvulas tipo esfera para remoção do relé Buchholz;
- s) Rodas flangeadas bidirecionais para locomoção em trilhos TR-37, bitola 1435 ± 3mm e dispositivos para travamento das rodas;
- t) Quatro apoios para macacos;
- u) Olhais para levantamento do conservador de óleo;
- v) Ganchos ou olhais para suspensão e deslocamento do transformador completamente montado, inclusive com óleo isolante;
- w) Meios para levantamento da parte ativa, da tampa e dos radiadores;
- x) Aberturas para inspeção na tampa principal, lateral e no conservador de óleo;
- y) Indicador externo de nível de óleo do tipo mostrador, com marcação dos níveis máximos, mínimos e a 25 °C, provido de 2 (dois) contatos independentes para sinalização de nível anormal;
- z) Válvula de alívio de pressão do tanque, fabricada de modo que o óleo expelido seja projetado para o solo sem atingir o transformador, provida de 2 (dois) contatos independentes para sinalização e desligamento, em caso de operação;
- aa) Relé detetor de gás do tanque do tipo Buchholz ou equivalente, provido de um contato para alarme, para pequena formação de gases, e de 1 (um) contato para desligamento, para variações súbitas de pressão ou grande formação de gases, além de dispositivos em sua parte superior, para retirada de amostra de

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 7 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

gases;

- bb) Conexões para enchimento (óleo e nitrogênio);
- cc) Placas de Identificação do transformador e das buchas.

#### 5.4 Condições de Serviço

##### a) Ambiente

O transformador deve ser projetado para instalação nos seguintes ambientes, sem sofrer alterações de suas características nominais conforme a seguir:

- Área com grande densidade de indústrias e subúrbios de grandes cidades;
- Áreas próximas ao mar, portanto sujeita a ventos fortes e névoa salina;
- Clima propício à formação de fungos, portanto o fabricante deverá providenciar a tropicalização do equipamento.

O transformador irá operar em ambiente com as seguintes características:

Tabela 1 - características operação

Altitude em relação ao nível do mar	Até 1000 metros
Temperatura máxima anual - instalação ao tempo - instalação abrigada	40 °C 45°C
Temperatura mínima anual	10 °C
Temperatura média em 24 horas máxima- instalação ao tempo - instalação abrigada	30 °C 35 °C
Umidade relativa anual	80 a 100%
Velocidade máxima do vento (h = 20m, tempo de integração 2s)	130 km/h

Além disso, as faces internas e externas serão pintadas para prevenir a corrosão e outros efeitos destas condições.

O projeto, a matéria prima, a mão-de-obra, a fabricação e o acabamento deverão incorporar, tanto quanto possível, os melhoramentos que a técnica moderna sugerir, mesmo quando não referidos nesta Especificação.


Cada projeto diferente deverá ser descrito em todos os seus aspectos na proposta.

Quando mais de uma unidade for solicitada sob um mesmo item da encomenda, todas deverão possuir o mesmo projeto e ser essencialmente iguais, com todas as suas peças correspondentes iguais e intercambiáveis. O projeto deverá sempre permitir a fácil manutenção, conserto e substituição das peças

##### b) Grau de Poluição

O transformador e todas as suas características técnicas devem ser garantidos para um grau de poluição não inferior ao nível III (Nível Pesado) de poluição da ABNT NBR IEC 60815/2005, com uma distância mínima de escoamento de 25 mm/KV.

##### c) Material e mão de obra

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 8 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

Os equipamentos a serem fornecidos deverão ser fabricados e montados com mão-de-obra de primeira qualidade, utilizando as melhores técnicas disponíveis.

Os materiais utilizados deverão ser de bom conceito e de uso tradicional, não sendo permitido o uso de materiais inéditos ou sem tradição estabelecida, sem a expressa autorização da CONCESSIONÁRIA.

#### d) Unidades de Medida e Idiomas

As unidades do Sistema Internacional de unidades serão usadas para as referências da Proposta, inclusive descrições técnicas, especificações, desenhos e quaisquer documentos ou dados adicionais.

Após a adjudicação do pedido, todas as instruções escritas, dizeres em desenhos definitivos e relatórios de ensaios apresentados pelo Fornecedor, bem como manuais de instruções técnicas e de manutenção, deverão ser redigidos no idioma português.

### 5.5 Embalagem

O transformador deve ser preparado para o embarque de modo a proteger o tanque, radiadores, núcleos e bobinas, buchas e todos os acessórios auxiliares contra a corrosão e umidade, ou danos que possam ser causados por vibrações no preparo e durante o transporte.

As válvulas e outras peças salientes susceptíveis de danos durante o transporte devem ser protegidas por anteparos aparafusados.

A embalagem necessária ao transporte do conteúdo do fornecimento será de inteira responsabilidade do Fabricante e deverá basear-se nos seguintes princípios:


- Ter indicação de posicionamento e pesos, de forma a garantir a estabilidade do conjunto;
- Ser todas as caixas numeradas consecutivamente;
- Ter uma lista do conteúdo de cada caixa;
- Ser projetada de modo a reduzir o tempo de carga e descarga sem prejuízo da segurança dos operadores;
- Respeitar todas as imposições da legislação existente sobre transporte e seguro, para o percurso desde a fábrica até o local de instalação;
- A embalagem e a identificação dos volumes estará sujeita a aprovação do inspetor da CONCESSIONÁRIA, sem redução da responsabilidade do Fabricante.

### 5.6 Transporte

O transporte e a descarga serão de inteira responsabilidade do Fabricante, e o local de descarga será indicado pela concessionária. Após os ensaios de aceitação, o transformador deve ser desmontado e pressurizado com gás “super-seco”, com pressão positiva. Os enrolamentos devem estar perfeitamente secos com URSI <0,5%.

O transformador deve ser entregue conforme solicitação da concessionária, nas opções e condições abaixo:



	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 9 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

O transformador deverá ser transportado com volume reduzido de óleo (com a parte ativa coberta de óleo)

- Tanque, com volume de óleo isolante rebaixado, até o nível de cobertura completa da parte ativa; Para qualquer das opções acima, o tanque do transformador, deve ser pressurizado com nitrogênio “super-seco”, sob pressão mínima de 0,20kgf/cm<sup>2</sup>, devem acompanhar o transformador, dois ou mais cilindros cheios de gás e todos os acessórios necessários para conexão e fixação dos cilindros, bem como manômetros e dispositivos de controle automático de pressão e compensação de perdas de gás. O custo e a qualidade do gás e acessórios serão de responsabilidade do fabricante.
- Com carga de gás seco sob pressão de aproximadamente 0,20kgf/cm<sup>2</sup>, incluindo dois ou mais cilindros cheios de gás e todos os acessórios necessários para conexão e fixação dos cilindros, bem como manômetros e dispositivos de controle automático de pressão e compensação de perdas de gás. O custo e a qualidade do nitrogênio e acessórios serão de responsabilidade do Fabricante;
- Sem o conservador de óleo;
- Com as buchas protegidas, se forem tipo sólidas e retiradas caso sejam tipo condensivas;
- Sem os radiadores;
- Com as válvulas protegidas por anteparos.

O óleo isolante residual excedente, deverá ser transportado em tambores devidamente selados no mesmo período do envio do transformador.

Antes do embarque deverá ser feita uma leitura da pressão do gás e da umidade interna dos tanques do transformador e registrada a temperatura ambiente.


Essas leituras, juntamente com a indicação do volume de gás seco introduzido no transformador, deverão ser marcadas em cada tanque, de modo visível e claro ou através de evidência fotográfica dos manômetros antes do embarque e após o descarregamento do transformador ou reator.

O óleo isolante transportado fora do tanque, deve ser embalado em tambores de aço apropriados, sem retorno, com aberturas rosqueadas, devidamente selados e protegidas contra entrada de água e devem possuir revestimento interno em epóxi resistente ao óleo isolante. O Embarque e transporte deve ocorrer na mesma época do envio do transformador.

As peças sobressalentes devem ser embaladas em caixas separadas com indicação "Peças Sobressalentes", número de série, o número do Processo de Aquisição e o item correspondente, realizados de modo indelével.

Os transformadores devem ser embarcados e transportados com registradores de impactos nas três direções (eixos X, Y e Z), acoplados ao tanque, fixados na lateral de maior dimensão e próximo ao centro de gravidade do equipamento, para possibilitar ao final do trajeto uma avaliação das condições do transporte, através da análise dos níveis de impacto recebidos pelo transformador durante o transporte.

Para acondicionar os registradores de impactos devem ser previstas caixas, com tampas lacradas, com perfeito sistema de vedação contra umidade, a fim de se evitar a oxidação dos mecanismos dos registradores. Caso o fornecedor não acompanhe o descarregamento, deve fornecer instrução detalhada para que a CONCESSIONÁRIA proceda as verificações registradas pelo instrumento.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 10 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

Os registradores de impactos devem ser instalados antes do carregamento em fábrica. Após o descarregamento, o Fabricante, deve fazer a análise, emitir o laudo e enviar cópia a CONCESSIONÁRIA, sendo de sua responsabilidade a liberação do transformador para montagem. O registrador é devolvido ao Fabricante após a liberação.

## 5.7 Desenhos


Independentemente dos desenhos apresentados com a proposta, o fornecedor deve submeter à aprovação, no prazo de 30 (trinta) dias da aceitação de cada um dos desenhos a seguir relacionados:

Tabela 2 - Lista de Desenhos

Item	Descrição
1	Lista de desenhos
2	Conjunto do transformador com aspecto externo, arranjo e posições dos equipamentos e acessórios principais, bem como dimensões, massa total, massa do óleo, massa e altura de suspensão da parte ativa.
3	Desenhos das buchas com indicação do fabricante, tipo, corrente nominal, distância de escoamento e características dielétricas.
4	Desenhos das buchas com indicação do fabricante, tipo, corrente nominal, distância de escoamento e características dielétricas.
5	Diagrama de ligações do enrolamento principal;
6	Desenhos de painel de controle e dos circuitos, proteção e controle, incluindo esquemas funcionais e desenhos topográficos da fiação;
7	Esquemas e diagramas para paralelismo, se houver;
8	Desenhos das placas de identificação e diagramática
9	Croqui das dimensões máximas de embarque do transformador;
10	Catálogos, desenhos e indicação dos fabricantes de todos os acessórios, incluindo o dispositivo de borracha do conservador, inclusive de todos os materiais que podem ser substituídos durante as manutenções, como, por exemplo as juntas de vedação.

Os desenhos devem ser elaborados em "CAD" (.dwg) e deve ser fornecido em arquivo eletrônico(pdf) e (.dwg)

Todos os catálogos e desenhos dos acessórios do transformador, com as dimensões e características, devem indicar aqueles que equipam o mesmo.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 11 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

#### 5.7.1 Manual de Instruções

No embarque do transformador, o fabricante deve fornecer três cópias do manual de instruções em papel e em arquivo eletrônico, para instalação, operação e manutenção do transformador e seus acessórios.

Este manual deve ser específico do material e dos acessórios instalados no transformador, e constar de:


- a) Instruções para o transformador;
- b) Instruções para as buchas;
- c) Instruções para os indicadores de temperatura e nível de óleo;
- d) Instruções para o secador de ar "Sílica-gel";
- e) Instruções para o relé "Buchholz";
- f) Instruções para utilização e montagem da bolsa de borracha do conservador;
- g) Demais instruções necessárias, para todos os acessórios colocados no transformador;
- h) Cópia dos desenhos finais aprovados pela CONCESSIONÁRIA, com valores de ensaios já anotados nos desenhos de placa;
- i) Cópia do relatório de ensaios;
- j) Cópia das "Medições para Embarque" e "Informações Técnicas Garantidas pelo Proponente";
- k) Cópia dos desenhos de fixação dos para-raios.

Uma cópia adicional em papel completa do manual de instruções deve acompanhar o transformador, dentro do painel de comando, até o seu destino.

#### 5.8 Informações Técnicas Requeridas com a Proposta

Na parte **técnica da Proposta** devem, obrigatoriamente, ser apresentadas no mínimo, as informações a seguir relacionadas, sob pena de desclassificação:

- a) Características técnicas garantidas do equipamento ofertado. Salienta-se que os dados da referida lista são indispensáveis ao julgamento técnico da oferta e devem ser apresentados independentemente dos mesmos constarem nos catálogos e/ou folhetos técnicos anexados a proposta;
- b) Declaração de Exceção às Especificações;
- c) Informações sobre as condições para a realização dos ensaios de tipo referidos nesta norma, discriminando os ensaios que podem ser realizados em laboratórios do próprio fabricante;
- d) Relação dos laboratórios onde devem ser realizados os demais ensaios, bem como preços unitários para cada um dos ensaios;
- e) Prazos de garantia ofertados;
- f) Lista de sobressalentes;
- g) Outras informações, tais como catálogos, folhetos técnicos, relatórios de ensaios de tipo, lista de fornecimentos similares, entre outras, consideradas relevantes pelo Proponente para o julgamento técnico de sua oferta.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 12 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

### 5.9 Garantia


O transformador e seus acessórios devem ser garantidos por um período mínimo de 24 (vinte e quatro) meses da entrega no local de destino.

O período de garantia para acabamento e pintura, contra corrosão, é de 5 (cinco anos) da entrega no local de destino.

Os relés de monitoramento de temperatura de óleo e enrolamento deve ter garantia de pelo menos 10 anos dada pelo fabricante

### 5.10 Montagem

O fabricante deve cotar em separado os serviços de supervisão de montagem do transformador no local de instalação, conforme norma **NBR 7037**(atualizar). Deverão ser previsto no mínimo 5 dias de acompanhamento da montagem de cada unidade de transformador, cabendo à CONCESSIONÁRIA a opção de aquisição deste serviço.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 13 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

## 6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS

### 6.1 Características Nominais

Tabela 3 - Características Nominais

Tensão (kV)	X0 (Ω/fase)	Ineuto (A-10s)	MVA (10s)	Ineuto (A-contínuo)	KVA (contínuo)	X0 (%100MVA)	Frequência (hz)
<b>13,8(CEA)</b>	3,0	4000	31,87	120	956	50,2	60
<b>13,8(PA MARABÁ)</b>	2,395	7500	60	225	1792	-	60
<b>13,8(PA ITAITUBA)</b>	9,6	1451	11,56	101,6	810	58,3	60
<b>34,5(RD)</b>	29,75	628	12,50	18,83	375	250	60

#### 6.1.1 Níveis de Isolamento

Os níveis de isolamento e os espaçamentos mínimos no ar são os indicados na tabela abaixo.

Tabela 4 - Níveis de Isolamento

Tensão Máxima do Equipamento (kV Eficaz)	Tensão Suportável Nominal à Frequência Industrial Durante 1 Minuto (kV Eficaz)	Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico (kV Crista)	Espaçamento Mínimo no Ar (mm)	
			De Fase para Terra	De Fase para Fase
<b>15</b>	34	110	130	140
<b>36,2</b>	70	170	200	230


#### 6.1.2 Diagramas Fasoriais e de Ligações

O tipo de ligação para os transformadores deve ser indicado no Processo de Aquisição. Em caso de não indicado, devem ser considerada a ligação tipo ZIG-ZAG.

#### 6.1.3 Frequência Nominal

A frequência nominal é de 60 Hz.



	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 14 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

## 6.2 Características Construtivas

### 6.2.1 Projeto e Construção

O transformador deve ser projetado fabricado de acordo com práticas aprovadas e com materiais novos da melhor qualidade, incorporando os melhoramentos que a técnica moderna sugerir, mesmo quando não referidos explicitamente nesta Norma.

A construção do transformador deve permitir o transporte bem sucedido, de maneira que, na chegada do transformador ao seu destino, ele se encontre em condições de ser colocado em operação permanente, sem necessitar de inspeção interna.

Todos os dispositivos eletrônicos inteligentes que fazem parte dos transformadores, e que enviam e recebem algum tipo de informação de controle, medição ou comando, devem ser aprovados pela CONCESSIONÁRIA no processo de aquisição do equipamento.

### 6.2.2 Meio Isolante

O equipamento deverá ser fornecido com óleo necessário para o enchimento inicial, acrescido de dez por cento (10%). O óleo deverá ser acondicionado em barris tambores de aço, não retornáveis, lacrados na refinaria, contendo cada tambor uma descrição para identificar o equipamento no qual será utilizado. O custo do óleo deverá ser incluído no preço cotado.


A carga de óleo mineral isolante a ser fornecida deverá ser isenta de DBDS, apresentar resultado de não corrosivo no ensaio de enxofre corrosivo (**NBR 10505**), conforme **NBR 12134**, deverá conter inibidor de oxidação (0,3 % em massa de DBPC), base naftênico, tipo A, em que o mesmo será utilizado para o primeiro enchimento (impregnação/ensaios) e para o segundo enchimento (operação) acrescido de dez por cento (10%).

Os valores limites das características do óleo isolante a ser utilizado no transformador para ensaios, devem ser aqueles indicados na **Resolução ANP Nº 36/2008**, satisfazendo seus requisitos, exceto quanto ao teor de água que deve ser  $\leq$  a 15 ppm, conforme **NBR 10710**, e rigidez dielétrica que deve ser  $\geq$  40 kV, conforme **NBR 6869**.

**Nota 1: Como medida preventiva é uma obrigatoriedade por parte do fornecedor, o fornecimento do laudo de execução do ensaio de enxofre corrosivo (ABNT NBR 10505:2006) , ausência de DBDS e ausência de Bifenilas Policloradas, Teores de PCB (ABNT 13882), do óleo isolante a ser fornecido, bem como a informação da marca do óleo utilizado;**

### 6.2.3 Tanque

O tanque e acessórios deverão ser capazes de suportar vácuo pleno ao nível do mar e também as sobrepressões geradas por eventuais curtos-circuitos internos, sem apresentar vazamentos ou deformações permanentes. O equipamento deverá ser projetado e ensaiado quanto às solicitações de vácuo pleno, pela norma ASME Seção VIII.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 15 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

O equipamento deverá ser provido de dois conectores de aterramento (bronze fosforoso ou bronze estanhado) inclusos no fornecimento, em lados opostos do tanque, para cabos de cobre nú de 35 a 150mm<sup>2</sup>. Os parafusos/estojos a serem selecionados para a fabricação do transformador, não poderão receber solda de fixação, devendo ser passantes ou fixados no próprio corpo do flange. O método escolhido deverá ser indicado no desenho de fabricação em conjunto com o projeto das juntas de estanqueidade.

O interior do tanque deve ser provido de guias para dirigir a remoção ou a entrada da parte ativa. A tampa principal deve ser projetada de forma a evitar depósitos de água sobre sua superfície externa e de modo que as bolhas de ar e gases formados no interior do tanque principal dirijam-se ao relé de gás de Buchholz. A retirada da tampa do tanque principal deve ser de forma independente do conjunto núcleo e bobina, ou seja, pode ser retirada sem que seja necessária a retirada da parte ativa. Juntas e costuras devem ser sempre soldadas. Todas as partes que utilizam juntas devem ser projetadas de maneira a permitir que na remontagem se tornem facilmente à prova de vazamento. As superfícies acopladas (flanges, tampas, etc) devem ser usinadas em ambos os lados.

#### 6.2.4 Abertura para Inspeção

O transformador deve possuir duas aberturas de visita, com livre acesso, nos lados de alta e baixa tensão, retangular, com as dimensões mínimas de 400x600mm, ou circular, com diâmetro mínimo de 400mm.

As janelas de inspeção devem ser localizadas próximas ao comutador, uma de cada lado do tanque principal.

O transformador deve possuir aberturas de visita para acesso aos cabos de ligação de todas as buchas de baixa e alta tensão

#### 6.2.5 Válvulas, Juntas e Flanges

##### 6.2.5.1 Válvulas

O arranjo físico deverá permitir um fácil acesso a todas as válvulas e serão aceitas soldas em tubos no tanque.


As válvulas deverão atender aos requisitos da NBR 12458. Todas as válvulas deverão ser esféricas, com a esfera apoiada, com internos em aço inoxidável austenítico AISI 316 e anéis de vedação em teflon, exceto onde indicado.

Todas as válvulas deverão roscadas.

As válvulas de coleta de amostra de óleo deverão ser duplas.

Não serão aceitas válvulas de dreno fabricadas em bronze, nem flanges de acoplamento quadrado. Estes flanges deverão ser redondos, com furações radiais para uniformização dos esforços devidos aos torques de aperto indicados, quando se utilizar válvulas flangeadas.

O equipamento deverá ser fornecido com as seguintes válvulas, sem prejuízo de outras que o fornecedor julgue necessário acrescentarem:

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 16 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

- Válvulas (tipo esfera) para drenar o tanque principal completamente: Diâmetro de 50mm, com redução para 40mm para conexão de filtro-prensa;
- Válvulas ou bujões para drenar os radiadores (uma válvula ou bujão de dreno e uma de respiro para cada radiador): Diâmetro a critério do fornecedor;
- Válvula (tipo esfera) para enchimento através do conservador de óleo: Diâmetro de 50mm, com redução para 40mm;
- Válvula (tipo esfera) para drenar o compartimento do conservador de óleo: Diâmetro de 40mm;
- Válvulas (tipo esfera) para separação do relé detector de gás tipo Buchholz (uma antes e outra depois de cada dispositivo): Diâmetro a critério do fornecedor;
- Válvula (tipo esfera) de retirada de amostra de óleo, na parte inferior do tanque: Diâmetro 15mm (pode ser conjugada com a válvula de drenagem);
- Válvulas superiores e inferiores, de fechamento para cada radiador, (tipo borboleta, com indicação "aberta-fechada"): Diâmetro a critério do fornecedor.

**Nota 2: Utilizar válvulas com proteção contra vazamento no eixo (tampa com o-ring). Estas válvulas não necessitam, obrigatoriamente, suportar as condições de pressão especificadas no item anterior;**

- Válvula (tipo esfera) para retirada do gás acumulado no relé Buchholz através de derivação acessível do solo;
- Válvula superior (tipo esfera) de filtragem de óleo do transformador de 40mm, provida de um bujão de 40mm para fechamento;

#### 6.2.5.2 Juntas e gaxetas

Especificação das juntas e gaxetas:

- Todas as juntas deverão ser de PTFE (ref. Tealon TF 1574, da Teadit ou similar). Os o-rings poderão ser fornecido em borracha nitrílica, resistentes ao óleo mineral isolante;


As juntas das aberturas de visita e de inspeção das buchas e outras ligações aparafusadas, devem ser projetadas de modo a evitar que as gaxetas sejam expostas ao tempo e devem ser providas de calços a fim de evitar o seu esmagamento por aperto excessivo;

A água da chuva sobre a tampa não deve chegar a atingir as gaxetas, pelo empoçamento ou por eventual lamina d'água que se forme na tampa.

#### 6.2.6 Núcleo

O núcleo magnético deverá ser construído com chapas de aço-silício de cristais orientados, laminadas a frio, de baixas perdas específicas e elevada permeabilidade. As chapas deverão ser perfeitamente planas, livres de impurezas e de rebarbas após o corte nas dimensões definitivas. O núcleo deverá ser aterrado ao tanque, conforme NBR 9368.

Devem ser previstos meios mecânicos que impeçam o afrouxamento das lâminas provocado pelas vibrações. O núcleo deve ser dotado de olhais e outros dispositivos adequados ao içamento do conjunto núcleo-bobinas, independentemente da tampa principal.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 17 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

Para fins de aterramento, o núcleo deve ser ligado eletricamente ao tanque do transformador, em um único ponto de fácil acesso pela janela de inspeção superior, independente da tensão e potência do transformador. As peças e/ou dispositivos de fixação do núcleo/enrolamentos devem ser realizados através de cintagem com material isolante (Fibra termo-contrátil), visando diminuir eventuais pontos de descargas internas. Todos os calços isolantes devem ser de fibra de vidro, visando o aumento da vida útil e, melhoria do sistema de prensagem e suportabilidade de esforços mecânico provenientes de eventuais curtos-circuitos.

#### 6.2.7 Enrolamentos

Os enrolamentos devem ser de cobre eletrolítico, projetados e construídos de forma a resistir, sem sofrer danos, aos efeitos mecânicos e térmicos causados por curto-circuitos e sobrecargas de acordo com o mencionado nesta Norma.

Todas as ligações internas permanentes devem ser soldadas, com método e soldadores devidamente qualificados. Alternativamente, podem ser aceitos outros métodos de conexão, desde que os operadores e métodos sejam qualificados, ficando a critério da CONCESSIONÁRIA a exigência de nova bateria de qualificação.

Qualquer conexão aparafusada, quando não houver acesso a ambos os lados, deve ser provida de dispositivos que impeçam o afrouxamento pelo lado não acessível.

Os terminais devem ser construídos de modo que não possam girar com a porca.

A secagem da parte ativa dos transformadores e reatores de aterramento deve ser efetuada, obrigatoriamente, através do processo “vapour-phase”, sem comprometer o valor mínimo de grau de Polimerização do papel. O papel isolante deve ser termo estabilizado, classe E 120°C, elevação de temperatura máxima de 55°C para o cobre, perdas e impedância referidos a 65°C.

A fim de permitir a monitoração, pela Contratante, do envelhecimento do papel através do ensaio de grau de polimerização ao longo da vida útil, todos os transformadores devem ser fornecidos com, no mínimo, 10 amostras (corpos-de-prova) do papel isolante utilizado. Essas amostras devem ser colocadas internamente na parte superior, próximas às aberturas de inspeção ou visita, imersas no óleo isolante e possuir dimensões mínimas de (10 x 2) cm.


Após todos os ensaios do equipamento, e antes do seu embarque, o fabricante deve realizar a medição do grau de polimerização do papel isolante devendo os resultados ser fornecidos juntamente com o relatório de ensaios do transformador, não serão aceitos valores inferiores a 1.000 monômeros de glicose.

#### 6.2.8 Buchas

##### 6.2.8.1 Generalidades

Os terminais dos enrolamentos, inclusive o neutro, devem ser levados para fora do tanque por meio de buchas estanques ao óleo, impermeáveis à umidade e inalteráveis pelas condições normais de funcionamento do transformador. Os níveis de isolamento das buchas devem ser iguais ou superiores aos níveis de isolamento dos enrolamentos correspondentes.

A corrente nominal de cada bucha deve ser adequada às potências nominais do transformador, bem como às sobrecargas e potências adicionais especificadas, dentro dos limites de elevação de temperatura permissíveis.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 18 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

As buchas devem estar de acordo com as normas aplicáveis e projetadas para suportarem arco ou descarga momentânea, e vácuo pleno sem dano às juntas de vedação ou quaisquer outras partes.

Transformadores de aterramento com tensão nominal primária  $\leq 34,5\text{kV}$ , as distâncias mínimas entre os eixos das partes vivas das mesmas devem ser, de no mínimo de 600mm.

Os terminais das buchas devem ser tipo barra chata em cobre estanhado, padrão 4 (quatro) furos NEMA, fixados pelas bases em pinos conforme normas ABNT.

#### 6.2.8.2 Buchas Padronizadas

As buchas de MT dos transformadores e reatores de aterramento, devem ser fornecidas com as seguintes características:

Tabela 5 - Buchas Padronizadas

Tensão Nominal (kV)	Potência (MVA) 10S	Características (tipo, fabricação)
13,8	18,67	Sólida 20/52 kV - 800 A
34,5	18,67	

#### 6.2.8.3 Protetores de buchas

As buchas isolantes nas classes de tensão de 15 e 36,2kV devem vir providas de protetores do tipo removíveis, adequados às suas respectivas classes de tensão, para isolar a conexão da terminação da bucha com os cabos de entrada ou saída do equipamento, com o objetivo de evitar contato de animais. O protetor deve ser não descartável, deve possuir uma passagem para o cabo e abertura lateral para evitar a desconexão do cabo na sua instalação ou desinstalação. Deve possuir distanciadores (do protetor à bucha) de forma a facilitar o escoamento de água e não permitir o acúmulo de água em seu interior. O material deste protetor deve ser resistente aos raios ultravioleta e suportar pelo menos 10 graus centígrados.

O protetor, depois de instalado, não deve permitir contato de animal capaz de provocar curto-circuito entre fase e terra.


O fornecedor deve apresentar na sua proposta as características mecânicas, físicas e elétricas, tipo e fabricante do protetor a ser fornecido com o equipamento, sujeito a aprovação prévia da CONCESSIONÁRIA.

#### 6.2.9 Conservador de Óleo

##### 6.2.9.1 Tanque Conservador

Deve suportar vácuo pleno. O sistema deverá incluir o conservador de óleo do tanque do equipamento contendo um selo óleo-ar, consistindo de bolsa e dotado de um secador de ar a sílica-gel, o qual manterá comunicação entre a atmosfera e o espaço no interior da bolsa destinada a compensar a variação de volume do óleo isolante.



	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 19 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

O conservador deve possuir tampa para inspeção e limpeza, olhais para içamento e, na sua parte inferior, um rebaixo com válvula de drenagem.

O tubo de ligação entre o tanque e o conservador deve possuir dois registros de fechamento rápido com válvulas esféricas e flanges. O arranjo deve permitir a fácil remoção do conservador.

#### 6.2.9.2 Sensor Ótico

Fornecimento e instalação de sensor que detecta a ruptura da bolsa ou membrana, instalado no conservador de óleo, visando evitar a contaminação do transformador com umidade e oxigênio.

Deverá atender as seguintes características mínimas:

- Princípio de funcionamento ótico por reflexão/ refração;
- Conjunto composto de no máximo dois componentes, sendo um sensor que deve ser montado sobre a membrana ou dentro da bolsa de borracha (lado do ar) e uma unidade de controle que deve ser montada no painel do transformador em trilho tipo DIN;
- A unidade de controle deverá possuir um relé para alarmes com contato NA ou NF, reversível pelo usuário através de jumper;
- A unidade de controle deverá possuir indicação visual para as condições da bolsa/membrana e condições de funcionamento do dispositivo;
- Tensão de alimentação 38 a 265 Vcc/Vca; 50/60Hz;
- Temperatura de Operação da Unidade de controle -40 a +85°C;
- Temperatura de Operação do Sensor - 40 a + 100°C.

#### 6.2.10 Radiadores

Os radiadores deverão ser galvanizados a fogo. Os radiadores deverão receber numeração sequencial a qual deverá constar ao lado dos flanges no radiador e tanque conforme desenho de arranjo físico.

O sistema de resfriamento deverá ser projetado de modo a assegurar que a retirada de serviço de um radiador, o transformador funcionará sem que sejam excedidos os limites de elevação de temperatura, durante a operação à tensão nominal em qualquer estágio.

Os radiadores devem possuir válvulas para conexão com o tanque dotadas de flanges soldados, providos de olhais para içamento, e projetados de modo a resistirem às mesmas condições da pressão e vácuo especificados para o tanque. Deverão ser localizados preferencialmente em partes externas para facilitar o acesso e eventual remoção.

Devem ser montados lateralmente no transformador. A fixação dos radiadores no tanque deve ser feita por meio de flanges adequados e cada radiador deve ser provido de bujões inferiores e superiores para enchimento e esvaziamento do óleo. Os radiadores devem ser construídos de tal forma que possam suportar vácuo pleno ao nível do mar.

Entre as tomadas de óleo do tanque e os flanges de montagem dos radiadores devem ter válvulas apropriadas à vedação do óleo, permitindo a remoção dos radiadores sem necessidade de esvaziamento do tanque e ter indicação de posição ("ABERTA" e "FECHADA") bem visível.

<p>GRUPO</p> <p><b>equatorial</b></p> <p>ENERGIA</p>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 20 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

### 6.3 Características Operacionais

#### 6.3.1 Capacidade de resistir a corrente nominal de neutro de curta duração

Devem ser projetados para resistir aos efeitos térmicos e dinâmicos da corrente nominal de neutro sem qualquer dano. Caso o transformador possua um enrolamento secundário o mesmo deve ser projetado para resistir aos efeitos térmicos e dinâmicos da corrente de falta na rede auxiliar sem qualquer dano.

#### 6.3.2 Elevação de Temperatura

##### 6.3.2.1 Elevação de temperatura com tensão nominal, corrente nominal de neutro de regime permanente e potência nominal do enrolamento secundário


Aplicam-se os limites de elevação de temperatura dados na ABNT NBR 5356-2, para transformadores imersos em líquido isolante, e na ABNT NBR 10295, para transformadores do tipo seco.

As perdas que causam a elevação de temperatura são as perdas no núcleo à tensão nominal, perdas no enrolamento com corrente nominal de neutro de regime permanente e perdas em carga que estão associadas ao carregamento do enrolamento secundário. Quando o transformador possuir um enrolamento secundário, o transformador não pode ultrapassar os limites de elevação de temperatura à potência nominal do enrolamento secundário; ou na combinação da potência nominal do enrolamento secundário e a corrente neutro de regime permanente, quando uma corrente de neutro de regime permanente for especificada.

As elevações de temperatura dos enrolamentos, do óleo, das partes metálicas e de outras partes, não devem exceder aos limites especificados na **Tabela 1 (Limites de Elevação de temperatura)** do item 4.2 da NBR 5356-2.

Tabela 6 Limites de Elevação de Temperatura

Sistema de preservação de óleo	Limites de elevação de temperatura °C					
	Dos enrolamentos			Do Topo do óleo	Das partes metálicas	
	Média, por medição da variação de resistência		Do ponto mais quente		Em contato com a isolamento sólida ou adjacente a elas	Não em contato com a isolamento sólida e não adjacente a elas
	Circulação do óleo natural ou forçada sem fluxo de óleo dirigido	Circulação forçada de óleo com fluxo dirigido				
Sem conservador e sem gás inerte sob pressão	55	60	65	50	Não devem atingir temperaturas superiores à classe térmica do material da isolamento adjacente ou em contato com	A temperatura não deve atingir valores que venham a danificar componentes
	95	100	120	60		
Com conservador ou com gás inerte sob pressão	55	60	55	55		
	65	70	65	65		
	95	100	65	65		

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 21 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

O transformador deverá satisfazer aos limites de elevação de temperatura correspondentes a material isolante classe A (temperatura limite atribuída 105 °C), com limite de elevação de temperatura do ponto mais quente de 65 °C.

#### 6.3.2.2 Elevação de temperatura

Carregamento de curta duração é a aplicação da corrente nominal de neutro de curta duração pela duração da corrente nominal de neutro de curta duração. A temperatura do transformador e do reator de supressão de arco antes do carregamento de curta duração, se aplicável, deve ser aquela alcançada com corrente nominal de neutro de regime permanente e com potência nominal do enrolamento secundário.

Se a duração da corrente nominal de neutro de curta duração for igual ou inferior a 10s, após o carregamento de curta duração, a temperatura do enrolamento não pode ultrapassar os valores prescritos para enrolamentos de transformadores sob condições de curto-circuito da **ABNT NBR 5356-5:2012**.

Se a duração da corrente nominal de neutro de curta duração for maior do que 10 s, a elevação média de temperatura dos enrolamentos e a elevação de temperatura do topo do óleo após a aplicação do carregamento nominal de curta duração não podem ultrapassar os valores dados em **ABNT NBR 5356-5:2012**.

No caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco, a elevação média de temperatura dos enrolamentos se refere ao transformador e ao reator separadamente, se eles puderem ser medidos separadamente, ou à combinação dos dois, caso contrário.

#### **Os valores de elevação de temperatura para correntes de neutro maiores que 10s são dadas abaixo:**

As elevações de temperatura à máxima tensão contínua devem ser tomadas como os valores iniciais para o cálculo das elevações de temperatura devido à corrente nominal.

A elevação de temperatura média dos enrolamentos e a elevação de temperatura do topo do óleo na corrente nominal não podem exceder os seguintes valores quando ensaiados de acordo com 11.8.7:


- 80 K para os enrolamentos e 75 K para o óleo, quando a duração da corrente nominal é contínua;
- 100 K para os enrolamentos e 90 K para o óleo, quando a duração da corrente nominal é de 2 h ou menos.

Os valores de elevação de temperatura devem levar em conta o fato de que as faltas para terra em sistema de potência não ocorrem frequentemente e têm duração limitada.

#### 6.3.3 Sobrecarga e Curto-Circuito

O transformador deverá atender as condições de sobrecarga estabelecidas nas normas NBR 5356-2 e NBR 5416.

#### 6.3.4 Características de suportabilidade a curtos-circuitos externos

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 22 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

O transformador, junto com todos os equipamentos e acessórios devem ser projetados e construídos para resistir, sem danos, aos efeitos térmicos e dinâmicos das correntes de curto-circuito externas.

As sobrecorrentes nos enrolamentos devem ser determinadas pelas impedâncias do sistema e do transformador. A duração da corrente a ser usada para o cálculo da capacidade térmica de suportar curtos-circuitos é de 2 segundos.

O maior valor admissível para a temperatura média de cada enrolamento após o curto-circuito deve ser conforme a Tabela 3 da seção 4 da NBR 5356-5.

Tabela 7 - Tipo de Transformador

Tipo de Transformador	Temperatura do Sistema de Isolamento (°C)	Temperatura Máxima(° C)	
		Cobre	Alumínio
Imerso em Óleo	105(A) e 120 (E)	250	180
Seco	105(A)	180	200
	120(E)	250	200
	130(B)	350	200
	155(F)	350	200
	180(H)	350	200
	220	350	200

Os requisitos com relação à capacidade para resistir a curto- circuitos devem ser determinados conforme a seção 3.2.2 da **NBR 5356-5**, **6.5.2 – Sobrecarga e Curto-Circuito**.

O transformador deve ser projetado para suportar sobrecargas de pequena duração bem como suportar os esforços provocados por curto-circuitos, em conformidade com as normas **NBR 5356 e NBR 5416**.

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

#### 6.3.5 Corrente de Excitação


A corrente de excitação sem carga, à frequência e tensão nominais, não deve ser superior a 1,2% da corrente nominal.

A corrente de excitação com 110% da tensão nominal não deve ser superior a 2,5% da corrente nominal. A corrente nominal deve ser aquela medida na frequência e tensão nominais, com o comutador na posição correspondente a tensão nominal.

#### 6.3.6 Resfriamento

O transformador deve ser fornecido com sistema de ventilação necessário para atender as potências especificadas, inclusive painel de alimentação e proteção.

#### 6.3.7 Operação em Paralelo

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 23 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

Todos os transformadores de um mesmo item da encomenda devem ser projetados para operarem em paralelo, um com o outro.

Quando o transformador for projetado para operar em paralelo com outro transformador já existente, a CONCESSIONÁRIA fornecerá as características deste último transformador.

A impedância do transformador deve concordar com a do transformador com o qual operará em paralelo com uma diferença máxima de 7,5%, tendo como base a potência ONAN na tensão nominal / comutador no “tap” principal, a 75°C.

#### 6.3.8 Circuitos Auxiliares

A alimentação disponível na subestação, para os circuitos auxiliares do transformador é a seguinte:

- Circuito de Força: 380/220 Vca, trifásico, 60Hz, 4 fios
- Circuito de Comando: 125Vcc e/ou 220 Vca, monofásico, 60Hz, 2 fios.

#### 6.4 Acessórios Diversos

##### 6.4.1 Indicador Magnético do Nível de Óleo

Será fornecido 1 (um) indicador para o nível de óleo do transformador. Com indicação dos níveis máximo, mínimo e o relativo a 25°C. Com 2 (dois) contatos não aterrados para nível máximo e nível mínimo. A capacidade dos contatos é conforme norma NBR 9368.

##### 6.4.2 Válvula de Alívio de Pressão

Deve ser do tipo mola, instalada no tanque principal, em posição tal que impeça a queda do óleo sobre o transformador ou sobre acessórios que possam exigir a ação do operador. Deve incluir dispositivo de canalização do óleo até o nível da base do trafo. Deverá atender as seguintes características mínimas:

- Deve ser constituída por dois contatos, com capacidade de condução dos contatos de 10 A em 250 Vca  $\cos \phi = 0,4 \pm 25\%$  e de 3 A em 250 Vcc  $t = < / r 40 \text{ ms} \pm 15\%$ ;
- Nível de isolamento de 1.500 V / 1 min;
- Pressão normal de operação: 0,70 +/-0,07 Kgf/cm<sup>2</sup> ao nível do mar;
- Diâmetro de passagem de acordo com projeto do transformador ( $\geq 50 \text{ mm}$ ).


O dispositivo de alívio de pressão deve operar de maneira que o valor da sobrepressão não ultrapasse o valor máximo admissível, com a eventual descarga do óleo, e ser provido de dispositivo direcionador do óleo para fora do tanque do transformador e no sentido contrário à disposição dos acessórios que possam exigir ação do operador.

**Nota 3: Enviar desenhos/documentos e memória de cálculo para aprovação, que comprovem o funcionamento e proteção da estrutura metálica (tanque) do transformador durante um curto-circuito interno;**

##### 6.4.3 Secador de Ar a Sílica-gel

Será fornecido 1 (um) secador de ar, para o tanque principal, equipado com duas válvulas na tubulação de saída do respirador do conservador de óleo do transformador, uma para ligação do sistema de selagem e outra para instalação do secador de ar do transformador, que também deve ser fornecido.



	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 24 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

São de preferência de material metálico, com capacidade adequada, e instalados em posição que permita fácil substituição da carga.

A sílica gel deve ser na cor laranja, granulação média 6mm  $\pm$  2. Acondicionamento em caixa ou barrica, sacos plástico de 1kg.

#### 6.4.4 Sensor de Temperatura do Óleo e Enrolamentos

Aplicável a reatores ou transformadores, para monitorar a temperatura do óleo e de enrolamentos, para proteção térmica, funções 26 e 49 e controle do resfriamento forçado, evitando envelhecimento acelerado do equipamento.

Utilizar um monitor de temperatura com as características mínimas a seguir:

- Duas entradas auto-calibradas para sensores **Pt100**, para temperatura do topo do óleo;
- Preparado para medição redundante de temperatura do topo do óleo, com **2 sensores Pt100**;
- Uma entrada de medição de corrente de carga com TC externo clip-on, faixa universal **0-10A**;
- Cálculo de temperatura do ponto mais quente do enrolamento (**hot-spot**);
- No mínimo duas saídas em loop de corrente mA programáveis, para temperatura do óleo e enrolamento.

Deve ser instalado no painel de equipamentos auxiliares do transformador. A entrada de corrente é através de um TC, próprio para esse fim, que deve ser instalado na bucha X0.

O monitor de temperatura deve possuir protocolo de comunicação **ETHERNET DNP3**, com pelo menos duas portas de comunicação via fibra ótica, padrão LC.

#### 6.4.5 Válvulas para Enchimento e Retirada do Óleo

Devem ser previstas válvulas conforme abaixo:

- a) Uma de 1 ½" (uma e meia polegadas) de diâmetro, sendo na lateral do tanque principal, próximo ao topo, provida de um defletor para evitar fluxo de óleo sobre os enrolamentos;
- b) Uma de 1 ½" (uma e meia polegadas) de diâmetro, na face oposta, posicionada a 15cm do fundo do tanque, provida de bujão para retirada de amostra de óleo, com redução para ½" (meia polegada) de diâmetro;
- c) O conservador deve ser provido de válvula de 1 ½" (uma e meia polegada) de diâmetro.


Todas as válvulas devem ser do tipo esférica, corpo em bronze e esfera de aço inoxidável, com exceção das válvulas dos radiadores que devem ser do tipo borboleta.

#### 6.4.6 Meios de Locomoção

A base do transformador deve ser provida de **4 (quatro) rodas de flanges** largos para movimento em duas direções ortogonais, em via de trilhos com bitola de 1435 mm.

Devem ser de aço fundido com dureza entre **255 e 350 Brinell** e serem adequadas para trilhos **TR45 e TR57**.

A base deve ainda ser provida de 4 (quatro) sapatas para possibilitar o levantamento do transformador por meio de macacos hidráulicos, com altura mínima de **300mm** da base de apoio.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 25 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

Devem ser previstos ganchos para a suspensão do transformador completo, e olhal para tração nas quatro faces.

#### 6.4.7 Meios de Aterramento

Para fins de aterramento, devem ser soldadas à base do transformador, duas placas de aço inoxidável austenítico **AISI 316**, de faces planas e lisas.

Cada placa deve ter dois furos rosqueados para parafuso de 12,7 mm de diâmetro, rosca 13 NC, espaçados horizontalmente de 44,5 mm de centro a centro.

A profundidade mínima de furo deve ser de 12,7 mm.

As duas placas devem ser acompanhadas de conectores de aterramento tipo prensa chapa-cabo para cabos de cobre de 70mm<sup>2</sup> até 120mm<sup>2</sup>.

#### 6.4.8 Painel Local de Controle e Proteção

##### 6.4.8.1 Generalidades

Todas as conexões dos terminais secundários dos transformadores de corrente tipo bucha, monitor de temperatura, relés Buchholz, etc., deverão ser instalados em um único armário a prova de tempo e poeira, com o fundo no mínimo 300 mm do plano de apoio do transformador sem rodas, instalado em suportes no tanque do transformador e em posição acessível.

Esse armário deverá ser instalado em posição acessível e sempre que possível, no lado de baixa tensão, e ser à prova de intempéries, ter grau de proteção **IP-54**, conforme **NBR IEC 60529**.

Deverá ser provido de portas com fechaduras, tomadas, iluminação interna com comando através de chaves fim de curso, acionadas pela porta e de resistências de aquecimento comandadas por termostato instalado no próprio armário.

Uma placa metálica contendo o diagrama de fiação correspondente deverá ser fixada na parte interna da tampa.

Deverão ser utilizados eletrodutos de aço galvanizado a fogo para abrigar os cabos de interligação dos dispositivos instalados no transformador até os seus respectivos armários.

As régua terminais dos armários deverão estar localizadas na parte inferior dos mesmos para facilitar a execução das conexões.

O armário dos circuitos auxiliares deverá ser provido de dispositivo anti-vibração para a conexão do mesmo ao corpo do transformador.


O fabricante deverá projetar as dimensões do armário dos circuitos auxiliares de forma a existir espaço suficiente para a realização dos serviços de manutenção, assim como também a identificação dos equipamentos e de toda a fiação deverá ser de fácil visualização.

A CONCESSIONÁRIA durante a fase de aprovação dos desenhos de fabricação poderá solicitar a substituição do armário dos circuitos auxiliares para um armário com dimensões maiores.

##### 6.4.8.2 Bornes de Conexão

Deverão ser instalados os seguintes bornes de conexão:

- Bornes duplos tipo seccionáveis, conexão a mola, para cabos de 1,5 mm<sup>2</sup> a 2,5 mm<sup>2</sup>

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 26 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

- Bornes tipo OTTA 6 mm para cabos dos circuitos de corrente
- Bornes duplos fusíveis para cabos dos circuitos de tensão
- Bornes com cores diferenciadas para as “linhas de trip” dos equipamentos.
- Resistência de isolamento entre terminais > 100.000 MOhms;
- Capacidade de 100 A (0,5s) nos terminais de corrente;
- Máxima tensão de trabalho de 1000 Vrms (em todos os terminais);
- Capacidade de suportar tensão aplicada de 2000 Vrms por 1 minuto;
- Contatos resistentes à corrosão;
- Toda régua borne deverá ser identificada pelos “postes” de fixação da mesma e o sistema de identificação da fiação deve ser por meio de anilhas plásticas individuais, tipo: origem / destino. Não será admitido o uso de mais de um condutor por terminal e devem ser considerados bornes reservas (10%).

#### 6.4.8.3 Cablagem e fiação

Fornecimento este em forma de cabos flexíveis de cobre, com dois ou mais condutores de bitola em *mm* que não podem ultrapassar qualquer limitação de emprego estabelecida pelo fabricante; devem ser antichamas com isolamento e cobertura de neoprene para 1kV, previstos para temperatura de operação em regime normal de 90 à 130°C, de acordo com a norma **NBR 9114**, levadas a bornes terminais numerados de acordo com o correspondente esquema elétrico.

As bitolas dos fios e cabos condutores devem ter as seguintes características:

##### a) Comando CA

- Fase: cabo flexível 2,5 mm<sup>2</sup>, na cor preta;
- Terra: cabo flexível 2,5 mm<sup>2</sup>, na cor verde;
- Iluminação/Aquecimento: cabo flexível 2,5 mm<sup>2</sup>, na cor branca;
- Alarme: cabo flexível 1,5 mm<sup>2</sup>, na cor preta.

##### b) Circuito de tensão CC, utilização interna:

- Tensão 125 Vcc positiva: cabo flexível 2,5 mm<sup>2</sup>, na cor amarela;
- Tensão 125 Vcc negativa: cabo flexível 2,5 mm<sup>2</sup>, na cor verde.

##### c) Acessórios para utilização interna (sinais de entradas digitais e saídas digitais):


- Cabo flexível 1,0 mm<sup>2</sup>, na cor cinza.

##### d) Circuito de corrente e tensão, utilização externa:

- Cabo de 4 fios (tento) de 4 mm<sup>2</sup>.

**Nota 4: Os cabos especificados acima deverão ter as características exigidas por normas e comprovadas suas características através de laudos;**

**Nota 5: Nas extremidades de todos os cabos de controle, tanto em seu corpo como no painel dos circuitos auxiliares as suas pontas deverão estar estanhadas e deverão ser utilizados terminais do tipo olhal isolado, de acordo com a bitola dos condutores e suas pontas deverá estar acabadas com terminações contráteis;**

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 27 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

**Nota 6:** A identificação da fiação deverá ter endereçamento cruzado ponto a ponto e não será aceito para a identificação de componentes ou fiações o sistema de crachás, pois toda identificação de componentes deverá ser feita através de placas de acrílico;

**Nota 7:** A instalação desta nova fiação deverá ser realizada através de prensa cabos na entrada dos cabos nos respectivos equipamentos com o armário. Todos os cabos deverão ser alocados em eletro-calhas, ou seja, em bandejas metálicas fabricadas em chapas de aço SAE 1008/1010, conforme a NBR 11888-2 e NBR 7013. Dobradas em forma de “U”, todas com virola (abas voltadas para parte interna), proporcionando maior resistência a flexo-torção. Elas devem ser totalmente perfuradas, oferecendo ventilação nos cabos, devem acompanhar todos os acessórios necessários, visando um excelente acabamento quando do lançamento de todos os cabos;

#### 6.4.9 Sistema de Selagem para a Atmosfera

Os transformadores devem ser selados para a atmosfera, utilizando-se para isto o gás Nitrogênio super seco.

O sistema de selagem é composto de tanque cilíndrico metálico, equipado com pulmão de película coextrudada de polietileno de alta densidade e poliamida resistente ao óleo mineral isolante e a atmosfera rica em ozônio, um desumidificador de ar com sílica gel, duas válvulas de bloqueio da interligação, duas válvulas de bloqueio para troca de carga e outros acessórios de instalação/montagem.

Deve ser interligado ao conservador de óleo, através de derivação, com válvulas, da tubulação do reservatório de sílica gel do transformador.

O sistema de selagem para a atmosfera deve ser fornecido juntamente com o transformador. O Fornecedor deve cotar este sistema em separado, cabendo exclusivamente a CONCESSIONÁRIA a opção de inclusão ou não no processo de compra.

#### 6.4.10 Pintura e Acabamento


**6.4.11** Deve ser feito arredondamento em todas as bordas do tanque e de todos os componentes a serem pintados ou galvanizados como:

- Tampa principal e tampas de inspeção;
- Conservador de óleo;
- Radiadores;
- Suportes;
- Armários.


A pintura deve ser aplicada após preparação da superfície. A medida de espessura da película seca não deve contemplar a rugosidade da chapa, isto é, a espessura deve ser medida acima dos picos. O Fabricante deve observar as recomendações contidas nesta especificação em relação às etapas precedentes a pintura. O processo de pintura do equipamento, bem como dos seus componentes e acessórios, inclusive conservadores de óleo, deve ser conforme abaixo:

##### a) Tratamentos de Superfícies Interna e Externa

- Desengraxe com uso de solventes, segundo norma **SSPC-SP1-63**;

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 28 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

- Jateamento com granalha de aço ao metal branco padrão grau SA-2 1/2 segundo norma SIS-05.5900 ou norma SSPL-PS-63. Opcionalmente, para as superfícies internas nos pontos onde não é possível o jateamento, é permitido o sistema de decapagem química segundo norma SSPL-SP8-63;
- Procedimentos de pré-tratamento da superfície para pintura:
  - a) Limpar a superfície com ar comprimido isenta de água e de óleo;
  - b) Inspeção da superfície a ser pintada, antes da aplicação da tinta de fundo, quanto à presença de corrosão, graxa, umidade e outros materiais estranhos. Se for constatada a presença de óleo ou graxa, limpar a superfície com xilol;
  - c) Pintura de toda a superfície preparada, com a tinta de fundo, na mesma jornada;
  - d) Aplicação de uma camada de tinta, antes de cada demão normal, em regiões de solda, frestas e outras de difícil acesso;
  - e) Espera do tempo de repintura recomendado pelo fabricante da tinta ou, na ausência desta informação, espera de um tempo mínimo de 12 horas e máximo de 24 horas. No caso do tempo máximo de repintura ser ultrapassado, lixar a camada de tinta existente antes da aplicação da demão seguinte;
  - f) Vedação das eventuais frestas existentes com massa flexível a base de poliuretano;
  - g) Não aplicação de tinta se a temperatura ambiente for inferior a 50°C ou superior a 500°C;
  - h) Não aplicação de tinta em tempo de chuva, nevoeiro ou quando a umidade do ar for superior a 85%.
- b) **Pintura Interna**
  - Aplicar uma demão de Shop Primer Epóxi, espessura de 20 µm (médio);
  - Aplicar uma demão de epóxi poliamina na cor branca, isenta de ácidos graxos espessura de 80 µm (médio);
  - A espessura final da película seca deve estar na faixa de 90 a 110 µm.
- c) **Pintura Externa**
  - Aplicar uma demão de tinta epóxi pigmentada com zinco e com alumínio (mínimo de 65 ± 2% na película seca) com espessura de película seca de 80 µm (médio);
  - Aguardar o tempo de repintura recomendado pelo fabricante da tinta. Na ausência desta informação, aguardar no mínimo 12 horas e no máximo 24 horas;
  - Se o tempo de repintura for ultrapassado, lixar levemente a camada de tinta antes da aplicação da demão seguinte;
  - Vedar as eventuais frestas existentes com massa flexível a base de poliuretano;
  - Aplicar duas demãos de tinta epóxi curada com poliamida com espessura de película seca de 100 µm por demão;
  - Aguardar o tempo de repintura recomendado pelo fabricante da tinta. Na ausência desta informação, aguardar no mínimo 12 horas e no máximo 24 horas;

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 29 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

- Aplicar uma demão de tinta de acabamento a base de poliuretano acrílico alifático com espessura de película seca de 60  $\mu\text{m}$  na cor cinza claro notação Munsell N6.5;
- A espessura final da película seca deve ser de 340  $\mu\text{m}$ ;
- Deve ser fornecida uma quantidade suficiente de tinta para retocar superfícies danificadas durante o transporte.

d) Ventiladores e Radiadores

e) Demais Componentes

- Todos os componentes e acessórios, devem receber tratamento e pintura conforme o tratamento dado à superfície externa do transformador.

## 6.5 Identificação

O transformador deve ser provido de placas de identificação, sendo uma ou mais placas de fiação e uma ou mais placas diagramáticas, em aço inoxidável austenítico AISI 316, com espessura mínima de 1,5mm. A placa diagramática deve conter todas as informações previstas na norma NBR 5356/9368, além do número e item da Ordem de Compra, os valores das impedâncias de curto-circuito na potência base ONAN, obtidos nos ensaios de recebimento, nas posições extremas e na principal do comutador, o tipo e o número de série da chave comutadora, (que é fornecido na aprovação dos desenhos). A placa deve ser instalada no tanque principal ou na porta do painel de controle, em local bem visível.

A placa de fiação do comando e proteção deve ser conforme norma **NBR 9368**. A sua instalação deve ser na face interior da porta do painel de controle do transformador.

## 7 INSPEÇÕES E ENSAIOS

Todos os ensaios solicitados deverão ser realizados dentro das instalações da empresa contratada para o fornecimento, bem como o local da realização de todos os ensaios não deve apresentar nível de ruído superior a 50 dB.

Não será aceita pela CONCESSIONÁRIA a subcontratação.


Enviar desenhos/documentos contendo no mínimo:

- Diagrama Unifilar básico dos circuitos de cada ensaio a ser realizado (identificar todos os componentes);
- Enviar dados técnicos dos aparelhos, instrumentação e demais acessórios utilizados nos ensaios;
- Descrição resumida de cada ensaio.

### 7.1 Requisitos Gerais

No caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco, as duas partes normalmente não podem ser ensaiadas separadamente. Se o comprador exigir ensaios individuais



	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 30 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

de cada componente, as disposições necessárias para ensaios separados devem ser acordadas entre o fabricante e o comprador na colocação do pedido.

Na combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco, as duas partes normalmente não podem ser ensaiadas separadamente. Caso haja necessidade de ensaiar separadamente deve ser acordado ainda no pedido de compra.

## 7.2 Ensaios de Rotina

O ensaios de rotina que devem ser realizados são os seguintes:

### 7.2.1 medição de resistência de enrolamento (Conforme ABNT NBR 5356-1)

A resistência de cada enrolamento, os terminais entre os quais ela for medida e a temperatura dos enrolamentos devem ser registrados. A medição deve ser efetuada em corrente contínua.

A resistência elétrica dos enrolamentos deve ser medida na derivação correspondente à tensão mais elevada.

Em todas as medições de resistência, cuidados devem ser tomados para se reduzirem ao mínimo os efeitos de auto-indutância.

Para **transformadores imersos em óleo** deve ser realizado o seguinte:


- Deixa-se o transformador com óleo desenergizado durante pelo menos 3 h, depois determina-se a temperatura média do óleo e considera-se que a temperatura do enrolamento é igual à temperatura média do óleo. A temperatura média do óleo é adotada como a média das temperaturas do óleo nas partes superior e inferior do tanque (topo e fundo do tanque).
- Quando se mede a resistência a frio, com o propósito de determinar a elevação de temperatura, é necessário envidar esforços especiais para determinar com precisão a temperatura média do enrolamento. Portanto, a diferença entre as temperaturas do óleo das partes superior e inferior deve ser pequena. A fim de se obter este resultado mais rápido, pode-se fazer circular óleo com ajuda de uma bomba.

### 7.2.2 medição de impedância de sequência zero

A impedância de sequência zero pode ser medida em qualquer corrente na faixa de 0,1 a 1,0 vez a corrente de neutro de curta duração nominal. No caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco, a impedância de sequência zero deve ser medida com corrente de neutro de curta duração nominal, a não ser que diferentemente acordado entre o fabricante e o comprador.

Para o método de medição, ver **ABNT NBR 5356-1**.

No caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco com indutância variável, a impedância de sequência zero deve ser medida em toda a faixa de regulagem.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 31 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

No caso de reatores com passos finitos, a medição deve ser feita em cada passo.

#### 7.2.3 medição de perdas em vazio e corrente de excitação (ver ABNT NBR 5356-1);

As perdas em vazio e a corrente de excitação devem ser medidas em um dos enrolamentos à frequência nominal e com tensão igual à tensão nominal, se o ensaio for realizado na derivação principal, ou igual à tensão de derivação apropriada, se o ensaio for realizado em outra derivação. Os demais enrolamentos devem ser deixados em circuito aberto e quaisquer enrolamentos que podem ser conectados em triângulo aberto devem ter o triângulo fechado.

Devem ser seguidos todos os critérios estabelecidos no item 11.5 disponível na ABNT NBR 5356-1:2007.

#### 7.2.4 ensaios dielétricos

A execução dos ensaios dielétricos em reatores de derivação segue as regras correspondentes para transformadores, conforme as ABNT NBR 5356-3, ABNT NBR 5356-4 e ABNT NBR 10295.

#### 7.2.5 medição da resistência de isolamento (conforme ABNT NBR 5356-1)

A resistência do isolamento deve ser realizado antes dos ensaios dielétricos.

Deve ser medido a resistência do isolamento com um megaohmímetro de 1 000 V no mínimo, para enrolamentos de tensão máxima do equipamento igual ou inferior a 72,5 kV, e de 2 000 V no mínimo, para enrolamentos de tensão máxima do equipamento superior àquela.

Curto-circuitar os terminais de cada enrolamento do transformador sob ensaio. Fazer as medições nas mesmas ligações indicadas para o ensaio de fator de potência do isolamento.

Ligar o megaohmímetro, mantendo-se a tensão constante durante no mínimo 1 min e fazer a leitura.

Anotar nessa leitura a tensão do megaohmímetro utilizado e a temperatura do enrolamento sob ensaio. Para esta última leitura, o transformador deve estar em equilíbrio térmico com a temperatura ambiente.

#### 7.2.6 medição do fator de potência do isolamento e tangente de delta (conforme ABNT NBR 5356-1)


São valores de referência para comparação com medições no campo. Não são especificados limites para estes valores.

Este ensaio deve proceder os ensaios dielétricos e pode ser repetido após estes, desde que solicitados pela concessionária para efeito de comparação com os valores anteriormente obtidos.

#### 7.2.7 Estanqueidade e resistência à pressão (conforme ABNT NBR 5356-1)

No ensaio, a pressão é aplicada por meio de ar comprimido ou nitrogênio, secos, agindo sobre a superfície do óleo, e é lida num manômetro instalado entre a válvula de admissão do ar e o transformador.

Atingida a pressão especificada em 11.10, interromper a entrada do gás, fechando a válvula no tubo de fornecimento. Esta pressão deve manter-se constante durante o tempo de aplicação especificado em 11.10.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 32 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

Este ensaio deve ser realizado antes do início ou após o término dos ensaios dielétricos. No caso de ser efetuada a análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo isolante, o ensaio deve ser realizado antes da retirada da primeira amostra ou após a retirada da amostra que se segue aos ensaios dielétricos. Os transformadores devem suportar as pressões manométricas de ensaio especificadas na Tabela 8.


Tabela 8 - Tipo de Transformador

Tipo de Transformador	Pressão manométrica (Mpa)	Tempo de Aplicação (h)
<b>Selado com colchão de gás</b>	0,07	1
<b>Selado de enchimento integral</b>	0,01	1
<b>Não selado, com tensão máxima do equipamento superior a 72,5 kV ou potência nominal superior a 10 MVA</b>	0,05	24
<b>Não selado, com tensão máxima do equipamento inferior a 72,5 kV ou potência nominal inferior a 10 MVA</b>	0,03	24

#### 7.2.8 Funcionamento dos acessórios (conforme ABNT NBR 5356-1)

Os ensaios funcionais devem analisar e seguir os seguintes critérios:

- Indicador externo de nível de óleo
- Indicador de temperatura do óleo
- Relé detector de Gás tipo Buchholz ou equivalente
- Indicador de temperatura do enrolamento
- Comutador sem Tensão
- Ventilador
- Bomba de óleo
- Indicador de circulador de óleo

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 33 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

- Dispositivo para alívio de pressão
- Comutadores de derivações em carga

No caso de um transformador de aterramento com um enrolamento secundário:

7.2.9 medição da relação de transformação e verificação do deslocamento angular (ver ABNT NBR 5356-1)

Mede-se a relação de transformação em cada derivação. Deve-se verificar a polaridade de transformadores monofásicos e o esquema da ligação para transformadores trifásicos.

7.2.10 medição de impedância de curto-circuito e perda em carga (ver ABNT NBR 5356-1)

A impedância do curto-circuito e as perdas em carga para um par de enrolamentos devem ser medidas à frequência nominal, aplicando-se uma tensão praticamente senoidal aos terminais de um enrolamento e mantendo-se os terminais do outro enrolamento curto-circuitados.

A corrente de alimentação deve ser pelo menos igual a 50 % da corrente nominal (corrente de derivação). As medidas devem ser feitas rapidamente para que as elevações de temperatura não introduzam erros significativos. A diferença de temperatura do óleo entre as partes superior e inferior do tanque deve ser suficientemente pequena para permitir a determinação da temperatura média, com a precisão requerida. Se o sistema de resfriamento for OF ou OD, pode-se fazer circular óleo através de uma bomba para mistura do óleo.


O ensaio deve seguir os critérios estabelecidos na **ABNT NBR 5356-1:2007; item 11.4.**

7.2.11 ensaio de tensão suportável à frequência industrial no enrolamento auxiliar e nos cabos de controle e medição, quando apropriado (ver ABNT NBR 5356-3:2007, seção 10).

O ensaio de tensão aplicada deve ser feito com a tensão monofásica mais próxima da senoidal possível, com uma frequência não menor do que 80 % da frequência nominal.

O valor da tensão de pico deve ser medido. Este valor dividido por  $\sqrt{2}$  deve ser igual ao valor de ensaio.

Inicialmente deve ser aplicada uma tensão de no máximo um terço da tensão de ensaio especificada. A seguir, a tensão deve ser elevada para o valor de ensaio tão rapidamente quanto for compatível com a leitura correta dos instrumentos. Ao fim do ensaio, a tensão deve ser reduzida rapidamente para um valor menor do que um terço do valor de ensaio e desligada. Para enrolamentos com isolamento progressivo (não uniforme), o ensaio deve ser executado com a tensão de ensaio correspondente ao terminal de neutro e os terminais de linha são então submetidos ao ensaio de tensão induzida modificado, de acordo com os itens 12.3 ou 12.4. disponíveis na **ABNT NBR 5356-3:2007.**

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 34 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

A tensão de ensaio deve ser aplicada por 60 s entre todos os terminais do enrolamento sob ensaio interligados e todos os terminais dos demais enrolamentos, núcleo, tanque e demais partes metálicas ligadas e aterradas. O ensaio é considerado satisfatório se não ocorrer colapso da tensão de ensaio.

No caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco:

7.2.12 medição de impedância de sequência zero em toda a faixa de derivação, se o reator tiver indutância variável conforme ABNT NBR 5336-1

7.2.13 ensaio de funcionamento do comutador de derivações, do mecanismo de variação do entreferro ou de qualquer outro dispositivo de comutação, e dos equipamentos de controle e medição associados, quando apropriado deve ser conforme os critérios estabelecidos na ABNT NBR 5356-1:2007, Seções 11.8.1 a), b) e c) ou critério apontado pela concessionária.

### 7.3 Ensaios de Tipo

Os ensaios de tipo devem ser os seguintes:

#### 7.3.1 Ensaios Dielétricos

Os ensaios dielétricos deverão ser realizados com o transformador na temperatura ambiente e devem seguir os requisitos informados na Tabela 1 da ABNT NBR 5356-3:2007.

O transformador deverá estar completamente montado como em funcionamento, incluindo equipamentos de supervisão, e todos os demais que influenciam na suportabilidade dielétrica do isolamento.


Os ensaios dielétricos deverão ser executados na sequência apresentada a seguir:

- Impulso atmosférico (IA) para os terminais de linha;
- Impulso atmosférico no terminal de neutro (IA);
- Ensaio de tensão suportável à frequência industrial;
- Tensão induzida de curta duração (CACD);
- Tensão induzida de longa duração (CALD).

As tensões suportáveis nominais devem ser verificadas por:

#### Isolamento uniforme

- ensaio de tensão suportável à frequência industrial ou ensaio de tensão aplicada (ABNT NBR 5356-3:2007, Seção 11);
- ensaio de tensão suportável induzida (ABNT NBR 5356-3:2007, 12.2);
- ensaio de impulso atmosférico (ABNT NBR 5356-3:2007, Seção 13)

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 35 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

### Isolamento progressivo (não uniforme)


- ensaio de tensão suportável à frequência industrial (tensão aplicada) para o terminal de terra do enrolamento principal (ABNT NBR 5356-3:2007, Seção 11);
- ensaio de tensão suportável induzida (ABNT NBR 5356-3:2007, 12.3);
- no caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco, o ensaio de tensão suportável induzida consiste em dois ensaios separados, um com excitação monofásica e um com excitação trifásica;
- ensaio de impulso atmosférico (ABNT NBR 5356-3:2007, Seção 13);
- no caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco com indutância variável, os reatores devem ser ajustados para corrente mínima durante estes ensaios. Se o reator possuir um enrolamento com derivações, as premissas estabelecidas na ABNT NBR 5356-3:2007, Seção 8, devem ser aplicadas.

### 7.3.2 Ensaios de Elevação de Temperatura

#### Ensaio de elevação de temperatura com corrente de neutro de regime contínuo nominal e potência nominal do enrolamento secundário

- Quando a corrente de neutro de regime contínuo nominal e um enrolamento secundário forem especificados a elevação de temperatura média e no topo do óleo deve ser medida em uma corrente que forneça as perdas totais associadas com a corrente de neutro de regime contínuo nominal, se for especificado, à corrente correspondente à potência nominal do enrolamento secundário, se houver, e as perdas a vazio. A elevação de temperatura do enrolamento principal deve ser medida em uma corrente correspondente à soma da corrente de regime contínuo e em uma corrente apropriada correspondente à potência nominal do enrolamento secundário. A elevação de temperatura do enrolamento secundário deve ser medida à corrente correspondente à potência nominal do enrolamento secundário, levando em conta a elevação de temperatura do óleo medida anteriormente, na condição de perdas totais. No caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco, um ensaio de elevação de temperatura corrente de neutro de regime contínuo nominal é exigido. O reator e o transformador são ensaiados simultaneamente. Neste caso, a temperatura do enrolamento medida é a temperatura média de ambas as partes. Se o reator de supressão de arco de indutância for variável, o ensaio de elevação de temperatura deve ser realizado na derivação que resulte em perdas mais elevadas. (ABNT NBR 5356-6:2012, item 10.9.6.1)



	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 36 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

### Ensaio de elevação de temperatura com corrente de neutro de curta duração nominal

- Se a duração da corrente de neutro de curta duração nominal for superior a 10 s e inferior a 10 min, a elevação de temperatura deve ser determinada por cálculo ou medição através de acordo entre fabricante e comprador. Quando a duração da corrente de neutro de curta duração nominal for igual ou superior a 10 min, deve ser realizada uma medição de elevação de temperatura média do enrolamento por resistência, depois da aplicação da corrente de neutro de curta duração nominal pela duração da corrente de neutro de curta duração nominal (ABNT NBR 5356-6:2012, item 10.9.6.2)

### Determinação da temperatura dos óleos

- Topo do óleo: A temperatura do óleo na parte superior é determinada por um ou mais sensores imersos no óleo na tampa do tanque, dentro dos poços para instalação dos termossensores ou dentro das tubulações superiores que ligam o tanque aos radiadores ou trocadores de calor. O emprego de sensores múltiplos é particularmente importante para os transformadores de grande potência, e a média das leituras deve ser o valor representativo da temperatura.
- Óleo no fundo do tanque e óleo médio: A temperatura do óleo no fundo do tanque é determinada pelos sensores montados na tubulação de retorno dos trocadores de calor ou radiadores. Se várias baterias de radiadores forem montadas, é conveniente utilizar vários sensores.

Para maiores detalhes deve ser seguido obrigatoriamente os critérios estabelecidos na **ABNT NBR 5356-2:2007**.

## 7.4 Ensaios Especiais


Quando os ensaios especiais forem cobrados devem ser os seguintes:

### 7.4.1 Demonstração da capacidade de resistir à corrente de neutro de curta duração nominal

São possíveis duas alternativas para as conexões de ensaio:

- o transformador de aterramento deve ser conectado a uma alimentação trifásica simétrica e um curto-circuito deve ser estabelecido entre um terminal de linha e o terminal neutro.
- o transformador de aterramento deve ser conectado a uma alimentação monofásica entre os três terminais de linha conectados entre si e o terminal neutro.

O valor do primeiro pico da corrente de curto-circuito deve ser determinado multiplicando a corrente de neutro de curta duração nominal pelo fator K apropriado, dado na **ABNT NBR 5356-5:2007, 4.2.3**. O **fator K** deve ter um valor mínimo de  **$1,8 \sqrt{2} = 2,55$** .

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 37 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

O intervalo entre ensaios subsequentes deve ser suficiente para evitar um acúmulo prejudicial de calor. Do contrário, o ensaio deve ser executado de acordo com a [ABNT NBR 5356-5:2007, 4.2.](#)

No caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco, ambas as partes devem ser ensaiadas simultaneamente. Se o reator de supressão de arco for de indutância variável por meio de derivações, os ensaios devem ser realizados nas derivações extremas. Se o reator possuir uma indutância continuamente ajustável, ele deve ser ensaiado no ajuste de menor impedância de sequência zero. No caso de um reator consistindo em enrolamentos individuais, o arranjo de menor impedância de sequência zero deve ser ensaiado primeiro, seguido pelos ensaios em cada enrolamento individual do reator em questão ([ABNT NBR 5356-6:2012](#))

**7.4.2 Medição de perdas em vazio e corrente de excitação com máxima tensão de operação  $U_{m\acute{a}x}$  (ver [ABNT NBR 5356-1](#))**

A medição das perdas deve ser realizada com corrente de neutro de regime contínuo nominal conforme descrito no item 11.8.9.


**7.4.3 medição de nível de ruído audível** conforme [ABNT NBR 7277](#). No caso de um transformador de aterramento com um enrolamento secundário, ensaio de curto-circuito do transformador com o enrolamento secundário curto-circuitado conforme [ABNT NBR 5356-5](#).

No caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco:

**7.4.4 medição de perdas com corrente nominal de neutro de regime permanente**

A medição das perdas deve ser realizada com corrente de neutro de regime contínuo nominal. A medição das perdas deve ser realizada com corrente de neutro de regime contínuo nominal. Este ensaio deve ser realizado da seguinte forma:

- Reatores para supressão de arco com indutância ajustável devem ser medidos no mínimo em cinco posições em toda a faixa de ajuste, incluindo a posição de corrente nominal. As perdas devem ser medidas na tensão nominal e frequência nominal. Se, na tensão nominal com a indutância ajustada para a corrente nominal, a corrente medida for diferente da corrente nominal, as perdas medidas devem ser corrigidas para a corrente nominal pela multiplicação das perdas medidas pelo quadrado da relação da corrente nominal e corrente medida.
- A medição das perdas deve ser realizada à temperatura ambiente da fábrica e corrigida à temperatura de referência, conforme método dado na [ABNT NBR 5356-1](#).
- A perda total é composta da perda ôhmica, perda no ferro e perda adicional. A porção da perda ôhmica é tomada igual a  $I_r^2 R$ , sendo  $R$  a resistência ôhmica medida e  $I_r$  a corrente nominal. Perda no ferro e perda adicional não podem ser medidas separadamente. A soma da perda no ferro e da perda adicional é, portanto, a diferença entre a perda total e a perda ôhmica.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 38 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

- A perda ôhmica é corrigida à temperatura de referência, conforme método dado na **ABNT NBR 5356-1**. A correção da perda no ferro e adicional para a temperatura de referência não é normalmente prática. Portanto, perda no ferro e perda adicional devem ser consideradas independentes da temperatura. Esta suposição normalmente dá uma perda ligeiramente mais elevada na temperatura de referência do que existe na realidade.
- A perda total à temperatura de referência é então a soma da perda ôhmica corrigida à temperatura de referência e da perda medida no ferro e adicional.

No caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco, ambas as partes são ensaiadas simultaneamente. Se o reator de supressão de arco for variável, este ensaio deve ser realizado pelo menos nas duas regulagens extremas.

#### 7.4.5 ensaios de durabilidade e de resistência a intempéries do dispositivo para regulação de indutância (ver 11.8.12);

Quando reatores para supressão de arco têm um mecanismo para ajuste da indutância, o comprador pode solicitar, em acordo com o fabricante, ensaios adicionais de resistência ou procedimentos para demonstrar a integridade e desempenho satisfatório do mecanismo do reator.

O ensaio deve consistir em um número de operações de regulação do reator para supressão de arco refletindo o número de operações previstas durante o tempo de vida da unidade. Um ensaio típico de resistência pode consistir em 1 000 operações de regulação na plena faixa de ajuste.

#### 7.4.6 medição de linearidade

Para reatores para supressão de arco com indutância ajustável, esta medição deve ser realizada em ambos os ajustes de correntes máximas e mínimas. A medição deve ser feita aplicando uma tensão em degraus de aproximadamente 10 % à frequência nominal até 1,1 vez a tensão nominal. A linearidade é determinada traçando um gráfico do valor eficaz da tensão versus o valor eficaz da corrente. Em qualquer ponto desta curva a corrente medida não pode desviar em mais de  $\pm 5\%$  da reta definida de zero até o ponto determinado à tensão nominal.

#### 7.4.7 medição de vácuo interno (conforme ABNT NBR 5356-1)

Este ensaio só é aplicável a transformadores imersos em líquido isolante, com potência igual ou superior a 750 kVA. O tanque, os radiadores e os demais acessórios, exceto o comutador, devem suportar pleno vácuo. O transformador sem líquido isolante deve ser submetido a vácuo no seu interior, de modo que a pressão de ensaio seja como indicado na tabela abaixo por um período de 4 h.


	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 39 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

Tabela 9 - Potência Nominal do Transformador

Potência nominal do Transformador (P)	Pressão
750 kVA < P < 10 000 kVA	268 Pa (2 mm Hg)
P > 10 000 kVA	134 Pa (1 mm Hg)

O limite máximo para deslocamento residual, medido conforme item E.28 da ABNT NBR 5356-1:2007 deve ser:

$$Dr = H/400$$

$Dr$  = deslocamento residual, expresso em milímetros (mm).

$H$  = altura da parede do tanque, expresso em milímetros (m).

#### 7.4.8 análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo isolante (conforme ABNT NBR 5356-1)

A retirada de amostra de óleo para esse ensaio deve ser feito da seguinte forma:

- antes do início dos ensaios;
- após os ensaios dielétricos;
- após o ensaio de elevação de temperatura, caso seja realizado.


#### 7.4.9 medição de tensão de radiointerferência (conforme ABNT NBR 5356-1)

Os níveis de tensão radiointerferência produzidos por transformadores não devem ultrapassar os limites estabelecidos entre Equatorial e fornecedor, quando medidos devem estar em acordo com a ABNT NBR 7876.

### 7.5 Relatórios de Ensaios

O fabricante deve fornecer, após execução dos ensaios, 5 (cinco) cópias dos relatórios, com as seguintes informações:

- Data e local dos ensaios;
- Nome CONCESSIONÁRIA, número e item do processo de aquisição;
- Nome do fabricante e número de série do equipamento;
- Obra de destino;

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 40 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

- Número do código do equipamento (fornecido pela CONCESSIONÁRIA na ocasião da análise dos desenhos).

O relatório deve contemplar todas as informações dos ensaios realizados

## 7.6 Acompanhamento da Fabricação

O fabricante deve fornecer o cronograma detalhado das diversas etapas de fabricação, para permitir a inspeção durante o processo. Cabe a CONCESSIONÁRIA decidir pela realização ou não de visitas de inspeção em quaisquer das fases do processo de fabricação. Para isto, o fabricante deve comunicar por escrito, com antecedência de 15 (quinze), dias quaisquer alterações do cronograma de fabricação.

A inspeção da CONCESSIONÁRIA deve assistir a saída do transformador da estufa, os reapertos na parte ativa e inspeção final incluindo o tanque principal e de expansão. Para isto, o fabricante deve confirmar à CONCESSIONÁRIA, com antecedência de 15 dias, a data da etapa acima descrita.

Cabe à CONCESSIONÁRIA decidir pela necessidade ou não da visita de inspeção na aprovação dos desenhos.

Este procedimento deve ser aplicado nos seguintes casos:


- Para fornecedores novos e incluídos recentemente no cadastro das empresas;
- Para fornecedores que tiveram modificações no seu processo de fabricação, ou no layout da fábrica; mudança física de endereço; primeiros fornecimentos; etc;
- Para equipamentos fora do padrão normal, aplicados na rede da CONCESSIONÁRIA.

### 7.6.1 Fotografias

Até 15 (quinze) dias após o término dos ensaios, o FABRICANTE/CONTRATADO deverá fornecer 4 (quatro) cópias a cores, tamanho 18 X 24 centímetros, das seguintes fotografias:

Tabela 10 - Lista de Fotografias

Núcleo	1 vista de frente 1 vista lateral
Parte ativa	3 vistas laterais 1 vista superior
Transformador completo	2 vistas laterais 1 vista superior
Tanque do transformador	1 vista interna
Membrana do conservador de óleo	1 vista


	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 41 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

Tampa do transformador	3 vistas no mínimo, mostrando as furações para as conexões dos acessórios.
Aterramento do núcleo	1 vista mostrando o detalhe de conexão do aterramento do núcleo.
Canecos das buchas de AT	3 fotos mostrando os canecos e as flanges de acoplamento das buchas de alta tensão.
Canecos das buchas de MT	3 fotos mostrando os canecos e as flanges de acoplamento das buchas de média tensão.
Tanque/Radiadores	3 fotos mostrando no mínimo as flanges de acoplamento com os radiadores

As fotos deverão ter as seguintes informações:


- Indicação dos enrolamentos de alta tensão e seus terminais ( H1, H2 e H3);
- Indicação dos enrolamentos de baixa tensão e seus terminais (x1, x2, x3 e x0);
- Indicação do fechamento do neutro do enrolamento de baixa tensão.



	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 42 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

## 8 ANEXOS

### Anexo I - PIT – Ensaios de Rotina


<div>  <div> <b>PLANO DE INSPEÇÃO E TESTE - PIT</b>  <b>ET.009.EQTL - TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO</b> </div> </div>											
Fabricante:						N° Pedido:					
Modelo:						Código Equatorial:					
N° Série:						Quantidade:					
ITEM	TIPO DO ENSAIO	DESCRIÇÃO DO ENSAIO	INSTRUÇÃO E PROCEDIMENTOS	PERCENTUAL DE AMOSTRA	DETALHES			LOCAL / DATA	QUANTIDADE INSPECIONADA	QUANTIDADE APROVADA	OBSERVAÇÃO DOS ENSAIOS
					1	2	3				
1	ROTINA	Medição de resistência de enrolamento	NBR 5356-1	100%							
2		Medição de impedância de sequência zero	NBR 5356-6	100%							
3		Medição de perdas em vazio e corrente de excitação	NBR 5356-1	100%							
4		Ensaio dielétricos	NBR 5356-6	100%							
5		Medição da resistência de isolamento	NBR 5356-1	100%							
6		Medição do fator de potência do isolamento e tangente de delta	NBR 5356-1	100%							
7		Estanqueidade e resistência à pressão	NBR 5356-1	100%							
8		Funcionamento dos acessórios	NBR 5356-1	100%							
9		Medição de impedância de curto-circuito e perda em carga	NBR 5356-1	100%							
10		Ensaio de tensão suportável à frequência industrial no enrolamento auxiliar e nos cabos de controle e medição, quando apropriado	NBR 5356-1	100%							
11	Pintura	Item 6.4.10 e 6. 4.11	100%								
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
Tipo da Inspeção		1		2		3					
		Local de Inspeção		Inspeção		Emissão de Certificado ou Relatório de Ensaio					

<sup>1</sup> Os certificados/relatórios de ensaio devem ser entregues ao inspetor Equatorial devidamente preenchidos, identificados com o nome/tipo e número de série dos equipamentos ensaiados e assinados pelo(s) responsável(is) pela(s) área(s) de testes.


<sup>2</sup> Não é necessário fornecer uma cópia dos certificados/relatórios, somente apresentar o documento para análise do inspetor Equatorial.

- Os equipamentos de medições utilizados na inspeção deverão estar aferidos e calibrados por órgãos reconhecidos e os certificados apresentados no início da inspeção.

- Os procedimentos de cada ensaio e valores de referência deverão seguir a especificação técnica e normas aplicáveis

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 43 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

## Anexo II - PIT – Ensaios de Tipo


<div>  <div> <b>PLANO DE INSPEÇÃO E TESTE - PIT</b>  <b>ET.009.EQTL - TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO</b> </div> </div>											
Fabricante:						Nº Pedido:					
Modelo:						Código Equatorial:					
Nº Série:						Quantidade:					
ITEM	TIPO DO ENSAIO	DESCRIÇÃO DO ENSAIO	INSTRUÇÃO E PROCEDIMENTOS	PERCENTUAL DE AMOSTRA	DETALHES			LOCAL / DATA	QUANTIDADE INSPECIONADA	QUANTIDADE APROVADA	OBSERVAÇÃO DOS ENSAIOS
					1	2	3				
1	ENSAIOS DE TIPO	Ensaios Dielétricos									
2		Isolamento uniforme	NBR 5356-6:2012	100%							
3		Isolamento progressivo (não uniforme)	NBR 5356-6:2012	100%							
4		Ensaios de elevação de temperatura									
6		Ensaio de elevação de temperatura com corrente de neutro de regime contínuo nominal e potência nominal do enrolamento secundário	NBR 5356-6:2012	100%							
7		Ensaio de elevação de temperatura com corrente de neutro de curta duração nominal	NBR 5356-6:2012	100%							
8		Determinação da temperatura dos óleos	5356-2:2007.	100%							
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
Tipo da Inspeção		1		2				3			
		Local de Inspeção		Inspeção				Emissão de Certificado ou Relatório de Ensaio			

<sup>1</sup> Os certificados/relatórios de ensaio devem ser entregues ao inspetor Equatorial devidamente preenchidos, identificados com o nome/tipo e número de série dos equipamentos ensaiados e assinados pelo(s) responsável(is) pela(s) área(s) de testes.


<sup>2</sup> Não é necessário fornecer uma cópia dos certificados/relatórios, somente apresentar o documento para análise do inspetor Equatorial.

- Os equipamentos de medições utilizados na inspeção deverão estar aferidos e calibrados por órgãos reconhecidos e os certificados apresentados no início da inspeção.


- Os procedimentos de cada ensaio e valores de referência deverão seguir a especificação técnica e normas aplicáveis

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 44 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00


### Anexo III - PIT – Ensaios Especiais

<div>  <div> <b>PLANO DE INSPEÇÃO E TESTE - PIT</b>  <b>ET.009.EQTL - TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO</b> </div> </div>											
Fabricante:						Nº Pedido:					
Modelo:						Código Equatorial:					
Nº Série:						Quantidade:					
ITEM	TIPO DO ENSAIO	DESCRIÇÃO DO ENSAIO	INSTRUÇÃO E PROCEDIMENTOS	PERCENTUAL DE AMOSTRA	DETALHES			LOCAL / DATA	QUANTIDADE INSPECIONADA	QUANTIDADE APROVADA	OBSERVAÇÃO DOS ENSAIOS
					1	2	3				
1	ENSAIOS ESPECIAIS	Demonstração da capacidade de resistir à corrente de neutro de curta duração nominal	NBR 5356-6:2012	100%							
2		medição de perdas em vazio e corrente de excitação com máxima tensão de operação Umáx	NBR 5356-1:2012	100%							
4		medição de nível de ruído audível	NBR 7277	100%							
5		No caso de um transformador de aterramento com um enrolamento secundário, ensaio de curto-circuito do transformador com o enrolamento secundário curto-circuitado, verificar NBR 5356-5									
6		No caso da combinação de um transformador de aterramento e um reator de supressão de arco									
7		medição de perdas com corrente nominal de neutro de regime permanente	NBR 5356-6:2012, item 10.9.9 e 11.8.9	100%							
8		ensaio de durabilidade e de resistência a intempéries do dispositivo para regulação de indutância	NBR 5356-6	100%							
9		medição de linearidade	NBR 5356-6	100%							
10		medição de vácuo interno	NBR 5356-1	100%							
11		análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo isolante	NBR 5356-1	100%							
12		medição de tensão de radiointerferência	NBR 5356-1	100%							
13											
14											
15											
16											
17											
18											
Tipo da Inspeção		1		2		3					
		Local de Inspeção		Inspeção		Emissão de Certificado ou Relatório de Ensaio					

<sup>1</sup> Os certificados/relatórios de ensaio devem ser entregues ao inspetor Equatorial devidamente preenchidos, identificados com o nome/tipo e número de série dos equipamentos ensaiados e assinados pelo(s) responsável(is) pela(s) área(s) de testes.  
<sup>2</sup> Não é necessário fornecer uma cópia dos certificados/relatórios, somente apresentar o documento para análise do inspetor Equatorial.  
- Os equipamentos de medições utilizados na inspeção deverão estar aferidos e calibrados por órgãos reconhecidos e os certificados apresentados no início da inspeção.  
- Os procedimentos de cada ensaio e valores de referência deverão seguir a especificação técnica e normas aplicáveis

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 45 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

#### ANEXO IV - PIT – Ensaios Complementares


<div>  <div> <b>PLANO DE INSPEÇÃO E TESTE - PIT</b>  <b>ET.009.EQTL - TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO</b> </div> </div>											
Fabricante:							Nº Pedido:				
Modelo:							Código Equatorial:				
Nº Série:							Quantidade:				
ITEM	TIPO DO ENSAIO	DESCRIÇÃO DO ENSAIO	INSTRUÇÃO E PROCEDIMENTOS	PERCENTUAL DE AMOSTRA	DETALHES			LOCAL / DATA	QUANTIDADE INSPECIONADA	QUANTIDADE APROVADA	OBSERVAÇÃO DOS ENSAIOS
					1	2	3				
1	ENSAIOS COMPLEMENTARES										
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
Tipo da Inspeção		1			2			3			
		Local de Inspeção			Inspeção			Emissão de Certificado ou Relatório de Ensaio			

<sup>1</sup> Os certificados/relatórios de ensaio devem ser entregues ao inspetor Equatorial devidamente preenchidos, identificados com o nome/tipo e número de série dos equipamentos ensaiados e assinados pelo(s) responsável(is) pela(s) área(s) de testes.

<sup>2</sup> Não é necessário fornecer uma cópia dos certificados/relatórios, somente apresentar o documento para análise do inspetor Equatorial.


- Os equipamentos de medições utilizados na inspeção deverão estar aferidos e calibrados por órgãos reconhecidos e os certificados apresentados no início da inspeção.

- Os procedimentos de cada ensaio e valores de referência deverão seguir a especificação técnica e normas aplicáveis

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 46 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

## 9 CÓDIGOS PADRONIZADOS DA CONCESSIONÁRIA

CÓDIGO	DESCRIÇÃO BREVE	DESCRIÇÃO COMPLETA
102610000	TRAFO ATER 3F 375KVA 36KV PD DT	* TRANSFORMADOR ATERRAMENTO; NUMERO FASES: TRIFASICO; USO: EXTERNO; CLASSE/ TENSÃO: 36 KV; TENSÃO NOMINAL PRIMARIA: 34,5 KV; TENSÃO NOMINAL/ SECUNDARIA: 34,5 KV; FREQUENCIA NOMINAL: 60 HZ; POTENCIA NOMINAL 375 KVA/ (CONTINUO); POTENCIA TERMICA 10S: 12,5 MVA; CORRENTE NOMINAL CURTA/ DURAÇÃO NEUTRO 10S: IN = 628 A; REATANCIA X0 = 29,76 OHMS/FASE, X0 (%/ 100MVA) = 250 A; PADRAO: DISTRIBUICAO; INSTALADO: PLATAFORMA ENTRE/ POSTES; INEUTRO: 18,83 (A-CONTINUO); RESFRIAMENTO: ONAN; ISOLANTE: OLEO/ MINERAL; NORMAS APLICAVEIS: ABNT NBR 5356-6; PEDIDO CONFORME/ ESPECIFICACAO: ET.009.EQTL – TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO
102470001	REATOR DE ATERRAMENTO 3F 13,8 KV – 956 KVA - ZIG-ZAG.	REATOR ATERRAMENTO; NUMERO FASES: 3; TERMINAL DE NEUTRO; USO: EXTERNO; CLASSE/ TENSÃO: 15 KV; TENSÃO NOMINAL PRIMARIA: 13,8 KV; FREQUENCIA NOMINAL: 60 HZ; POTENCIA REG. PERMANENTE: 956 KVA; POTENCIA CURTA DURAÇÃO 10S: 31.870 KVA;CORRENTE DE NEUTRO DE CURTA/ DURAÇÃO 10S: 4.000 A; CORRENTE DE FASE DE CURTA DURAÇÃO 10S: 1333 A; REATANCIA X0 = 3 OHMS/FASE (X0 =50,2% - BASE: 31.870KVA); PADRAO: SUBESTAÇÃO; RESFRIAMENTO: ONAN; ISOLANTE: OLEO MINERAL; NORMAS APLICAVEIS: ABNT NBR 5356-6; ESPECIFICACAO: ET.009 - TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO; UTILIZAÇÃO: CEA
102470002	REATOR DE ATERRAMENTO 3F 13,8 KV – 1792 KVA - ZIG-ZAG	REATOR ATERRAMENTO; NUMERO FASES: 3; TERMINAL DE NEUTRO; USO: EXTERNO; CLASSE/ TENSÃO: 15 KV; TENSÃO NOMINAL PRIMARIA: 13,8 KV; FREQUENCIA NOMINAL: 60 HZ; POTENCIA REG. PERMANENTE:1792 KVA; POTENCIA CURTA DURAÇÃO 10S: 60 000 KVA; CORRENTE DE NEUTRO DE CURTA/ DURAÇÃO 10S: 7500 A; CORRENTE NEUTRO CONTÍNUO: 225 A ; PADRAO: SUBESTAÇÃO; RESFRIAMENTO: ONAN; ISOLANTE: OLEO MINERAL; NORMAS APLICAVEIS: ABNT NBR 5356-6; PEDIDO CONFORME ESPECIFICACAO: ET.009 - TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO; UTILIZAÇÃO: MARABÁ (PA)
102470003	REATOR DE ATERRAMENTO 3F 13,8 KV – 810 KVA - ZIG-ZAG	REATOR ATERRAMENTO; NUMERO FASES: 3; TERMINAL DE NEUTRO; USO: EXTERNO; CLASSE/ TENSÃO: 15 KV; TENSÃO NOMINAL PRIMARIA: 13,8 KV; FREQUENCIA NOMINAL: 60 HZ; POTENCIA REG. PERMANENTE: 810 KVA; POTENCIA CURTA DURAÇÃO 10S: 11.560 KVA; CORRENTE DE NEUTRO DE CURTA/ DURAÇÃO 10S: 1451 A; CORRENTE DE FASE DE CURTA DURAÇÃO 10S: 1333 A; REATANCIA X0 = 9,6 OHMS/FASE (X0 =58,2% - BASE: 11.560 KVA); PADRAO: SUBESTAÇÃO; RESFRIAMENTO: ONAN; ISOLANTE: OLEOMINERAL; NORMAS APLICAVEIS: ABNT NBR 5356-6; PEDIDO CONFORME ESPECIFICACAO ET.009 - TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO; UTILIZAÇÃO: ITAITUBA- PA)
102400002	REATOR DER POT INDUT 3F 34,5KV 250KVAR	REATOR, DERIVACAO POTENCIA INDUTIVO; NUMERO FASES: TRIFASICO; TENSÃO NOMINAL: 34,5 KV; TENSÃO MAXIMA OPERACAO: 36,2 KV; POTENCIA NOMINAL: 250 KVAR; FREQUENCIA NOMINAL: 60 HZ; NIVEL BASICO IMPULSO - NBI: 200 KV (CRISTA); TENSÃO SUPORTAVEL NOMINAL FREQUENCIA INDUSTRIAL: 70 KV / RMS; IMPEDANCIA NOMINAL: 4761 OHM; MEIO ISOLANTE: OLEO NAFTENICO; NUCLEO: C/ NUCLEO ENTRE FERRO; TIPO LIGACAO: ESTRELA ATERRADO; USO: EXTERNO; ACESSORIOS: VALVULA ALIVIO PRESSAO, SUPORTE DE POSTE, INDICADOR NIVEL OLEO; NORMAS APLICAVEIS: ABNT NBR 5356-6.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Homologado em: 30/08/2022	Página: 47 de 74
Título: TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO		Código: ET.009.EQTL.Normas e Qualidade	Revisão: 00

## 10 CONTROLE DE REVISÕES

REV	DATA	ITEM	DESCRIÇÃO DA MODIFICAÇÃO	RESPONSÁVEL
00	12/08/2022	-	- Emissão inicial Esse documento substitui a revisão anterior ET.31.009 - Revisão Geral	Elis Dayane Lima

## 11 APROVAÇÃO

### ELABORADOR(ES) / REVISOR(ES)

Elis Dayane Lima - Gerência de Normas e Padrões

### COLABORADOR(ES)

Francerdey Marlos – Gerência Corporativa de Manutenção de Alta Tensão

Marcos Antônio Lindolfo - Gerência Corporativa de Automação

Lealdino Rodrigues Pereira Filho - Gerência Corporativa de Manutenção de Alta Tensão

Jeferson Ricardo Martins Pinheiro - Gerência Corporativa de Manutenção de Alta Tensão

### APROVADOR(ES)

Carlos Henrique da Silva Vieira – Gerência Corporativa de Normas e Qualidade



# TRANSFORMADOR OU REATOR DE ATERRAMENTO

GRUPO  
**equatorial**  
ENERGIA

