

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

CONTEÚDO

1.	OBJETIVOS DO DOCUMENTO E ÁREA DE APLICAÇÃO	3
2.	GESTÃO DA VERSÃO DO DOCUMENTO.....	3
3.	UNIDADES RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO	3
4.	REFERÊNCIAS	4
5.	POSIÇÃO DO PROCESSO COM RELAÇÃO À ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	5
6.	SIGLAS E PALAVRAS-CHAVE.....	5
7.	DESCRIÇÃO.....	7
7.1	Terminologia	7
7.2	Requerimentos de Qualidade	7
7.3	Condições de Serviço.....	7
7.4	Códigos de material	8
7.5	Características Nominais	8
7.5.1.	Potências Nominais	8
7.5.2.	Tensões Nominais	8
7.5.3.	Derivações e Relações de Tensões	9
7.5.4.	Frequência Nominal e Ligação	9
7.5.5.	Níveis de Isolamento e Espaçamentos Externos Mínimos	9
7.5.6.	Temperaturas.....	10
7.5.7.	Perdas, Corrente de Excitação e Impedância	10
7.5.8.	Nível de Ruído	11
7.5.9.	Nível de Descargas Parciais.....	11
7.5.10.	Dimensões	11
7.5.11.	Diagrama Fasorial e Deslocamento Angular dos Transformadores	12
7.5.12.	Diagramas de Ligação dos Transformadores	12
7.5.13.	Características de Curto-Circuito.....	12
7.6	Características Construtivas.....	13
7.6.1.	Núcleo e Ferragens	13
7.6.2.	Bobinas de Baixa Tensão.....	13
7.6.3.	Bobinas de Alta Tensão.....	13
7.7	Acessórios	14
7.8	Comutador de Tensão sem Carga	14
7.9	Sistema de Monitoramento Térmico.....	15
7.10	Sistema de Ventilação Forçada.....	15
7.11	Placa de identificação.....	15

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

7.12	Classe de Combustão, Ambiental e Climática	15
7.13	Inspeção e Ensaio	15
7.13.1.	Ensaio de Rotina	15
7.13.2.	Ensaio de Tipo	16
7.13.3.	Ensaio Especial	16
7.14	Acondicionamento, Transporte, Armazenamento e Identificação	16
7.15	Apresentação da Proposta	17
7.16	Garantia Técnica	17
8.	ANEXOS	19
	ANEXO A – TRANSFORMADOR A SECO – TIPO 1	20
	ANEXO B – TRANSFORMADOR A SECO – TIPO 2	21
	ANEXO C – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIDAS – CTG	23

RESPONSÁVEL POR NETWORK DEVELOPMENT BRAZIL

Fernando Andrade

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

1. OBJETIVOS DO DOCUMENTO E ÁREA DE APLICAÇÃO

Este documento define os requisitos técnicos para aquisição de Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno.

Este documento se aplica a Enel Grids Brasil.

A presente política aplica-se ao Grupo Enel no que diz respeito à sua atuação no Brasil, de acordo com as leis, regulamentos, acordos coletivos e normas de governança aplicáveis, incluindo a Lei Geral de Proteção de Dados, que em qualquer situação, prevalecem sobre as disposições contidas neste documento.

A Lei Geral de Proteção de Dados, Lei nº 13.709/2018 (LGPD) e GDPR (Regulamento U.E. 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016), regulamentam o tratamento de dados pessoais. A LGPD define que tratamento é toda operação realizada com dados pessoais, como as que se referem a coleta, produção, recepção, classificação, utilização, acesso, reprodução, transmissão, distribuição, processamento, arquivamento, armazenamento, eliminação, avaliação ou controle da informação, modificação, comunicação, transferência, difusão ou extração, bem como que Dados Pessoais são todas as informações relacionadas a uma pessoa natural (pessoa física), que possa torna-la identificada ou identificável (tais como: nome, CPF, endereço, nome de familiares, perfil de consumo, geolocalização, número de Unidade Consumidora, etc., os quais de forma isolada, ou associada com dois ou mais, possam identificar direta, ou indiretamente, um titular de dados pessoais).

Os Tratamentos de Dados Pessoais realizados durante as atividades descritas neste documento, deverão estar devidamente mapeados no sistema de registro de tratamento de dados pessoais do Grupo Enel, conforme a Instrução Operacional n. 3341 - Gerenciamento de Registro de Tratamento de Dados Pessoais e deverão ocorrer em consonância com as regras de Proteção De Dados Pessoais, GDS e Segurança da Informação do Grupo Enel, estabelecidas nas respectivas Políticas e Procedimentos internos, listados no item 4 deste documento.

2. GESTÃO DA VERSÃO DO DOCUMENTO

Versão	Data	Descrição das mudanças
1	02/03/2018	Emissão da Especificação Técnica de Materiais
2	03/03/2020	Atualização geral do documento para inserir as informações dos transformadores a seco da Enel Distribuição Goiás e Enel Distribuição São Paulo. Este documento cancela e substitui a especificação técnica PM-Br 199.72.1
3	14/01/2021	Adição do código 305429 e correção da taxonomia do documento. Este documento cancela e substitui a especificação técnica PM-Br 199.72.2
4	07/05/2024	Adição de códigos, adequação de texto e alteração de informações. Este documento cancela e substitui a especificação técnica PM-Br 199.72.3
5	18/05/2026	Atualização do item 7.16 Garantia Técnica.

3. UNIDADES RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO

Responsável pela elaboração do documento:

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- Engineering Sup & Global St. Adoption

Responsável pela autorização do documento:

- Engineering Sup & Global St. Adoption

4. REFERÊNCIAS

- Procedimento Organizacional n.375 Gestão da Informação Documentada;
- Código Ético do Grupo Enel;
- Plano de Tolerância Zero à Corrupção;
- Enel Human Rights Policy;
- Enel Global Compliance Program (EGCP);
- Política do SGI;
- ISO 9001 - Sistema de Gestão da Qualidade;
- ISO 14001 - Sistema de Gestão Ambiental;
- ISO 45001 - Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional;
- ISO 50001- Sistema de Gestão de Energia;
- ISO 37001 - Sistema de Gestão Antissuborno;
- Policy n.344 - Application of the General Data Protection Regulation (EU Regulation2016/679) within the scope of the Enel Group;
- Procedimento Organizacional n.1626 – Aplicação da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais no âmbito das Empresas do Grupo Enel;
- Policy n.243 - Segurança da Informação;
- Policy n.33 – Information Classification and Protection;
- Policy n.347 – Policy Personal Data Breach Management;
- Policy n.1042 – Gerenciamento de Incidentes de Segurança de Dados Pessoais;
- Instrução Operacional n.3341 – Gerenciamento de Registro de Tratamento de Dados Pessoais;
- Instrução Operacional n.3340 – Metodologia para Processo de Avaliação de Impacto na Proteção de Dados;
- Policy n.241 – Gestão de Crises e Incidentes Brasil;
- Policy n.25 – Management of Logical Access to IT Systems;
- Policy n.37 - Enel Mobile Applications;
- Procedimento Organizacional n.34 - Application Portfolio Management;
- Procedimento Organizacional n.35 - GDS Initiatives Planning and Activation;
- Procedimento Organizacional n.36 - Solutions Development & Release Management;
- Instrução Operacional n.944 - Cyber Security Risk Management Methodology;
- ABNT NBR 5034, Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV;
- ABNT NBR 5356-1, Transformadores de Potência, Parte 1: Generalidades;
- ABNT NBR 5356-2, Transformadores de potência, Parte 2: Aquecimento;
- ABNT NBR 5356-3, Transformadores de potência, Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar;
- ABNT NBR 5356-4, Transformadores de potência, Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores;
- ABNT NBR 5356-5, Transformadores de potência, Parte 5: Capacidade de resistir a curtos-circuitos;

DOCUMENTO INVÁLIDO SE IMPRESSO OU GRAVADO

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- ABNT NBR 5356-11, Transformadores de potência, Parte 11: Transformadores do tipo seco-Especificação;
- ABNT NBR 5458, Transformador de potência - Terminologia;
- ABNT NBR 7277, Transformadores e reatores - Determinação do nível de ruído;
- ABNT NBR 14039, Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV;
- ABNT NBR 60060-2, Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão, Parte 2: Sistemas de medição;
- ABNT NBR IEC 60085, Isolação elétrica – Avaliação térmica e designação;
- ABNT NBR IEC 60529, Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP);
- ABNT NBR ISO 9001, Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos.

Notas:

- 1) O fornecedor deve disponibilizar, para o inspetor da Enel, no local da inspeção, todas as Normas acima mencionadas, em suas últimas revisões.
- 2) Deverá ser usado o Sistema Internacional de Unidades (Sistema Métrico) para todo e qualquer fornecimento a ser realizado.

5. POSIÇÃO DO PROCESSO COM RELAÇÃO À ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Value Chain: Gestão da Rede

Macro Process: Gestão de Materiais

Process: Padronização de Componentes de Rede

6. SIGLAS E PALAVRAS-CHAVE

Siglas e Palavras-Chave	Descrição
ABNT/NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas/Normas Brasileiras
Dado Pessoal	Dado Pessoal é qualquer informação relacionada a pessoa natural identificada ou identificável, tais como nome, número de identificação, dados de localização, um identificador online ou a um ou mais dos elementos característicos de sua identidade física, fisiológica, genética, mental, econômica, cultural ou social (veja também Categorias especiais de dados pessoais).
Dados Pessoais Sensíveis (incluindo biométricos e referentes à Saúde)	No contexto de proteção de dados, merece especial atenção a categoria de dado pessoal sobre origem racial ou étnica, convicção religiosa, opinião política, filiação a sindicato ou a organização de caráter religioso, filosófico ou político, dado referente à saúde ou à vida sexual, dado genético ou biométrico, quando vinculado a uma pessoa natural. Esses dados são definidos pela LGPD como Dados Pessoais Sensíveis. <ul style="list-style-type: none"> • Dados genéticos: dados pessoais relativos às características genéticas, hereditárias ou adquiridas de uma pessoa física que fornecem informações unívocas sobre a fisiologia ou sobre a

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Siglas e Palavras-Chave	Descrição
	<p>saúde de tal pessoa física, e que resultam designadamente da análise de uma amostra biológica da pessoa física em questão;</p> <ul style="list-style-type: none"> Dados biométricos: dados pessoais resultantes de um tratamento técnico específico relativo às características físicas, fisiológicas ou comportamentais de uma pessoa física que permitam ou confirmem a identificação única dessa pessoa, tais como foto, vídeo, imagens da face ou dados de impressão digital; Dados relativos à saúde: dados pessoais relacionados com a saúde física ou mental de uma pessoa física, incluindo a prestação de serviços de saúde, que revelem informações sobre o seu estado de saúde.
General Data Protection Regulation or GDPR	Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de abril de 2016, relativo à proteção das pessoas naturais, no que diz respeito ao tratamento de dados pessoais e à livre circulação desses dados; e que revoga a Diretiva 95/46 / CE.
Lei Geral de Proteção de Dados ou LGPD.	Lei Brasileira nº 13.709/18 promulgada em 14 de agosto de 2018, posteriormente alterada pela Lei 13.853/19, que dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural.
Titular dos Dados Pessoais	Pessoa natural a quem se referem os dados pessoais que são objeto de tratamento. Ele / ela entendido como uma pessoa natural identificada ou identificável.
Tratamento	Toda operação realizada com dados pessoais, como as que se referem a coleta, produção, recepção, classificação, utilização, acesso, reprodução, transmissão, distribuição, processamento, arquivamento, armazenamento, eliminação, avaliação ou controle da informação, modificação, comunicação, transferência, difusão ou extração.
Transformador	Equipamento elétrico estático que, por indução eletromagnética, transforma tensão e corrente alternadas entre dois ou mais enrolamentos, sem mudança de frequência.
Enrolamento Encapsulado	Enrolamento isolado com isolamento sólida.
Transformador do Tipo Seco	Transformador cuja parte ativa não é imersa em líquido isolante.

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

7. DESCRIÇÃO

7.1 Terminologia

Os termos técnicos utilizados nesta especificação estão definidos nas normas ABNT NBR 5356-11 e ABNT NBR 5458.

7.2 Requerimentos de Qualidade

O Proponente deve demonstrar que tem implementado e funcionando em fábrica um sistema de Garantia de Qualidade com programas e procedimentos documentados em manuais, cumprindo a norma ABNT NBR ISO 9001.

A Enel Grids Brasil se reserva o direito de verificar os procedimentos e a documentação relativa à fabricação dos transformadores e o fabricante se obriga a pôr a sua disposição estes antecedentes.

7.3 Condições de Serviço

Os transformadores de distribuição a seco devem ser apropriados ao uso interno, observando de forma indireta as influências, em clima tropical, das seguintes condições ambientais da Tabela 1:

Tabela 1 - Condições Ambientais

Caraterística	Enel Distribuição Ceará	Enel Distribuição Rio	Enel Distribuição São Paulo
Altitude Máxima (m)	1.000	1.000	1.000
Temperatura Mínima (°C)	+14°	0°	0°
Temperatura Máxima (°C)	+40°	+40°	+40°
Temperatura Média (°C)	+30°	+30°	+30°
Umidade Relativa Média (%)	> 80	> 80	> 80
Pressão Máxima do Vento (N/m ²)	700	700	700
Nível de Contaminação (ABNT IEC/TR 60815)	Muito Alto (IV)	Muito Alto (IV)	Médio
Nível de Salinidade (mg/cm ² dia)	> 0,3502	> 0,3502	-
Radiação Solar Máxima (wb/m ²)	1.000	1.000	1.000

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

7.4 Códigos de material

Na Tabela 2 estão listados os códigos dos materiais

Tabela 2 - Códigos de transformadores

Classe de Tensão (kV)	Potência (kVA)	Tipo do Transformador		
		Tipo 1		Tipo 2 ^(Nota 1)
		Enel Ceará	Enel Distribuição RJ	Enel Distribuição São Paulo
15	75	601876	-	-
	112,5	601874	-	-
	225	112272	-	-
	300	601877	531431	-
	500	110719	531432	305193
	750	601873	110716	305194
	1000	111412	531449	305195
	1500	111886	110714	306192
	2000	110715	110713	306191
25	500	-	-	305196
	750	-	-	305197
	1000	-	-	305198
	1000	-	-	305429 ^(Nota 2)

Nota 1: Os transformadores do Tipo 2 são transformadores a seco onde os terminais primários são constituídos de buchas do tipo poço (bushing well).

Nota 2: Deve ser adequado para instalação de protetores de rede de baixa tensão (rede reticulada) conforme especificação vigente.

7.5 Características Nominais

7.5.1. Potências Nominais

A potência nominal deve ser selecionada dentre as seguintes: 75; 112,5; 225; 300; 500; 750; 1.000, 1500 e 2000; kVA, conforme indicado no item 0.

7.5.2. Tensões Nominais

As tensões nominais dos enrolamentos estão definidas na Tabela 3.

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Tabela 3 - Tensões Nominais dos Enrolamentos

Tensão Máxima (kV)	Potências	Tensões Nominais (V)				
		Primário		Secundário		
		Enel Ceará e Enel Rio	Enel São Paulo	Enel Ceará	Enel Rio	Enel São Paulo
15	75, 112,5, 225, 300, 500, 750, 1000, 1500 e 2000	13800	-	380/220	220/127	-
	500 e 750	-	13800	-	-	220/127
	1000	-	13800	-	-	400/231
24,2	500 e 750	-	21000	-	-	220/127
	1000	-	22100	-	-	400/231

7.5.3. Derivações e Relações de Tensões

Os enrolamentos de alta tensão, devem possuir as derivações indicadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Derivações

	Enel Ceará	Enel Rio	Enel São Paulo
Faixa de Variação	+1x4,35%; - 3x4,35%	-4x4,35%	-2x4,35% (15kV)
Tensões Primárias	14400 / 13800 / 13200 / 12600 / 12000 V	13800 / 13200 / 12600 / 12000 / 11400 V	13800 / 13200 / 12600
	-	-	21000 (500 e 750 kVA)
	-	-	22100 / 21000 (1000 kVA)

7.5.4. Frequência Nominal e Ligação

A frequência nominal deve ser 60Hz e a Ligação padrão deve ser Dyn1.

7.5.5. Níveis de Isolamento e Espaçamentos Externos Mínimos

O nível de isolamento e os espaçamentos mínimos a serem observados no ar devem estar de acordo com a Tabela 5.

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil
 Função Apoio: -
 Função Serviço: -
 Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Tabela 5 - Níveis de Isolamento e Espaçamentos Mínimos do Ar

Tensão (eficaz) Máxima do Equipamento (kV)	Tensão (eficaz) Suportável à Frequência Industrial durante 1 minuto (kV)	Tensão (eficaz) Suportável Nominal de Impulso Atmosférico (kV)		Espaçamento Mínimo no Ar (mm)	
		Pleno (crista) (kV)	Cortado (crista) (kV)	Fase para terra	Fase para fase
15	34	95	110	130	160
24,2	50	125	150	200	230

7.5.6. Temperaturas

As elevações de temperatura dos enrolamentos não devem exceder os valores constantes na Tabela 6.

Tabela 6 - Elevações de temperatura

Temperatura Ambiente Máxima* (°C)	Materiais Isolantes		Elevação Média do Enrolamento Acima do Ambiente (°C)	Elevação do Ponto Mais Quente do Enrolamento Acima do Ambiente (°C)	Temperatura de Referência para Garantia de Perdas e Impedância (°C)
	Classe	Temperatura (°C)			
40	F	155	105	115	115
45	H	180	140	130	115

7.5.7. Perdas, Corrente de Excitação e Impedância

Os valores garantidos de perdas, correntes de excitação e impedância de curto-circuito são estabelecidos na Tabela 7 e na Tabela 8.

Tabela 7 - Perdas, Corrente de Excitação e Impedância – Transformadores 15 kV

Potência (kVA)	Perdas em Vazio (W)	Perdas Totais (115 °C) (W)	Corrente a Vazio (%)	Impedância (115 °C) (%)
75	480	2170	3,5	4,5
112,5	600	3150	3,3	5,0
225	1150	5000	2,3	5,5
300	1300	5800	2,0	5,5
500	1800	9000	1,8	5,5
750	2400	12000	1,7	6,0
1000	2900	14600	1,5	6,0
1500	4000	18000	1,4	6,0
2000	4770	21970	1,4	6,5

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Tabela 8 - Perdas, Corrente de Excitação e Impedância – Transformadores 24,2 kV

Potência (kVA)	Perdas em Vazio (W)	Perdas Totais (115 °C) (W)	Corrente a Vazio (%)	Impedância (115 °C) (%)
500	2100	9445	2,1	5,5
750	2900	12700	1,8	6,0
1000	3500	15400	1,6	6,0

7.5.8. Nível de Ruído

Os níveis de ruído não devem exceder os valores informados na Tabela 9, conforme ABNT NBR 5356-11.

Tabela 9 - Níveis de Ruído Admissíveis

Potência (kVA)	Nível Médio de Ruído (dB)
75	58
112,5	
225	
300	
500	60
750	64
1000	
1500	65
2000	66

7.5.9. Nível de Descargas Parciais

O nível máximo de descargas parciais permitidas é de 10pC na tensão de medição especificada, conforme ABNT NBR 5356-11.

7.5.10. Dimensões

As dimensões aproximadas e o peso total do transformador devem estar de acordo com a, conforme o fornecimento.

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

Tabela 10 - Dimensões e Peso

Potência (kVA)	Dimensões Aproximadas e Peso Total Sem Cubículo – IP00				
	Comprimento (mm) A	Largura (mm) B	Altura (mm) C	Dist. Rodas (mm) D	Peso Total (kg)
75	1020	730	1025	520	450
112,5	1120	750	1125	520	730
225	1180	775	1235	520	920
300	1350	805	1310	520	1200
500	1470	840	1410	520	1550
750	1530	890	1520	670	1900
1000	1630	920	1770	670	2400
1500	1720	1400	1980	670	3200
2000	1745	895	2125	670	3735

7.5.11. Diagrama Fasorial e Deslocamento Angular dos Transformadores

Os enrolamentos primários devem ser ligados em triângulo e os secundários em estrela aterrada, sendo o deslocamento angular entre eles de 30°, com as fases de baixa tensão atrasadas em relação às correspondentes de alta tensão.

O diagrama de ligações deve estar de acordo com a Figura 1. A figura é orientativa, com exceção feita à numeração das derivações e terminais.

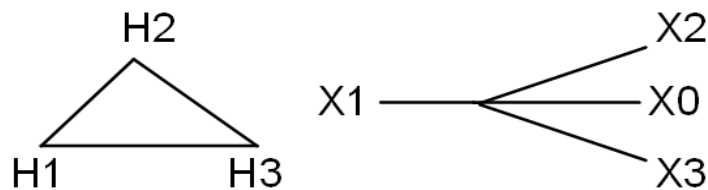


Figura 1 - Diagrama de ligações

7.5.12. Diagramas de Ligação dos Transformadores

Em aplicações específicas com eletrocentros associados a geração, a ligação do transformador no lado de BT deve ser em ligação delta, e no lado de AT deve estar em ligação estrela com neutro acessível.

O diagrama de ligação de cada transformador deve vir impresso em sua placa de identificação.

7.5.13. Características de Curto-Circuito

O transformador deve ser capaz de suportar, sem sofrer danos, os efeitos mecânicos e térmicos causados por curto-circuito nos terminais secundários, com tensão nominal aplicada nos terminais primários, nas seguintes condições:

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- a) O valor da corrente simétrica RMS não deve exceder a 25 vezes a corrente básica, com duração máxima de 2 segundos;
- b) A corrente básica é a corrente que corresponde a potência básica, que nos transformadores a seco, é a potência nominal.

7.6 Características Construtivas

O transformador deve ser construído de modo a permitir seu levantamento e deslocamento através de cabos de aço. As culatras superiores e inferiores devem ser fixadas por meio de tirantes travados. Devem suportar, sem sofrer danos, os efeitos térmicos e dinâmicos resultantes de sobrecargas provocadas por curto circuito nos terminais, em qualquer um dos seus enrolamentos, com tensão e frequência nominais nos terminais do outro enrolamento.

7.6.1. Núcleo e Ferragens

O núcleo deve ser constituído de chapas de aço silício de grão orientado, com envelhecimento máximo de 5%, laminadas a frio, tratadas e isoladas entre si com material inorgânico, alta permeabilidade e baixas perdas.

As colunas e culatras devem ser prensadas por meio de perfis de aço e cintas de material isolante. Após esta operação, o núcleo montado deve ser pintado com tinta dielétrica (60kV/mm) de classe F (155°C), formulada a partir de resina alquídica, com a finalidade de dar uma proteção dielétrica e contra corrosão, além de reduzir os baixos níveis de ruído.

7.6.2. Bobinas de Baixa Tensão

Os enrolamentos de baixa tensão devem ser construídos em fio ou chapa de alumínio, podendo ser aceito em fio de alumínio nas potências de 75kVA e 112,5kVA.

Os enrolamentos em fio exigem que estes sejam encapsulados, dessa forma, as bobinas devem apresentar excelente resistência a esforços térmicos e dinâmicos de curto-circuito, bem como completa imunidade ao ambiente atmosférico.

Nos enrolamentos em chapa os condutores têm a altura da bobina, portanto, devem ser isolados por um filme impregnado com resina epóxi em estágio B de polimerização (pré-curado). Após enrolada, a bobina deve ser submetida a tratamento térmico, obtendo-se a completa polimerização do isolamento que une as camadas do enrolamento, tornando-o um bloco compacto. Visando maior resistência a umidade, as cabeceiras da bobina devem, ainda, ser preenchidas com resina epóxi.

Os materiais isolantes empregados nos transformadores devem ser das classes de temperatura F (155°) ou H (180°), conforme, podendo ser utilizados separadamente ou em combinação, quando as temperaturas foram compatíveis com a classe de isolamento.

O contato entre o cobre e alumínio deve ser evitado devido à corrosão galvânica inerente. Para acoplamento cobre-alumínio, deve-se usar chapas cladeadas, estanhagem dos barramentos ou pastas anti-corrosivas próprias para conexões elétricas.

7.6.3. Bobinas de Alta Tensão

Os enrolamentos de alta tensão devem ser construídos em fita de alumínio.

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

A isolamento utilizada é sempre de classe térmica no mínimo igual à do enrolamento: F (155°). Transformadores classe H (180°) podem ser especificados.

Devem ser adicionados, interna e externamente a bobina, reforços mecânicos (isolantes pré-curados), os quais após submetidos a tratamento térmico, confirmam a bobina a ser encapsulada grande resistência a esforços de curto-circuito.

Após cura dos isolamentos, devem ser montados moldes de impregnação sobre as bobinas para que, postas sob vácuo e temperatura na autoclave, passem por um processo de secagem e retirada da umidade.

Antes da impregnação, os componentes da resina devem ser misturados e completamente desgaseificados.

Após secagem das bobinas e desgaseificação da resina, os moldes deverão ser preenchidos e permanecerem na autoclave, para a pré-cura.

Após pré-curadas, as bobinas deverão ser transferidas para uma estufa onde a cura será concluída em uma sequência de temperaturas controladas para garantir a eliminação dos esforços internos no enrolamento. Terminada esta etapa, as bobinas poderão, finalmente, ser desmoldadas, testadas uma a uma, e então liberadas para montagem.

7.7 Acessórios

A gama de acessórios dos transformadores secos encapsulados encontra-se na Tabela 11.

Tabela 11 – Acessórios obrigatórios e opcionais

Itens	Acessórios Normais	Acessórios Opcionais
Barramentos terminais para conexões dos enrolamentos de baixa e alta tensão	Δ	
Painel de derivação sem carga	Δ	
Conector de aterramento	Δ	
Placa de identificação e avisos de advertência	Δ	
Meios de suspensão da parte ativa e invólucro, quando aplicável	Δ	
Rodas bidirecionais	Δ	
Sistema de proteção (monitoramento) térmico dos enrolamentos	Δ	
Sistema de ventilação forçada		Δ
Cubículo de proteção		Δ
Blindagem eletrostática		Δ
Buchas desconectáveis		Δ(Nota)

Nota: Os transformadores do Tipo 2 deverão ser fornecidos com buchas desconectáveis.

7.8 Comutador de Tensão sem Carga

Os transformadores a secos devem ser providos de painel de comutação, fundido na parte frontal de cada fase do enrolamento de alta tensão. Este sistema propicia uma fácil mudança de tensões com o equipamento desenergizado.

As posições do sistema de comutação devem ser marcadas em alto relevo e pintadas com tinta indelével branca.

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

7.9 Sistema de Monitoramento Térmico

Para proteger os enrolamentos do transformador com a detecção de temperaturas acima do limite imposto pela classe térmica dos materiais e elevações anormais da temperatura ambiente, deve haver um sistema composto por um monitor digital de temperatura com contatos para alarme, desligamento, controle do sistema de ventilação forçada (quando aplicável) e contato adicional ligado a verificação dos sensores (se PT100).

O monitor pode ser instalado junto ao equipamento ou em painel, permitindo leitura constante da temperatura em até 4 canais e programação das temperaturas de atuação.

7.10 Sistema de Ventilação Forçada

A instalação de um sistema de ventilação forçada pode aumentar consideravelmente a capacidade de fornecimento de potência do transformador seco. Este sistema é especialmente vantajoso para equipamentos onde o ciclo de carga é variável. A capacidade a ser acrescida no transformador deve ser acordada em cada projeto de acordo com a solicitação.

Ventiladores axiais são montados em ambos os lados da base do transformador ou exaustores são posicionados no teto do cubículo de proteção, quando aplicável.

Caso seja importante que o transformador não ultrapasse o nível de ruído normalizado mesmo com a VF ligada, poderão ser fornecidos motoventiladores especiais com baixo nível de ruído.

Os itens destinados a rede reticulada devem possuir sistema de ventilação AN.

7.11 Placa de identificação

Cada transformador deve ser provido de uma placa de identificação de aço inoxidável com espessura mínima de 0,8mm, fixada ao respectivo suporte através de rebites de alumínio a uma distância mínima de 20mm da superfície plana de montagem. A placa deve ser colocada em posição visível e indelevelmente marcada, conforme ABNT NBR 5356-11.

7.12 Classe de Combustão, Ambiental e Climática

O transformador deve atender os requisitos estabelecidos para as classes F1 de combustão, E2 ambiental e C2 climática.

7.13 Inspeção e Ensaios

7.13.1. Ensaios de Rotina

Os ensaios de rotina devem ser feitos pelo fabricante em sua fábrica, cabendo ao comprador o direito de designar um inspetor para assisti-los. Os ensaios de rotina, executados em todas as unidades de produção, são os seguintes:

- a) Resistência elétrica dos enrolamentos;
- b) Relação de tensões;
- c) Resistência do isolamento;
- d) Polaridade;
- e) Deslocamento angular e sequência de fases;
- f) Perdas (em vazio e em carga);

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- g) Corrente de excitação e harmônica;
- h) Tensão de curto-circuito;
- i) Ensaio dielétricos:
 - Tensão suportável nominal a frequência industrial (tensão aplicada);
 - Tensão induzida com medição de descargas parciais.
- j) Verificação do funcionamento de acessórios (comutador, proteção térmica, etc.);
- k) Descargas parciais;
- l) Medição da impedância de sequência zero.

7.13.2. Ensaio de Tipo

Serão efetuados em um transformador representativo de cada kVA de potência e classe de tensão. Os ensaios de tipo são os seguintes:

- a) Fator de potência do isolamento;
- b) Elevação de temperatura;
- c) Tensão suportável nominal de impulso atmosférico;
- d) Nível de ruído;
- e) Nível de tensão de radiointerferência.

7.13.3. Ensaio Especial

Os ensaios categorizados como especial devem ser feitos pelo fabricante em laboratórios externo certificados para tal, cabendo ao comprador o direito de designar um inspetor para assisti-los. Os ensaios "especial", que devem ser executados conforme NBR-5356-5, são os seguintes:

- a) Ensaio de curto-circuito;

7.14 Acondicionamento, Transporte, Armazenamento e Identificação

- a) As embalagens necessárias ao transporte serão de responsabilidade do Fabricante e devem ser aprovadas pela Enel;
- b) Todas as embalagens devem ser projetadas de modo a reduzir o tempo de carregamento sem prejuízo da segurança do operador e do equipamento;
- c) Os transformadores devem ser embalados individualmente, acondicionados de maneira a ficarem protegidos durante o manuseio, o transporte e armazenagem;
- d) As embalagens não devem ter pontas de pregos, de parafusos e de grampos que possam danificar os transformadores;
- e) Todos os volumes das embalagens finais devem possuir identificação externa, escrita com tinta resistente ao tempo e ao manuseio, contendo as seguintes informações:
 - Nome do cliente: Enel;
 - Endereço para entrega;
 - Material contido - denominação e tipo;
 - Número do Pedido de Compra;
 - Massa bruta e líquida em kg;
 - Marca do fabricante.

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- f) Deve ser de responsabilidade do Fabricante o transporte desde a saída da fábrica até o local de entrega, indicado pela Enel;
- g) Toda legislação vigente sobre transporte deve ser fielmente cumprida durante todo o processo, desde a fábrica até o local de entrega, indicado pela Enel.

7.15 Apresentação da Proposta

Cada proponente deve incluir em sua proposta uma cópia do projeto completo do Transformador de Distribuição a Seco conforme padrão Enel Distribuição contendo as seguintes informações:

- a) Lista dos desenhos contemplando número/folha e título;
- b) Desenho Dimensional do Transformador com vistas frontal, posterior, lateral, superior e inferior, detalhes de fixação ou rodas, dimensionais e disposição dos componentes. Com legenda e código, a função e a descrição do componente;
- c) Desenho do detalhe dos terminais e conector de linha;
- d) Desenho do detalhe dos terminais e conector de terra;
- e) Desenho do comutador de tensão (TAP);
- f) Desenho da placa de identificação;
- g) Esquema detalhado dos projetos de tratamento, acabamento e pintura do equipamento;
- h) Plano de inspeção e controle da qualidade previsto, abrangendo fabricação, processamento, execução, tratamento e montagem de todos os materiais, peças e acessórios e do equipamento completo;
- i) Relatórios dos ensaios efetuados em unidades protótipos de tipo similar; -
- j) Termo de garantia, atendendo ao requerido nesta especificação;
- k) Lista de peças sobressalentes recomendados para a operação e manutenção dos equipamentos por um período de 2 (dois) anos, indicando as quantidades, características e preço.

O proponente deve indicar claramente em sua proposta todos os pontos que apresentem discordância desta Especificação, identificando os itens e apresentando suas justificativas. As omissões serão interpretadas como aceitas com as condições exigidas.

A Enel Distribuição pode solicitar informações adicionais caso considere as apresentadas insuficientes ou insatisfatórias, obrigando-se o fabricante a fornecê-las sem nenhum ônus para a Enel

NOTA: A falta de alguma informação acima citada é motivo de desclassificação da proposta.

7.16 Garantia Técnica

O Proponente deve indicar claramente em sua proposta o prazo de garantia e no que consiste a mesma. O fabricante deve garantir entre outras exigências o seguinte:

- a) Prazo mínimo de garantia aceito pela Enel Distribuição é de 60 (sessenta) meses a contar da data de entrega do equipamento no local indicado pela Enel;
- b) A garantia deve cobrir qualquer deficiência de projeto, matéria prima, fabricação e desempenho. Portanto, a qualquer momento durante o período de garantia, todos os custos referentes a reparos substituição de componentes ou do próprio equipamento, bem como aos ensaios, embalagem, carga e descarga, seguro, frete etc, todos estes eventos associados a falha apresentada são de responsabilidade do fabricante. O fornecedor se obriga a substituir ou reparar qualquer acessório ou peça que apresente defeito ou falha oriundo da fabricação ou emprego de materiais inadequados, sem ônus para a Enel e no menor prazo possível após a solicitação da garantia;

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

- c) Se o defeito for decorrente de erro de projeto ou de produção, tal que comprometa todas as unidades do lote adquirido, o fornecedor deverá substituí-las, arcando com todos os custos, independentemente da ocorrência deste defeito em cada uma delas;
- d) Se após notificado, o fornecedor se recusar a efetuar os reparos ou substituições solicitadas, a Enel reserva-se o direito de executá-los e cobrar os custos ao fornecedor, sem que isto afete a garantia do equipamento;
- e) Se durante o período de garantia do equipamento determinadas peças apresentarem desgaste excessivo ou defeitos frequentes, a Enel poderá exigir a reposição dessas peças em todas as unidades do fornecimento, sem ônus para a Enel;
- f) O período de garantia ficará renovado sempre que haja substituição total ou parcial do equipamento, ou seja, procedido qualquer reparo pelo fabricante;
- g) Durante o período de garantia ocorrendo algum defeito ou falha no equipamento, e após os devidos reparos pelo fornecedor, a Enel poderá solicitar novos testes na unidade, sem quaisquer ônus adicionais. O fornecedor deve elaborar um relatório, detalhando as causas da falha e as alterações executadas no equipamento;
- h) Todos os custos referentes a reparos ou substituição de qualquer acessório, peça ou mesmo do equipamento em sua totalidade, inclusive aqueles relativos a qualquer tipo de transporte ou parte dele, será de responsabilidade do fornecedor;
- i) Após o término do prazo de garantia o Fornecedor deve responder pelo equipamento em caso de falha ou defeito que se constate decorrente de projeto ou fabricação, sem ônus para a Enel;
- j) O fornecedor deve garantir que durante a vida útil do equipamento, fornecerá as peças e acessórios para reposição;
- k) A garantia não deve estar condicionada a supervisão de montagem/energização realizada pelo fornecedor. Caso o fornecedor se recuse a atender esta cláusula, o mesmo deve incluir todas estas despesas no custo do equipamento;
- l) O fabricante deve informar qual a previsão de vida útil do transformador e seu o índice de falha.

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

8. ANEXOS

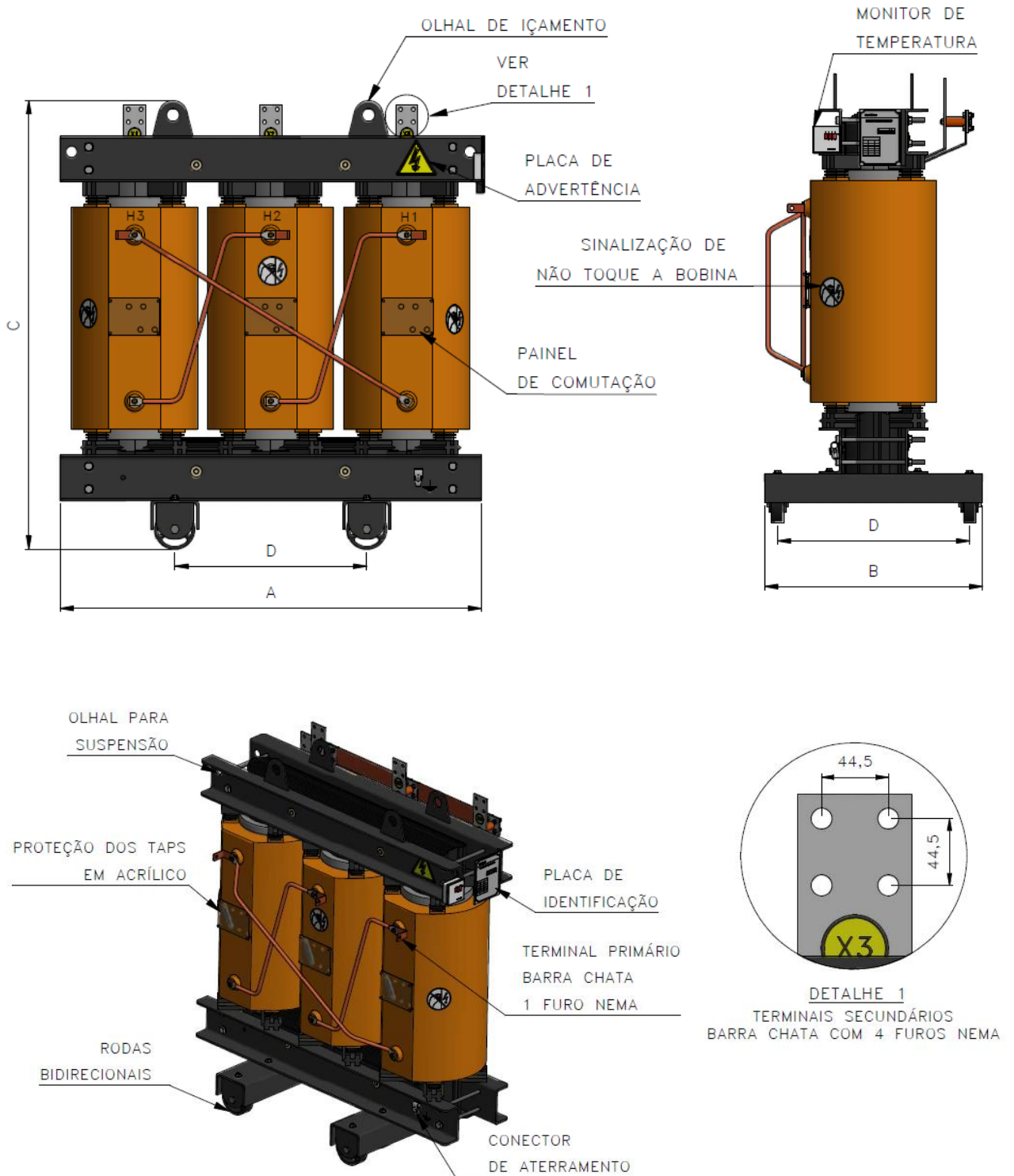
- Anexo A – Transformador a Seco – Tipo 1;
- Anexo B – Transformador a Seco – Tipo 2;
- Anexo C – Características Técnicas Garantidas – CTG.

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil
 Função Apoio: -
 Função Serviço: -
 Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

ANEXO A – TRANSFORMADOR A SECO – TIPO 1



Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

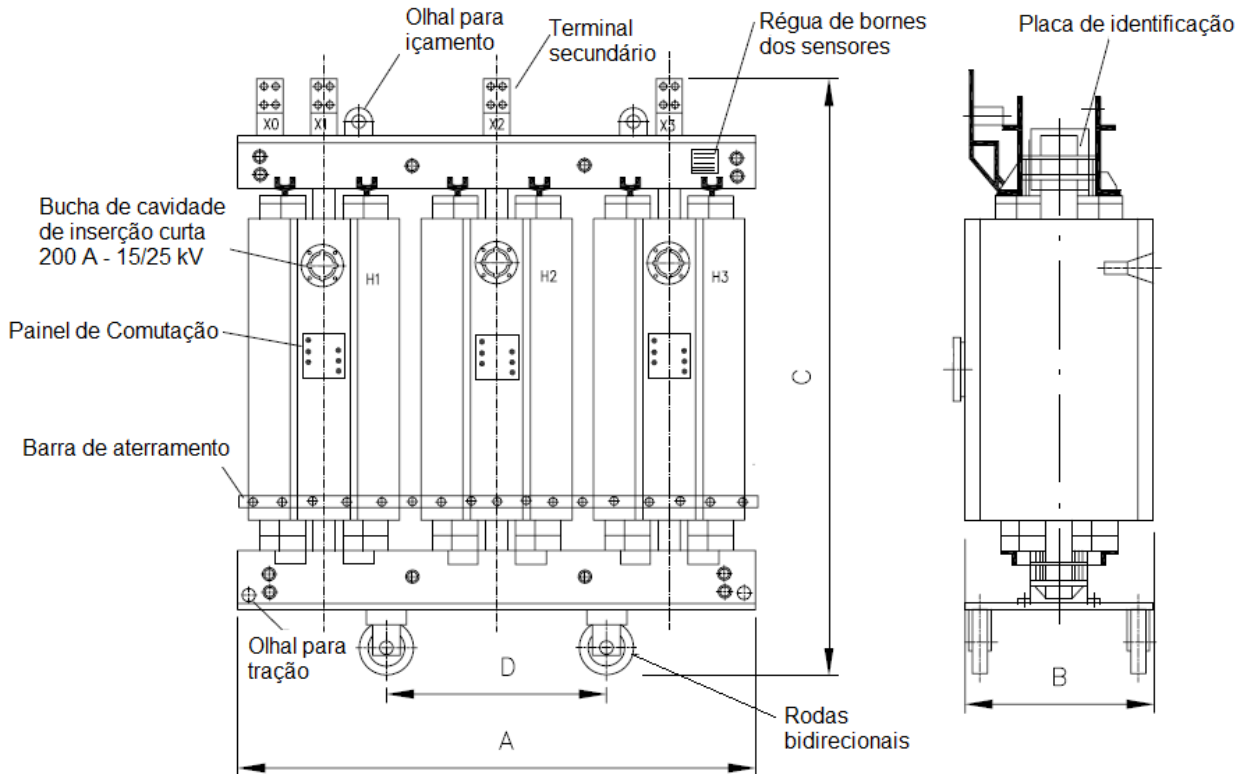
Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes

ANEXO B – TRANSFORMADOR A SECO – TIPO 2

B.1 - Desenho



B.2 – Terminais do Secundário

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

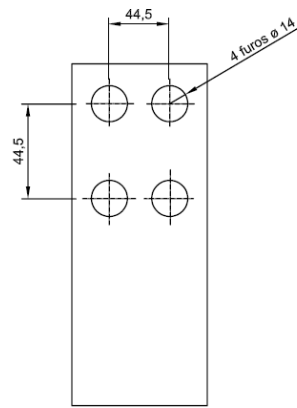
Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

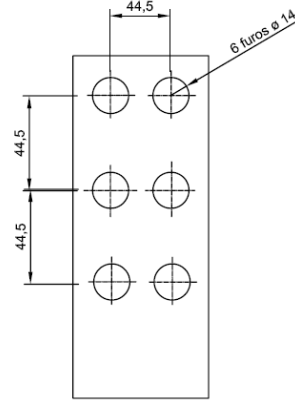
Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes



TIPO I
(4 Furos)



TIPO II
(6 Furos)

NOTA 1: O conector deve ser fabricado em cobre eletrolítico, com espessura mínima da camada de estanho de 12µm;

NOTA 2: Devem ser gravados nos terminais, de forma legível e indelével, a identificação X0, X1, X2 e X3, correspondente ao neutro e as fases;

NOTA 3: O terminal secundário do tipo 1 deve ser utilizado em transformadores de 75, 150, 300, 500 e 1000 kVA e o terminal do tipo 2 em transformadores de 750 e 2000 kVA.

B.3 – Bucha de Cavidade de Inserção

Assunto: Transformador de Distribuição a Seco Uso Interno (PM-Br 199.72)

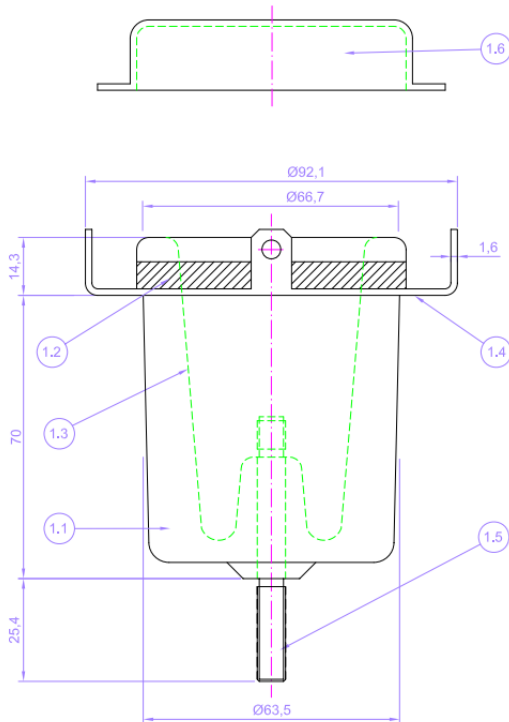
Áreas de aplicação

Perímetro: Brasil

Função Apoio: -

Função Serviço: -

Linha de Negócio: Infraestrutura e Redes



1) Detalhes construtivos:

- 1.1) Semi condutora interna;
- 1.2) Interface;
- 1.3) Corpo em epoxi;
- 1.4) Flange de aço inoxidável (com 4 presilhas para engate do grampo de fixação);
- 1.5) Pino de conexão de cobre;
- 1.6) Capa protetora.

2) Materiais componentes do kit:

- 3)**
- 2.1) Corpo básico;
- 2.2) Capa protetora;
- 2.3) Material de montagem;
- 2.4) Instrução de montagem.

3) Identificação: deve ser gravado na peça de forma visível e indelével o código do componente e o nome do fabricante;

Dimensões em milímetros

ANEXO C – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIDAS – CTG