

TRANSFORMADOR MÓVEL

Especificação Técnica – ET.00318

Revisão 01 – 2026

FINALIDADE

Esta Especificação Técnica tem a finalidade de estabelecer regras e recomendações mínimas exigíveis para os Transformadores Móveis utilizados nas atividades de manutenção nas subestações de energia elétrica das empresas do Grupo Equatorial, doravante denominadas CONCESSIONÁRIA.

A versão vigente cancela as versões anteriores.



SUMÁRIO

1	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	5
2	RESPONSABILIDADES	5
3	DEFINIÇÕES.....	5
4	REFERÊNCIAS.....	6
5	CONDIÇÕES GERAIS	8
5.1	Generalidades	8
5.2	Desenho do Material.....	8
5.3	Códigos Padronizados	8
5.4	Identificação	8
5.5	Embalagem.....	9
5.6	Transporte	9
5.7	Condições do Local de Operação.....	9
5.8	Garantia	10
5.9	Apresentação da Proposta Técnica e Documentos Exigidos.....	11
5.10	Cronograma de Fabricação	11
5.11	Modificações Durante a Fabricação	11
5.12	Credenciamento Técnico de Fornecedores	11
6	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS	12
6.1	Semirreboque.....	12
6.2	Transformador de Potência	15
6.3	Para-raios	30
6.4	Transformador de Serviços Auxiliares.....	31
6.5	Cabos de Interligação	32
6.6	Procedimento de Pintura	33
7	INSPEÇÕES E ENSAIOS.....	36
7.1	Transformador de Potência	36
7.2	Isoladores	42
7.3	Para-raios	42
7.4	Semirreboque.....	44
7.5	Falha nos Ensaios	45

7.6 Comissionamento.....	45
7.7 Entrega Técnica no Destino	46
7.8 Comissionamento no Destino	47
8 CÓDIGOS PADRONIZADOS	48
9 DESENHOS	49
10 ANEXOS	50
11 CONTROLE DE REVISÕES.....	55
12 APROVAÇÃO	55

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 5 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

1 CAMPO DE APLICAÇÃO

1.1 Áreas de Aplicação da Especificação Técnica

Aplica-se à Gerência Corporativa de Normas e Qualidade, a todas as empresas responsáveis pela fabricação/fornecimento, elaboração de projetos e manutenção de subestações nas áreas de concessão da CONCESSIONÁRIA.

1.2 Áreas de Aplicação do Equipamento

O transformador móvel é utilizado como meio de substituição temporária de um transformador de potência de uma subestação, durante atividades de manutenção.

2 RESPONSABILIDADES

2.1 Gerência Corporativa de Normas e Qualidade

- Estabelecer as normas e padrões técnicos para o fornecimento do equipamento;
- Validar tecnicamente as propostas dos materiais solicitados para compra, que estejam de acordo com este documento;
- Homologar tecnicamente os fabricantes/fornecedores que estejam de acordo com o padrão definido neste documento e nas normas técnicas dos órgãos competentes;
- Coordenar o processo de revisão deste documento.

2.2 Fabricante/Fornecedor

- Fabricar/Fornecer o material conforme as regras, padrões e recomendações definidas neste instrumento normativo.

2.3 Projetista/Construtor

- Utilizar em projetos e obras, o material conforme especificado nesse instrumento normativo.

3 DEFINIÇÕES

3.1 Transformador de Potência

Equipamento estático com dois ou mais enrolamentos que, por indução eletromagnética, transforma um sistema de tensão e corrente alternada em outro sistema de tensão e corrente, de valores geralmente diferentes, mas à mesma frequência, com o objetivo de transmitir potência elétrica.

3.2 Enrolamentos

Conjunto de espiras que constituem um circuito elétrico associado a uma das tensões para as quais o transformador foi concebido.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 6 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

4 REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5034:2014 – Buchas para tensões alternadas superiores a 1 kV;

ABNT NBR 5356-1:2025 – Transformadores de Potência – Parte 1: Generalidades;

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

ABNT NBR 5356-3:2007 – Transformadores de potência – Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar;

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

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

ABNT NBR 5458:2010 – Transformador de potência – Terminologia;

ABNT NBR 6234:2015 – Óleo mineral isolante – Determinação da tensão interfacial de óleo-água pelo método do anel – Método de ensaio;

ABNT NBR 6323:2025 – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço carbono e ferro fundido – Requisitos;

ABNT NBR 6856:2021 – Transformadores de corrente com isolamento sólida para tensão máxima igual ou inferior a 52 kV – Especificação e ensaios;

ABNT NBR 7070:2006 – Amostragem de gases e óleo mineral isolantes de equipamentos elétricos e análise dos gases livres e dissolvidos;

ABNT NBR 7148:2013 – Petróleo e derivados de petróleo – Determinação da massa específica, densidade relativa e °API – Método do densímetro;

ABNT NBR 7274:2026 – Equipamentos elétricos em serviço preenchidos com óleo mineral isolante – Recomendações para interpretação dos gases dissolvidos e análise de gás livre;

ABNT NBR 7277:1988 – Transformadores e reatores – Determinação do nível de ruído;

ABNT NBR 7398:2015 – Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – Verificação da aderência do revestimento – Método de ensaio;

ABNT NBR 7399:2015 – Produto de aço ou ferro fundido galvanizado por imersão a quente – Verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo – Método de ensaio;

ABNT NBR 7400:2015 – Galvanização de produtos de aço e ferro fundido por imersão a quente – Verificação da uniformidade do revestimento – Método de ensaio;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 7 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

ABNT NBR 8158:2017 – Ferragens eletrotécnicas para redes aéreas de distribuição de energia elétrica – Especificação;

ABNT NBR 8371:2022 – Ascarel para equipamentos elétricos com líquido isolante – Características e riscos;

ABNT NBR 8667-1:2012 – Comutador de derivação – Parte 1: Especificação e ensaios;

ABNT NBR 10021:2010 – Transformador de corrente de tensão máxima de 15 kV, 24,2 kV e 36,2 kV - Características elétricas e construtivas;

ABNT NBR 10443:2023 – Pintura industrial – Determinação da espessura de película seca sobre superfícies metálicas ferrosas e não ferrosas;

ABNT NBR 10504:2010 – Óleo mineral isolante – Determinação da estabilidade à oxidação;

ABNT NBR 10505:2017 – Líquidos isolantes elétricos – Determinação de enxofre corrosivo;

ABNT NBR 10576:2017 – Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos – Diretrizes para supervisão e manutenção;

ABNT NBR 10710:2022 – Líquido isolante elétrico – Determinação do teor de água – Método coulométrico de Karl Fischer;

ABNT NBR 11003:2023 – Pintura industrial – Determinação da aderência pelos métodos de corte na pintura;

ABNT NBR 11341:2014 – Derivados de petróleo – Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland;

ABNT NBR 11349:2009 – Produto de petróleo – Determinação do ponto de fluidez;

ABNT NBR 11388:1990 – Sistemas de pintura para equipamentos e instalações de subestações elétricas – Especificação;

ABNT NBR 12133:2023 – Líquidos isolantes elétricos – Medição da permissividade elétrica relativa, fator de perdas dielétricas e resistividade CC;

ABNT NBR 12134:2018 – Óleo mineral isolante – Determinação do teor de 2,6-di-terciário-butil paracresol;

ABNT NBR 13882:2021 – Líquidos isolantes elétricos – Determinação do teor de bifenilas policloradas (PCB);

ABNT NBR 14065:2013 – Destilados de petróleo e óleos viscosos – Determinação da massa específica e da densidade relativa pelo densímetro digital;

ABNT NBR 14248:2009 – Produtos de petróleo – Determinação do número de acidez e de basicidade – Método do indicador;

ABNT NBR 14274:2021 – Óleo mineral isolante – Determinação da compatibilidade de materiais empregados em equipamentos elétricos;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 8 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

ABNT NBR 14275:2021 – Líquidos isolantes elétricos – Determinação do conteúdo de partículas;

ABNT NBR 14448:2013 – Óleos lubrificantes, produtos de petróleo e biodiesel – Determinação do número de acidez pelo método de titulação potenciométrica;

ABNT NBR 14483:2015 – Produtos de petróleo – Determinação da cor – Método do colorímetro ASTM;

ABNT NBR 15362:2006 – Óleo mineral isolante inibido – Determinação da estabilidade à oxidação pela bomba rotativa;

ABNT NBR 16270:2020 – Líquidos isolantes elétricos – Determinação do teor de passivador em óleo mineral isolante;

ABNT NBR 16412:2015 – Óleo mineral isolante – Determinação do teor de dibenzil dissulfeto por cromatografia em fase gasosa;

ABNT NBR IEC 60156:2019 – Líquidos isolantes – Determinação da rigidez dielétrica à frequência industrial – Método de ensaio;

ABNT NBR IEC 60529:2017 – Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP);

ASTM B545:2022 – Standard specification for electrodeposited coatings of tin;

ASTM D1169:2019 – Standard test method for specific resistance (resistivity) of electrical insulating liquids;

ISO 4407:2025 – Hydraulic fluid power – Fluid contamination – Determination of particulate contamination by the counting method using an optica;

Resolução ANP Nº 900/2022 – Dispõe sobre as especificações dos óleos minerais isolantes tipo A e tipo B, de origem nacional ou importada, comercializados em território nacional.

5 CONDIÇÕES GERAIS

5.1 Generalidades

Os transformadores móveis utilizados em atividades de manutenção nas subestações devem seguir esta especificação em sua última versão.

5.2 Desenho do Material

O transformador móvel deve atender ao especificado no Desenho 1.

5.3 Códigos Padronizados

Os códigos padronizados para os transformadores móveis são apresentados na Tabela 7.

5.4 Identificação

Todos os equipamentos deverão possuir placas de identificação em aço inox, e com as informações gravadas de forma legível e indelével.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 9 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

5.5 Embalagem

Quando aplicável, a embalagem será de inteira responsabilidade do Fabricante e deverá basear-se nos seguintes princípios:

- Ter indicação de posicionamento e pesos;
- Ter 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 estarão sujeitas à aprovação do inspetor da CONCESSIONÁRIA, sem redução da responsabilidade do Fabricante.

5.6 Transporte

O transporte do transformador móvel será de inteira responsabilidade do Fabricante, e o local de entrega será indicado pela CONCESSIONÁRIA. Deverá ser transportado nas seguintes condições:

- Completa e pronta para operação;
- Com os equipamentos devidamente travados e as partes de porcelana convenientemente protegidas, tornando o equipamento apto a ser transportado em qualquer tipo de estrada;
- Protegida contra obstáculos (ramos de árvores, fios aéreos etc.).

Todas as peças e acessórios utilizados para travamento e proteção no transporte deverão ser facilmente removíveis e com possibilidade de acondicionamento na própria carreta quando não forem utilizados.

5.7 Condições do Local de Operação

O transformador móvel deve ser projetado para operar nos seguintes ambientes, sem sofrer alterações de suas características nominais conforme Tabela 1.

- Área com grande densidade de indústrias e subúrbios de grandes cidades;
- Áreas próximas ao mar, portanto sujeitas a ventos fortes e névoa salina;
- Áreas com precipitação pluviométrica média anual entre 1.500 e 3.000 milímetros, sendo que o equipamento deverá suportar exposição contínua à chuva;
- Clima propício à formação de fungos, portanto o fabricante deverá providenciar a tropicalização do equipamento.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 10 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Tabela 1 - Condições Ambientais de Operação

Os equipamentos irão operar em ambiente com as seguintes características: Altitude em relação ao nível do mar	Até 1000 metros
Temperatura ambiente máxima anual instalação ao tempo	40 °C
Temperatura ambiente mínima anual (operação no Norte e Nordeste do país)	10 °C
Temperatura ambiente mínima anual (operação no Centro-Oeste do país)	5 °C
Temperatura ambiente mínima anual (operação no Sul do país)	-15 °C
Temperatura ambiente média em 24 horas	30 °C
Umidade relativa média anual	80 a 100 %
Velocidade máxima do vento (h = 20m, tempo de integração 2s)	130 km/h

5.8 Garantia

A garantia mínima deve ser de 36 meses a partir do recebimento do transformador móvel no local designado pela CONCESSIONÁRIA, contra qualquer defeito de fabricação, material e/ou acondicionamento.

Essa garantia deverá abranger todo e qualquer defeito de projeto, fabricação, montagem e desempenho do transformador móvel quando submetido a uso e conservação normais.

Durante o prazo de garantia, deverão ser substituídas quaisquer partes e/ou peças defeituosas, sem ônus para a CONCESSIONÁRIA.

Nesse caso, o fabricante deverá repetir as suas custas os ensaios julgados necessários pela CONCESSIONÁRIA para comprovar a perfeição dos reparos executados e o bom funcionamento do transformador móvel.

Se, após ser notificado pela CONCESSIONÁRIA, o Fabricante recusar-se a efetuar os reparos solicitados ou não tomar tal providência em tempo hábil, a CONCESSIONÁRIA terá o direito de efetuar os reparos e cobrar o seu custo do Fabricante.

Este procedimento não afetará os prazos e condições de garantia.

No caso de serem constatados quaisquer defeitos ou deficiências em algum(ns) do(s) componente(s) do transformador móvel logo após a sua instalação, dentro do período de garantia, a CONCESSIONÁRIA terá o direito de utilizá-lo(s) até que o(s) mesmo(s) seja(m) retirado(s) para recuperação.

A garantia deverá ser independente de todo e qualquer resultado decorrente dos ensaios realizados, e deverá levar em conta que a aceitação, pela CONCESSIONÁRIA, de qualquer equipamento, material ou serviço não

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 11 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

exime o fabricante de plena responsabilidade de todas as garantias estabelecidas.

5.9 Apresentação da Proposta Técnica e Documentos Exigidos

As Propostas Técnicas devem, obrigatoriamente, ser apresentadas no mínimo, com os documentos e as informações a seguir relacionadas, sob pena de desclassificação:

- e) Folha de Dados Técnicos e Características Garantidas do material ofertado, conforme o Anexo I desta especificação técnica. Salienta-se que os dados da referida lista são indispensáveis à análise técnica da oferta e devem ser apresentados independentemente dos mesmos constarem nos catálogos e/ou folhetos técnicos anexados à proposta;
- f) Catálogos de todos os equipamentos e componentes que integram o equipamento;
- g) Declaração de Exceção às Especificações conforme o Anexo III desta especificação técnica;
- h) Desenho dimensional numerado indicando as atualizações/versões do mesmo e contendo as principais vistas, indicação da localização das peças e acessórios;
- i) Relatórios de ensaios de tipo e orçamento do ensaio, caso seja necessário repetir;
- j) Orçamento constando os valores dos ensaios de tipo a serem realizados pelo proponente, não inclusos na proposta;
- k) Programa de treinamento para operação e manutenção do transformador móvel.

5.10 Cronograma de Fabricação

Antes de ter início a fabricação e no máximo até 15 (quinze) dias após recebimento da Ordem de Compra, o Fabricante deverá entregar à CONCESSIONÁRIA um cronograma claro e preciso, detalhando as fases de projeto, fabricação, montagem, ensaios e transporte do transformador móvel.

5.11 Modificações Durante a Fabricação

Não será permitida nenhuma alteração dos termos desta Especificação, bem como do projeto aprovado pela CONCESSIONÁRIA. Eventuais modificações que, por razões de ordem técnica, tornarem-se necessárias durante a fabricação e montagem, somente poderão ser realizadas com aprovação expressa da CONCESSIONÁRIA.

5.12 Credenciamento Técnico de Fornecedores

O fabricante deve, obrigatoriamente, providenciar seu cadastro junto à CONCESSIONÁRIA por meio do Portal do Fornecedor, disponível no site da Equatorial Energia, inserindo todas as informações solicitadas em cada etapa do processo para análise cadastral.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 12 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Após os fornecedores de materiais e equipamentos do Sistema Elétrico de Potência estarem aptos na etapa de cadastro, o processo será encaminhado para a área técnica da Equatorial Energia, que realizará o credenciamento técnico.

Os credenciamentos técnicos serão acionados conforme as estratégias e necessidades do Grupo Equatorial.

6 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS

6.1 Semirreboque

Equipamento transportador de cargas indivisíveis, tipo semirreboque, com eixos direcionáveis, projetado para conter e transportar de forma segura todos os equipamentos e acessórios que compõem o transformador móvel, objeto desta especificação, atendendo às determinações do CONTRAN - Código Nacional de Trânsito e do DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

O projeto do equipamento deverá contemplar as exigências de trânsito, de modo a permitir a obtenção de licença de trânsito. O semirreboque deve ser projetado de modo que possa ser energizado e operado com inclinação longitudinal ou transversal de até 5°. Durante o transporte, o semirreboque deve suportar a inclinação de até 20° sem perigo de tombamento.

6.1.1 Estrutura

Chassi constituído de longarinas em perfis pré-fabricados em aço estrutural ao cromo níquel de elevado limite elástico e alta resistência mecânica, especialmente dimensionados para montagem do transformador móvel, suportando as cargas dos equipamentos sem sofrer deformação na estrutura. Sua resistência transversal deverá ser elevada devido aos reforços mecânicos entre a alma central do chassi e as travessas laterais.

6.1.2 Direção

Semirreboque dotado de linha de eixos semidirecional (apenas para proporcionar facilidades para o estacionamento do mesmo no local de destino), comportando-se como eixos fixos durante o transporte.

Para realização das manobras o sistema deverá ser dotado de comando manual de direção através de dispositivos instalados na parte traseira do semirreboque (controle remoto com fio), permitindo manobras em lugares de difícil acesso.

6.1.3 Suspensão e Eixos

A suspensão deverá ser do tipo pneumática com linhas de eixos semidirecionais, hidráulicamente interligados, proporcionando compensação de desníveis transversais e longitudinais. O número de linhas de eixos, bem como o número e dimensões dos pneus por cada linha de eixos deverão ser devidamente dimensionados pelo fornecedor.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 13 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.1.4 Sistema Hidráulico

O semirreboque deverá ser dotado de um conjunto hidráulico independente da unidade tratora, composto de uma unidade geradora (motor e bomba), com partida elétrica, refrigerado a ar, comando hidráulico com três corpos centrais (dois para suspensão e um para direção), reservatório de óleo, filtros com indicador de saturação e bateria.

6.1.5 Sistema de Freios

Deverão ser Standard com freio de serviço em todas as rodas. Sistema de freio de segurança em eixos alternados do tipo “Spring-Brake”. Alavanca de freio de estacionamento atuando sobre a metade do número de eixos.

6.1.6 Sapatas de Apoio Mecânico

Deverão ser providas de trava mecânica, com capacidade de levantamento do semirreboque para desconexão e retirada da unidade motriz (cavalo mecânico), após o que, serão usadas para nivelamento e apoio constante ao solo, possibilitando retirar e estocar os pneus quando o transformador móvel for instalado para operar por longo tempo.

O projeto das sapatas com cilindros hidráulicos deverá ser robusto, com um fator de segurança de no mínimo uma vez e meia o dimensionamento nominal, de tal forma que o equipamento não apresente descidas e/ou subidas indesejadas, não serão aceitos movimentos radiais com balanço do semirreboque, o posicionamento deverá ocorrer de forma suave e equilibrada. O Fornecedor deverá apresentar o projeto mecânico dos cilindros, para avaliação da CONCESSIONÁRIA.

Deverão ser fornecido junto com o equipamento, calços para estabilização do transformador móvel na mesma quantidade do número de sapatas.

6.1.7 Para-Lamas

Para-lamas em chapa de aço, cobrindo totalmente as rodas, bem como abas protetoras contra lamas, instaladas na parte traseira do semirreboque.

6.1.8 Para-choques Traseiro

Em chapa de aço e pintado segundo as normas do Código Nacional de Trânsito.

6.1.9 Pescoço

Deverá ser incorporado à plataforma, articulado hidraulicamente para permitir a perfeita distribuição de carga entre o apoio na quinta roda e a primeira linha de eixos direcionáveis, sendo que deverá possuir ainda:

- Pino rei instalado de 3 1/2”, montado no platô do pescoço, fixado por parafusos à mesa de giro, com bitola mínima de 15 mm, permitindo giro de 90°. Deverá possuir também pino rei de 2”, como peça sobressalente;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 14 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Mesa de giro, com diâmetro de 746 mm, montada sobre rolamento de esfera;
- Sistema de direção composto por dois cilindros hidráulicos, que retransmitem o movimento da mesa de giro solidária à quinta roda, por cunha de acoplamento de abertura regulável;
- Quatro acumuladores de pressão para garantir a integridade dos cilindros de direção contra falsa manobra (stress exagerado do cavalo mecânico).

6.1.10 Sinalização

Toda fiação elétrica de sinalização e lanternas deverá ser com instalação embutida, protegida por eletrodutos de ferro galvanizado a fogo e onde necessário, deverão ser utilizados eletrodutos flexíveis blindados (seal-tube) e conforme normas do Código Brasileiro de Trânsito.

As lanternas traseiras deverão ser protegidas com tela de aço (diâmetro dos fios 3mm) removíveis.

Deverão ser instaladas luzes de sinalização, freio, placa, lanterna etc., de acordo com as normas do Código Nacional de Trânsito.

Demais sinalizações (adesivos), de acordo com a legislação vigente.

6.1.11 Proteção Contra Obstáculos e Cabos Aéreos

As partes mais altas do transformador móvel deverão ser equipadas com desviadores de ramos de árvores e fios aéreos, de fibra de vidro, fixados nas estruturas metálicas, para evitar que eles danifiquem o equipamento quando estiverem em trânsito.

6.1.12 Aterramento

Todas as partes metálicas e equipamentos do transformador móvel deverão ser interligados a uma barra de terra de cobre, por meio de conectores especiais à prova de vibração. A barra de terra deverá possuir 4 (quatro) conectores para cabo de cobre de 50 a 120 mm², em pontos distintos, destinados à conexão da malha de terra da subestação atendida pelo transformador móvel.

Contempla o conjunto de aterramento, os seguintes itens:

- 08 conectores de aterramento haste – cabo;
- 01 cabo de cobre nu de 95 mm², com comprimento de 20 m, para aterramento, enrolado em carretel.

6.1.13 Conjunto de Travamento para Transporte

Deverá ser previsto no fornecimento um conjunto de estruturas metálicas auxiliares para proteção mecânica dos equipamentos durante o transporte. Todas as peças e/ou componentes deste conjunto deverão possuir identificação, gravada de forma indelével, de forma a facilitar a preparação para o transporte do transformador móvel.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 15 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.1.14 Dimensões e Pesos

Caberá ao fornecedor o enquadramento das dimensões e pesos do transformador móvel na legislação de trânsito vigente.

6.2 Transformador de Potência

O transformador deverá ser trifásico e provido de um sistema de resfriamento por circulação forçada do óleo isolante por meio de motobombas, combinado com circulação forçada de ar sobre os trocadores de calor por meio de motoventiladores (ODAF), adequados para permitir a operação do transformador com a potência nominal contínua em qualquer relação de transformação, sem que sejam excedidos os valores limites de elevação de temperatura especificados. Deverá ser projetado para operar como abaixador e fabricado com papel isolante do tipo Nomex, que permite maior elevação de temperatura e consequentemente redução nas dimensões e peso do equipamento, facilitando assim o enquadramento do transformador móvel na legislação de trânsito vigente.

A localização das buchas deverá ser definida pelo fornecedor, visando o enquadramento das dimensões do transformador móvel na legislação de trânsito vigente. Todavia, deverão também ser levado em conta as facilidades para eventuais manutenções.

A fim de permitir o monitoramento 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.

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

O transformador deverá ser fornecido com no mínimo os seguintes acessórios:

- Parte ativa, tanque e tampa;
- Comutador de derivações sem tensão no enrolamento primário e secundário para seleção do nível de tensão na entrada;
- Conservador de óleo dotado de membrana ou bolsa em borracha nitrílica e secador de ar a “sílica-gel”;
- Óleo isolante para o enchimento completo do transformador, acrescido de 10% do volume, como reserva sobressalente, deverá ser acondicionado em tonéis de aço, não retornáveis, lacrados na refinaria, contendo cada tambor uma descrição para identificar o equipamento no qual será utilizado;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 16 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Buchas condensivas para os enrolamentos de alta e baixa tensão, com terminais para ensaio, podendo ter corpo polimérico;
- Transformadores de corrente do tipo Bucha para os terminais de alta tensão;
- Transformadores de corrente do tipo Bucha para os terminais de baixa tensão;
- Transformador de corrente do tipo Bucha para terminal de neutro;
- Analisador de gases dissolvidos no óleo do transformador;
- Armário de comando à prova de tempo, grau de proteção IP54, para alojar os bornes terminais e todos os componentes auxiliares;
- Caixa externa para inspeção de aterramentos do tanque, núcleo e ferragens de atracação do núcleo;
- Terminais retos com 4 (quatro) furos NEMA para as buchas dos enrolamentos de alta tensão, baixa tensão e neutro;
- Terminais em aço inoxidável para aterramento do tanque;
- Válvulas (tipo esfera) para drenar o tanque principal completamente: Diâmetro de 50 mm, com redução para 40 mm 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 40 mm;
- Válvula (tipo esfera) para drenar o compartimento do conservador de óleo: Diâmetro de 40 mm;
- Válvulas (tipo esfera) para separação do relé detector de gás tipo Buchholz e do dispositivo de proteção de variação súbita de pressão do comutador (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 15 mm (pode ser conjugada com a válvula de drenagem);
- Válvula (tipo esfera) para retirada do gás acumulado no relé Buchholz através de derivação acessível do solo;
- Válvula (tipo esfera) de drenagem do comutador de derivações em carga: Diâmetro de 50 mm, com redução para 40 mm;
- Válvula (tipo esfera) de enchimento e drenagem do conservador do comutador de derivações em carga: Diâmetro 50 mm, com redução para 40 mm;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 17 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Válvula superior (tipo esfera) de filtragem de óleo do transformador de 40 mm, provida de um bujão de 40 mm para fechamento;
- Quatro apoios para macacos;
- Olhais para levantamento do conservador de óleo;
- Ganchos ou olhais para suspensão e deslocamento do transformador completamente montado, inclusive com óleo isolante;
- Meios para levantamento da parte ativa, da tampa e dos radiadores;
- Aberturas para inspeção na tampa principal e no conservador de óleo;
- Indicador externo para sinalização do nível de óleo do transformador, com visor de vidro temperado e marcações dos níveis máximo, mínimo e a 25 °C, sendo estas indeléveis sob calor e umidade, provido de 2 (dois) contatos independentes para sinalização dos níveis de máximo e nível mínimo;
- Termoresistências tipo sensores PT100 (três unidades), com entradas autocalibradas, sendo uma para medição da temperatura ambiente e duas para medição da temperatura do topo do óleo (preparados para medição redundante). Corpo em alumínio, com cabeçote roscado, ligação a três fios, com haste em aço inoxidável austenítico AISI 316, comprimento de inserção 100 mm (mínimo), faixa de medição 0 a 150 °C, com certificado de calibração RBC para três pontos (50 °C, 100 °C e 150 °C). Deverão ser previstos cabos de comunicação sem emendas e aterrados apenas na régua do painel.
- Válvulas de alívio de pressão do tipo mola, com visor de vidro temperado, uma para o transformador e outra para o comutador, instaladas em posição tal que impeça a queda de óleo sobre os acessórios do transformador ou componentes do transformador móvel. Providas de 2 (dois) contatos independentes para sinalização, em caso de operação. Deverá ser prevista canalização, de modo que o óleo expelido seja projetado para o solo sem atingir os equipamentos, fabricada em alumínio, com espessura da parede do tubo mínima de 6mm;
- Relé detector de gás do tipo Buchholz, provido de 2 (dois) contatos, sendo 1(um) para alarme e 1(um) para desligamento. Com ponto para retirada de amostra de gases (parte superior) e visor de vidro temperado, com janela graduada em centímetros para indicação do volume de gás acumulado;
- Trocadores de calor com ventilação forçada para resfriamento do óleo isolante;
- Moto-bombas para circulação forçada do óleo isolante;
- Indicador de fluxo de óleo isolante;
- Lâmpada e resistências de aquecimento controladas por termostatos para o armário de comando;
- Placa de Identificação do transformador e das buchas;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 18 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Placa diagramática do sistema de resfriamento e componentes auxiliares, a ser fixada na parte interna da porta da caixa de ligações;
- Ferramentas e dispositivos especiais para manutenção;
- O interior do tanque deve ser provido de guias para dirigir a remoção ou a entrada da parte ativa.
- O registrador de impacto auto propulsor, do tipo digital, com memória de massa, com monitoramento para as três direções (eixos X, Y e Z).

Os contatos dos dispositivos de supervisão e de proteção especificados deverão ser adequados para tensão nominal de 125 Vcc, para conduzir uma corrente em regime permanente de 5 A e para interromper uma corrente indutiva de 0,2 A, com L/R = 40 ms em 125 Vcc.

Deverão possuir, no mínimo, as seguintes características técnicas:

a) Níveis de isolamento dos terminais

Os níveis de isolamento dos terminais são os indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Níveis de Isolamento dos Terminais

Níveis de Isolamento para Terminais							
Classe de tensão do Enrolamento (kV)	Terminal de Fase					Terminal de Neutro	
	Tensão Suportável Nominal de			Tensão Induzida (kVef)	Tensão Induzida de Longa Duração (kVef)	Tensão Suportável Nominal de	
	Impulso Atmosférico Pleno (kVcr)	Impulso Atmosférico Cortado (kVcr)	à Frequência Industrial (kVcr)			Impulso Atmosférico Pleno (kVcr)	à Frequência Industrial (kVcr)
15	110	121	34	34	-	110	34
24,2	150	165	50	50	-	150	50
36,2	200	220	70	70	-	200	70
72,5	350	385	140	140	140		
145	650	715	275	275	275		

O padrão dos terminais de neutro é constituído por buchas diretamente aterradas para tensões nominais maiores ou iguais a 69 kV. Para tensões inferiores a 69 kV pode-se optar por não aterrar o terminal de neutro, devendo este terminal manter as mesmas características dos terminais de linha.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 19 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Para transformadores com terminal de neutro diretamente aterrado não é recomendável o ensaio de impulso atmosférico no terminal de neutro. Durante o ensaio de impulso atmosférico no terminal de linha, o terminal de neutro deve ser ligado diretamente à terra. Ensaio de impulso atmosférico com onda cortada não é aplicável para terminal de neutro.

b) Impedâncias

Os valores mínimos de impedância de curto-circuito para tensões e potências nominais (derivação principal) são indicados na Tabela 3.

Tabela 3 – Impedâncias

Código SAP	Tensões Nominais		Potência Base (MVA)	Impedância (%)
	Primária (kV)	Secundárias (kV)		
102020022	138 x 69 kV	34 x 13,8 kV	25 MVA	10 a 18%
102010036	69 x 34,5 kV	13,8 kV	25 MVA	10 a 18%

Os valores de impedância devem ser referidos ao valor da potência base, tensão nominal, 60 Hz, conforme a Tabela 3 da ABNT NBR 5356-5.

c) Limites de elevação de temperatura

O transformador deverá ser capaz de fornecer potência nominal em qualquer derivação do enrolamento de alta tensão sem que as elevações máximas de temperatura ultrapassem os seguintes limites, em regime contínuo:

- Limite de elevação média dos enrolamentos medido pelo método de variação de resistência: 95°C
- Limite de elevação do ponto mais quente dos enrolamentos: 115°C
- Limite de elevação do óleo isolante, medido por termômetro perto do topo do tanque: 65°C
- Limite de elevação das partes metálicas em contato ou adjacentes à isolação: 80°C

d) Nível de ruído audível

O nível de ruído audível produzido pelo transformador, operando a tensão nominal e a frequência nominal, não deverá exceder os valores estabelecidos na Tabela 8 da NBR 5356-1.

e) Nível de tensão de radiointerferência

O nível de tensão de radiointerferência produzido pelo transformador, energizado com 110% da tensão máxima do equipamento, não deverá ultrapassar 1000 µV.

f) Ligações e deslocamento angular

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 20 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

O transformador deverá ter seus enrolamentos de alta tensão e baixa tensão, considerando o deslocamento angular entre os enrolamentos, ligados em Dyn1.

g) Condições de sobrecarga

O transformador deverá ser adequado para suportar sobrecargas de acordo com a norma ABNT NBR 5356-7.

As buchas deverão suportar sobrecargas correspondentes a uma vez e meia a potência nominal, com resfriamento forçado dos transformadores.

6.2.1 Meio Isolante

O transformador deverá ser isolado com óleo, de origem mineral, de base naftênico, do tipo A, fornecido com o volume completo. O óleo utilizado para o primeiro enchimento (impregnação/ensaios) deverá ser o mesmo para o segundo enchimento (operação).

A carga de óleo deverá ser isenta de PCB, de acordo com ABNT NBR 13882, com ausência de DBDS, apresentando resultado não corrosivo no ensaio de enxofre corrosivo, conforme ABNT NBR 10505. Deverá conter inibidor de oxidação (0,3 % de DBPC).

Os valores limites das características do óleo isolante a ser utilizado no transformador, deverão ser aqueles indicados na Resolução ANP Nº 900/2022, satisfazendo seus requisitos, exceto quanto ao teor de água que deverá ser ≤ 15 ppm, conforme ABNT NBR 10710; Rigidez Dielétrica ≥ 70 kV, conforme ABNT NBR IEC 60156; Índice de Neutralização $\leq 0,01$ mg KOH/g, conforme ABNT NBR 14248, e Tensão Interfacial ≥ 42 mN/m, conforme ABNT NBR 6234.

As metodologias para as análises deverão atender as diretrizes e normas, previstas na ABNT NBR 10576, específicas para supervisão e manutenção de óleo mineral isolante de equipamentos elétricos.

Tabela 4 – Metodologias para as Análises do Óleo Mineral Isolante

Propriedade	Norma
Cor e aparência	ABNT NBR 14483
Densidade	ABNT NBR 7148
Fator de perdas dielétricas	ABNT NBR 12133
Índice de neutralização (acidez)	ABNT NBR 14248 ABNT NBR 14448
Rigidez dielétrica	ABNT NBR IEC 60156
Tensão interfacial	ABNT NBR 6234
Teor de água	ABNT NBR 10710
Sedimento e borra	ABNT NBR 10576 (Anexo A)

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 21 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Propriedade	Norma
Teor de inibidor	ABNT NBR 12134
Bifenilas policloradas (PCB)	ABNT NBR 13882
Compatibilidade	ABNT NBR 14274
Enxofre corrosivo	ABNT NBR 10505
Estabilidade à oxidação	ABNT NBR 10504 ABNT NBR 15362
Partículas (contagem de partículas)	ISO 4407 ABNT NBR 14275
Ponto de fluidez	ABNT NBR 11349
Ponto de fulgor e combustão	ABNT NBR 11341
Resistividade	ASTM D1169
Teor de DBDS	ABNT NBR 16412
Teor de passivador	ABNT NBR 16270
Análise de gases dissolvidos (AGD)	ABNT NBR 7070 ABNT NBR 7274

Nota 1: Como medida preventiva é uma obrigatoriedade por parte do Fornecedor, o fornecimento do laudo de execução dos ensaios de enxofre corrosivo (ABNT NBR 10505), ausência de DBDS (ABNT NBR 16412) e Teor de PCB (ABNT NBR 13882), referente ao volume do óleo isolante fornecido, bem como a informação do fabricante (marca) do óleo utilizado.

Conforme ANP Nº 900/2022, o Documento Auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica (DANFE) ou a documentação fiscal referente às operações de comercialização e transferência de óleo mineral isolante, realizadas pelo produtor, importador e distribuidor, deverá indicar o número do certificado da qualidade correspondente ao produto e ser acompanhada de cópia legível do mesmo, atestando que o produto comercializado atende à especificação estabelecida.

6.2.2 Trocador de calor

O trocador de calor deve ser posicionado de modo a expulsar o fluxo de ar quente do semirreboque, sem direcioná-lo ao transformador de potência ou a locais nos quais se possa ter pessoas operando painéis de comando, a partir do solo.

As tubulações dos trocadores de calor devem ser dotadas de válvulas a montante e a jusante, possibilitando intervenções de manutenção sem a necessidade de baixa de grandes volumes de óleo.

As tubulações de óleo devem ser acompanhadas de plaquetas de identificação, confeccionadas em aço inoxidável austenítico AISI 316, na espessura de 1,5 mm, com letras pintadas na cor preta e gravação em

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 22 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

baixo relevo, posicionadas em locais visíveis, fixadas em suportes soldados, com parafusos de aço inoxidável. O sentido do fluxo de óleo e do fluxo de ar dos motoventiladores devem ser indicados explicitamente com o uso de setas gravadas nessas plaquetas.

As Tubulações devem ser projetadas para comportar as vibrações e expansões decorrente do transporte e operação do equipamento, devendo ser usadas juntas de expansão adequadas.

Devem ser instaladas válvulas do tipo esfera na entrada e na saída de cada tubulação dos trocadores de calor, tanto junto ao tanque principal do transformador quanto nos próprios trocadores. Essas válvulas são do tipo esfera apoiada, com elementos internos, manopla e corpo fabricados em aço inoxidável austenítico AISI 316, e anéis de vedação em Teflon, exceto onde indicado em contrário. Não sendo aceitas válvulas fabricadas em bronze.

Os trocadores de calor devem ser do tipo óleo-ar e possuírem mecanismos de içamento para eventual necessidade de remoção. Ademais, devem ser providos de recursos de amortecimento de vibrações (coxins).

Para evitar contatos acidentais e danos nas aletas de refrigeração dos trocadores de calor, deverão ser previstos anteparos metálicos de proteção, fabricados em aço galvanizado, equipados com filtro anti-poeiras, do tipo grades removíveis para possibilitar a limpeza ou troca do filtro.

Também devem possuir bujões para purga/desaeração e drenagem de óleo diretamente no trocador de calor.

6.2.3 Ventiladores

Os trocadores de calor deverão ser equipados com um número adequado de ventiladores constituindo-se em um grupo completo o suficiente para atingir a potência nominal declarada. Esses ventiladores deverão ser suficientemente silenciosos, para permitirem um resultado satisfatório no ensaio de nível de ruído do transformador (Tabela 8 da NBR 5356-1). Deverão ser protegidos por grades em aço galvanizado, para evitar contatos acidentais.

Os ventiladores deverão ser acionados por motores trifásicos assíncronos com tensão de 380/220 Vca, para MA, PI, AL, AP e GO e tensão 220/127 Vca, para PA e RS. Estes motores deverão possuir indicação do sentido de rotação e fluxo de ventilação, além de rolamentos blindados e grau de proteção IP W55.

Os ventiladores deverão ser protegidos por disjuntores com ajuste térmico, com contatos auxiliares para alarme e sinalização de operação. Todos os circuitos de comando, sinalização e proteção deverão ser instalados no painel do transformador. As caixas de ligação dos motores deverão estar em posição de fácil acesso, e possuir terminais fixos para a conexão dos cabos de alimentação.

As plaquetas de identificação dos ventiladores deverão ser confeccionadas em aço inoxidável austenítico AISI 316, na espessura de 1,5mm, com letras pintadas na cor preta e gravação em baixo relevo, posicionadas em locais visíveis e próximas de cada dispositivo, fixadas em suportes soldados, com rebites. Não serão aceitas fixações com fita dupla face.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 23 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Os motores devem ser posicionados de maneira que o fluxo de ar produzido pelas hélices do ventilador não passe por eles, de modo a evitar atuação de suas proteções térmicas.

6.2.4 Bombas de Óleo

As bombas centrífugas e seus respectivos motores deverão formar um conjunto compacto hermeticamente vedado e projetado para fornecer a quantidade de óleo isolante requerida pelo sistema de resfriamento.

Os motores deverão ser trifásicos, para tensão 380/220 Vca, 60 Hz, projetados de maneira adequada a fim de acionar as bombas continuamente sem ultrapassar os seus limites de elevação de temperatura ou potência nominal. Deverão possuir indicação do sentido de rotação e fluxo de óleo, além de rolamentos blindados e grau de proteção IP W55.

O sistema de circulação de óleo deverá possuir válvulas manuais na entrada e saída das tubulações, providas de flanges para permitir sua retirada sem perda de óleo isolante, bem como de válvulas esféricas para sangria de ar. Na saída das bombas deverão ser instaladas válvulas de abertura e fechamento automático em função do funcionamento ou não da bomba correspondente.

A bomba reserva deverá possuir as mesmas características, mesmo tipo de instalação, válvulas e acessórios, descritos para as demais bombas.

As bombas deverão ser protegidas por disjuntores com ajuste térmico, com contatos auxiliares para alarme e sinalização de operação. Todos os circuitos de comando, sinalização e proteção das bombas deverão ser instalados no painel do transformador. No entanto, os circuitos das bombas deverão ser separados do circuito geral. As caixas de ligação dos motores deverão estar em posição de fácil acesso, e possuir terminais fixos para a conexão dos cabos de alimentação.

As plaquetas de identificação das bombas devem ser confeccionadas em aço inoxidável austenítico AISI 316, na espessura de 1,5mm, com letras pintadas na cor preta e gravação em baixo relevo, posicionadas em locais visíveis e próximas de cada dispositivo, fixadas em suportes soldados, com rebites, não serão aceitas fixações com fita dupla face.

6.2.5 Núcleo

O núcleo deve ser construído com a utilização da tecnologia Step-Lap e constituído de chapas de aço silício de granulação orientada, laminadas a frio, de perdas reduzidas e alta permeabilidade. Não é admitido outro modo de construção. Devem ser previstos meios mecânicos que impeçam o afrouxamento das lâminas provocado pelas vibrações. O núcleo deve ser dotado de olhais ou outros dispositivos adequados ao içamento do conjunto núcleo-bobinas, independentemente da tampa principal.

Para fins de aterramento, o núcleo deve ser ligado eletricamente ao tanque do transformador, em um único ponto, de fácil acesso por janela de inspeção circular na tampa superior, independentemente da tensão e potência do transformador.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 24 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

As peças e/ou dispositivos de fixação do núcleo/enrolamentos devem ser de tal forma que evitem a formação de circuitos fechados onde possam circular correntes parasitas.

6.2.6 Enrolamentos

Os enrolamentos devem ser de cobre eletrolítico, projetados e construídos de forma a resistir, sem sofrer danos, aos efeitos eletrodinâmicos e térmicos causados por curtos-circuitos e sobrecargas de acordo com o estabelecido nesta especificação. Além disto, devem resistir aos efeitos mecânicos devido aos frequentes deslocamentos do Transformador Móvel, mesmo em estradas não pavimentadas.

Todos os calços de fixação (aperto) das bobinas devem ser de madeira especial, tipo “permawood” ou “weidmann”.

Todos os cabos terminais (lides) devem ser levados aos blocos terminais de material isolante, rigidamente fixados no interior do tanque.

Todas as ligações internas devem ser feitas através do método de “crimpagem hidráulica motorizada” ou “hidropneumática” com pressão mínima de 700 bar. A única exceção para utilização de solda é dada na conexão do cabo primário e terminal primário da bucha que pode ser feito com solda à base de prata.

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

Todos os blocos terminais devem ter as partes vivas submersas no óleo.

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

O material do papel isolante deve ser Nomex. O limite de elevação média dos enrolamentos medido pelo método de variação de resistência deve ser de 95°C. Perdas e impedância devem ser referidas a 115°C, limite de elevação do ponto mais quente dos enrolamentos.

A secagem da parte ativa do transformador deve ser efetuada, obrigatoriamente, através do processo "vapour phase", sem comprometer o valor mínimo do grau de polimerização do papel.

Após a conclusão do tratamento da parte ativa e de todos os ensaios do equipamento, e antes da montagem no semirreboque, o fabricante deverá realizar a medição do grau de polimerização do papel isolante, devendo os resultados serem fornecidos juntamente com o relatório de ensaios do transformador, onde não serão aceitos valores inferiores a 1.000 monômeros de glicose.

A fim de permitir o monitoramento do envelhecimento do papel, através do ensaio de grau de polimerização ao longo da vida útil, todos os transformadores deverão ser fornecidos com, no mínimo, 10 amostras (corpos-de-prova) do papel isolante utilizado. Essas amostras deverão 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.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 25 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.2.7 Conservador de Óleo

Deve ser de construção robusta, com capacidade suficiente para expansão do óleo, de forma que o óleo não transborde com as altas temperaturas, nem caia abaixo do nível mínimo de segurança.

Deve suportar vácuo pleno.

O conservador deve ter dois compartimentos separados, sendo um principal e outro para o comutador de derivações em carga. Deve existir um tubo de interligação entre os dois compartimentos, provido de válvula esférica, de forma a permitir uma comunicação entre ambos, na ocasião do enchimento.

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.

O conservador do óleo deve dispor de relé de ruptura de membrana para cada bolsa de borracha.

6.2.8 Comutador de Derivações

6.2.8.1 Comutador de Derivações em Carga

O comutador de derivações em carga deve atender à norma ABNT NBR 8667 e incluir os seguintes elementos:

- a) Chave seletora imersa em óleo;
- b) Chave comutadora imersa em óleo, com interrupção a vácuo;
- c) Mecanismo com operação a motor alimentado em corrente alternada trifásica em 380/220 Vca, para MA, PI, AL, AP e GO; e tensão 220/127 Vca, para PA e RS;
- d) Dispositivo de controle automático;
- e) Dispositivos de proteção dos circuitos de controle.

A chave comutadora deve ser montada no meio do enrolamento, não se admitindo a sua montagem na extremidade. Deve ser provida de reator ou resistor para redução da tensão do arco devido ao fechamento e à abertura dos contatos.

O comutador deve ser projetado de modo que seus contatos não interrompam arco dentro do tanque principal do transformador. Assim, a chave seletora de derivações e a chave comutadora ou a chave seletora comutadora devem ser localizadas em um compartimento imerso em óleo, devendo possuir meios para impedir que o óleo do compartimento que encerra os contatos se comunique com o óleo do tanque principal do transformador.

O comutador deverá ser do tipo inserido no tanque do transformador, sendo provido de um relé de fluxo instalado entre seu compartimento interno e seu conservador de óleo.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 26 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

O Fornecedor deverá apresentar, obrigatoriamente, sua proposta técnico-comercial com o comutador a vácuo. Deverá explicitar as condições de operação e informar as condições para realização das manutenções preventivas, sejam elas por número de operações ou por tempo de utilização.

No caso de necessidade de utilização de "Tie in Resistor" no comutador, devem ser fornecido, para análise e aprovação, os desenhos do circuito a ser utilizado e o local de instalação. Caso seja aprovado, o valor do resistor e demais características devem ser indicados no desenho de placa e manual de instruções. O acesso ao compartimento da chave comutadora deve ser através de uma tampa removível de forma a evitar o acesso ao tanque principal do transformador.

No caso da chave comutadora ser montada externamente, deve existir uma válvula localizada no fundo ou na lateral do tanque para possibilitar a drenagem e coleta de óleo isolante. Quando se tratar de chave comutadora montada internamente, a drenagem e coleta de óleo isolante devem ser feitas com a tomada do óleo no fundo do tanque da chave, através de tubulação adequada, localizada em uma das laterais do transformador, de preferência ao lado do recipiente de sílica-gel. Estas tubulações devem ser providas de válvulas nas extremidades.

Todas as tubulações externas ao transformador devem ser projetadas de modo a não dificultar a retirada da chave comutadora. O mecanismo de operação a motor deve ser alojado em caixa metálica, à prova de tempo, provida de porta com guarnições de borracha, com trinco e fechadura tipo Yale. O grau de proteção do invólucro é no mínimo IP-54 conforme norma ABNT NBR IEC 60529.

A caixa do mecanismo deve ser equipada com resistência de aquecimento controlada por termostato, lâmpada controlada pela abertura e fechamento da porta e tomada de serviço.

O mecanismo deve ter os seguintes requisitos:

- a) O pré-seletor e o seletor de derivações poderão estar localizados preferencialmente dentro do compartimento do comutador com óleo próprio, e deverá ser garantida, no mínimo, um milhão de operações;
- b) Deverá ser garantida uma vida útil dos contatos para um mínimo de 500.000 operações a plena carga;
- c) Deverá ser também garantido um mínimo de 300.000 operações a plena carga, sem que haja necessidade de reparo, substituição de peças, limpeza ou qualquer tipo de revisão na chave de carga;
- d) Para transformadores com tensão primária até 138 kV, o acionamento deve ser por motor trifásico de indução, religável para 380 V e 220 V entre fases, 60 Hz;
- e) Manivela para operação manual do mecanismo, com bloqueio elétrico que impeça a operação motorizada quando a manivela estiver engatada;
- f) Chaves-limites elétricas e travas mecânicas, que impeçam o percurso do mecanismo além das posições extremas de elevar e abaixar;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 27 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- g) Indicador de posição do comutador e contador do número de operações;
- h) Transdutor de medição, com saída de 4 a 20 mA, instalado no painel de comando local, para permitir a indicação remota da posição do comutador.

A vida útil dos contatos do comutador deve ser, no mínimo, de um milhão de operações.

O indicador de posição do comutador deve ser legível para um observador situado na base do transformador e localizado de tal forma a permitir sua fácil leitura durante a operação manual do comutador. Deve possuir dois ponteiros ajustáveis para indicação das posições extremas do comutador desde o último ajuste e ter as indicações de "Elevar Tensão" e "Baixar Tensão".

6.2.8.2 Sistema de Controle do Comutador

Os dispositivos de controle automático e demais dispositivos de controle, proteção e sinalização são instalados em compartimentos próprios do painel local de controle e proteção do transformador móvel.

Para todos os transformadores, o comando automático do comutador inclui relé regulador de tensão, digital, para monitoramento e controle completo de transformadores, que mede a temperatura do óleo e estima a temperatura de enrolamento do transformador segundo normas como a IEEE C57.91 e ABNT NBR 5356-7, controlando o acionamento da ventilação forçada e estimando a perda de vida do transformador. Além de executar a regulação de tensão atuando em comutadores sob carga (OLTC), monitorando sua operação, indicação de tap e sua atuação em esquemas de paralelismo. Também está presente no esquema de monitoramento/controle do transformador, controlador de automação programável com entradas e saídas digitais para monitoramento, controle, proteção e automação de equipamentos de subestações, além de módulo de I/O remoto com oito entradas digitais, oito saídas digitais e uma porta de comunicação de fibra óptica. Possuindo os requisitos básicos:

- Monitoramento e controle do transformador através de relé;
- Para permitir o controle automático do transformador, deverá ser fornecido o relé de monitoramento e controle do transformador, possuindo a função de regulação de tensão (função 90), além de funções de monitoramento de temperatura e controle da ventilação forçada;
- O relé deverá possuir protocolo de comunicação DNP3.0, para estabelecer comunicação com a unidade terminal remota, além de protocolo GOOSE IEC61850, para permitir paralelismo da função de regulação com outros transformadores, e troca de informações entre outros relés do transformador móvel.
- Para ampliação do monitoramento de informações através de entradas e saídas digitais deverá ser utilizado dispositivo de expansão de entradas e saídas digitais do mesmo fabricante do relé principal de monitoramento e controle do transformador.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 28 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- e) Os relés já devem vir totalmente montados no painel do transformador, com todas as funcionalidades implementadas;
- f) A comunicação do relé deve ser estabelecida através de pontas ópticas e cordões ópticos;
- g) No painel de controle deve ser instalado um Distribuidor Interno Óptico (DIO), para fazer o link com o painel de comunicação do transformador móvel, os cordões ópticos dos relés do painel de controle do transformador serão conectados a este DIO que, por sua vez estará conectado ao DIO do painel de comunicação através de cabo óptico com isolamento apropriado;
- h) A comunicação deste relé com a unidade terminal remota deverá ser realizada através de protocolo DNP3.0;
- i) As lâmpadas internas dos painéis devem ser do tipo LED;
- j) Tensão de alimentação do controle deve ser de 125 Vcc;
- k) Compensador de queda de tensão na linha, com elementos ajustáveis de resistência e de reatância que permita a compensação da queda de tensão na linha, causada pela variação da corrente de carga;
- l) Elementos ajustáveis da queda de tensão sobre a resistência e sobre a reatância de 0 a 24 V que permita a compensação da queda de tensão na linha, causada pela variação da corrente de carga;
- m) Polaridade (+ ou –) dos elementos da queda de tensão sobre a resistência e sobre a reatância;
- n) Elemento de ajuste da tensão de referência (“voltage level” ou “voltage setting”), para controle automático da operação do comutador, com graduação para qualquer tensão entre 100 e 130 V;
- o) Elemento de ajuste da faixa de insensibilidade com graduações entre + 0,6 % e + 3,0 % da tensão de referência ou largura da faixa de tensão em Volts;
- p) Elemento de temporização (retardo de tempo) com ajuste entre 30 e 120 s, nas direções "elevar" e "baixar" a tensão, aplicável somente ao primeiro movimento numa mudança de derivação;
- q) Elemento de ajuste do modo de temporização de realização com as opções: integrador inverso (curva de característica inversa) e linear;
- r) Elemento de bloqueio por subtensão ajustável continuamente entre 70% e 90% da tensão de referência;
- s) Elementos para sinalizar se a tensão está na direção “elevar” ou “abaixar”;
- t) Terminais para medir a tensão regulada ou indicador desta grandeza;
- u) Terminais para alimentação externa;
- v) Proteção contra surtos, induções eletromagnéticas, ruídos elétricos de alta intensidade e poeira.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 29 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

No processo de aquisição deve ser mencionado o tipo do relé 90 para a aprovação da CONCESSIONÁRIA. Só serão aceitos relés homologados pelo Grupo Equatorial.

O sistema de controle e indicação remota da posição do tap do comutador de derivações em carga adotado pela CONCESSIONÁRIA prevê a utilização de indicador digital. Desta forma deverá fazer parte deste fornecimento, matriz de diodos com conversores BCD e/ou transdutores que deverão ser instalados no armário do comutador e de forma a se obter simultaneamente a seguinte configuração:

- a) Entradas para medições de posição de tap, tensão de linha e corrente de carga;
- b) Função multimetador com indicações de potências ativa reativa e aparente, frequência, fator de potência e outras;
- c) Indicação local de tap e controle automático/manual do comutador pelo painel frontal;
- d) Assistente de Manutenção do Comutador, com cálculos e indicações de:
 - Número total de operações do comutador desde o início da operação;
 - Número de operações do comutador desde a última manutenção;
 - Média de operações diárias do comutador;
 - Somatória total da corrente comutada ao quadrado desde o início da operação;
 - Somatória da corrente comutada ao quadrado desde a última manutenção;
 - Média de incremento diário da somatória de corrente comutada ao quadrado;
 - Número de dias restantes para manutenção do comutador por número de operações;
 - Número de dias restantes para manutenção por somatória da corrente comutada.

6.2.9 Sensoriamento e Detecção de Gases e Umidade

O sistema de sensoriamento e detecção de gases e umidade do transformador de potência deverá ter seus alarmes e medições integrados a unidade terminal remota via protocolo de comunicação. O mesmo deverá ser integrado a rede via cabo de fibra óptica e deve ser capaz de monitorar composição de gases dissolvidos contendo:

- Umidade;
- Hidrogênio (H₂) aproximadamente 20%;
- Monóxido de carbono (CO) aproximadamente 30%;
- Metano (CH₄) menor que 5%;
- Acetileno (C₂H₂) 100%;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 30 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Etileno (C₂H₄) aproximadamente 32%;
- Etano (C₂H₆) menor que 5%.

Com relação à automação o sistema de sensoriamento e detecção de gases e umidade deve contemplar:

- Alimentação 125Vcc;
- Protocolo Ethernet;
- 1 (uma) porta Ethernet FO, porta LC;
- 1 (uma) porta serial RS-485.

6.3 Para-raios

Deverão ser do tipo estação, polimérico, em óxido de zinco (ZnO), para sistema aterrado. Quando aplicável, deverão ser fornecidos com uma base constituída de pequenos isoladores ou peça única, capaz de suportar o para-raios, com finalidade de isolá-lo da terra, para instalação do contador de descargas.

Os terminais de linha deverão ser chatos com 4 furos padrão NEMA e os conectores de aterramento deverão ser em liga de cobre estanhado para cabo de cobre de bitola 70 mm² (2/0AWG).

Caso o transformador seja projetado para trabalhar em mais de um nível de tensão os para-raios devem ser do tipo religável.

Os para-raios devem ser instalados conforme indicado na Tabela 5.

Tabela 5 – Localização dos Para-raios

Níveis de Tensão	Posição das Conexões no Semirreboque	Tipo do Para-raios
138 kV	Traseira	120kV - 10KA
69 kV	Dianteira	Religável 60x30x12-10KA
34,5 kV e 13,8 kV	Dianteira	Religável 30x12 - 10KA

Os para-raios deverão possuir, no mínimo, as características técnicas indicadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Características Técnicas dos Para-raios

Características dos Para-raios	Tensão Nominal (kV, ef)			
	12	30	60	120
Tensão máxima de operação continua (valor eficaz) (MCOV)	10,2 kV	26,7 kV	48 kV	98 kV

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 31 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Características dos Para-raios	Tensão Nominal (kV, ef)			
	12	30	60	120
Corrente de descarga nominal (8/20ms, crista)	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA
Tensão residual para corrente de impulso atmosférico onda de 8/20ms 10kA (crista)	32 kV	80 kV	160 kV	320 kV
Tensão residual para corrente de impulso de corrente de manobra, onda de 30/60ms 10kA (crista)	26,7 kV	61 kV	119 kV	258 kV
Tensão residual para corrente de impulso de frente rápida, onda de 1/20ms 10kA (crista)	38 kV	94,9 kV	175 kV	361 kV
Corrente presumível de falta, alta intensidade (valor eficaz, 0,2s)	20 kA	20 kA	20 kA	20 kA
Corrente presumível de falta, baixa intensidade (valor eficaz, 1s)	600 A +/-200 A	600 A +/-200 A	600 A +/-200 A	600 A +/-200 A
Impulso de corrente de curta duração (4/10ms, crista)	100 kA	100 kA	100 kA	100 kA
Capacidade de absorção de energia específica	5,1 kJ/kV	5,1 kJ/kV	5,1 kJ/kV	5,1 kJ/kV
Distância de escoamento do invólucro (fase-fase)	25 mm/kV	25 mm/kV	25 mm/kV	25 mm/kV
Distância de escoamento do invólucro	345 mm	750 mm	1295 mm	2595 mm
Tensão de radiointerferência (300 ohms)	500 mV	500 mV	1000 mV	1000 mV
Descargas Parciais	10 pC	10 pC	10 pC	10 pC
Classe de descarga de linha	2	2	2	2

6.4 Transformador de Serviços Auxiliares

Deverá ser trifásico, imerso em óleo mineral, protegido através de fusíveis limitadores de corrente adequadamente dimensionados e destinar-se ao suprimento de tensão alternada para os serviços auxiliares do transformador móvel.

Deverá ser fabricado e ensaiado de acordo com as normas correspondentes e possuir, no mínimo, as seguintes características técnicas:

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 32 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Sua operação deve ser possível quaisquer que sejam as ligações do transformador de potência, de modo que sua tensão primária seja adequada a cada possível ligação;
- Sua tensão secundária será trifásica em 380/220 Vca, para MA, PI, AL, AP e GO e tensão 220/127 Vca, para PA e RS;
- Diagrama de ligação Dyn1;
- O Fornecedor deverá apresentar à CONCESSIONÁRIA o memorial de cálculo de dimensionamento do transformador de serviço auxiliar.

6.4.1 Sistema de Comutação de Tensão

O ajuste de tensão primária deve ocorrer por meio de comutador de tensões sem tensão, que deve ser previsto na lateral do transformador e possuir dispositivo de segurança que impeça a sua operação indevidamente. Junto ao dispositivo deve constar a seguinte advertência: “NÃO OPERAR COM O TRANSFORMADOR ENERGIZADO”.

O comutador de tensões deve apresentar as seguintes características:

- Nº de posições de comutação: 5 (com tensão nominal no TAP central);
- Cada posição deve ter seu número gravado em baixo relevo e pintado;
- Corrente de curto-circuito, por 2 segundos: $20 \times I$ (nominal).

Nota 2: Os fusíveis limitadores de corrente para proteção devem ser montados em base tripolar.

6.5 Cabos de Interligação

6.5.1 Carretel dos Cabos

O dimensionamento da quantidade de cabos de interligação por fase será de responsabilidade do Fornecedor, devendo ser observada a seção transversal de 300 mm² para cada cabo, considerando também o fator de sobrecarga de uma vez e meia a potência nominal do transformador. Cada cabo deverá ter o comprimento de 60 metros.

Cada carretel deverá possuir 03 cabos, porém 01 dos carretéis fornecidos deverá conter 04 cabos, sendo o cabo adicional para atender a reserva técnica.

Os cabos devem ser isolados de acordo com o maior nível de tensão do lado de MT, com terminações nas duas extremidades de cada cabo e conectores em liga de cobre estanhado, 4 furos, padrão NEMA, destinados a interligação do transformador móvel com o sistema a ser atendido, devendo o Fornecedor apresentar os memoriais de cálculos do dimensionamento dos cabos.

Os cabos deverão ser armazenados em carretel giratório motorizado com olhais para içamento, sendo o transporte realizado separadamente do semirreboque. O motor deverá ser religável para as tensões 380 e

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 33 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

220 Vca, sendo este alimentado na tensão 380 Vca, para MA, PI, AL, AP e GO e na tensão 220 Vca, para PA e RS.

6.5.2 Carretel dos Cabos de Aterramento

Deverá vir também 01 carretel auxiliar extra contendo 100 metros de cabo para aterramento, não sendo necessária a motorização desse carretel.

6.5.3 Carretel dos Cabos de Controle

Deve ser fornecido com 2 (dois) circuitos, em lances de 100 metros cada, de cabo de cobre 4 x 2,5 mm², flexível (tempera mole), isolamento em PVC, mínimo 750 Vca, capa preta em termoplástico – ST2, classe de encordoamento 2 (7 fios), instalação ao tempo, provido de rolamento com eixo independente com trava e cadeado e que possa ser acionado por manivela extraível.

6.5.4 Carretel de Cabo de Fibra

Deve ser fornecido um carretel com um cabo rígido com 3 pares de fibra tipo LCxLC, em lance de 200 metros apropriado ao uso externo.

Nota 3: Os carretéis devem ser apropriados para içamento e transporte com auxílio de um caminhão de apoio.

6.6 Procedimento de Pintura

6.6.1 Considerações Gerais

O transformador móvel e seus componentes e acessórios devem receber tratamento e pintura adequados para resistir a intempéries, aos raios diretos do sol, a chuvas fortes, a poluição industrial e a salinidade marítima, independentemente do local de instalação.

Todas as superfícies externas e internas do transformador móvel, inclusive os painéis de controle, exceto os radiadores e ventiladores, devem ser pintados pelo processo sugerido adiante ou outro método de pintura mediante consulta e sujeita à aprovação da CONCESSIONÁRIA.

Os componentes do sistema de refrigeração devem ser galvanizados por imersão a quente, conforme a norma ABNT NBR 6323, devendo ter espessura mínima de 80 µm em qualquer ponto e média acima de 120 µm.

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 e armários.

A pintura e a galvanização devem ser aplicadas 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.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 34 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

A preparação da superfície e a aplicação da tinta não devem ser feitas se a temperatura ambiente for inferior a 5°C ou superior a 40°C ou em tempo de chuva, nevoeiro ou quando a umidade do ar for superior a 85%.

Durante as etapas de fabricação e comissionamento do transformador móvel, como também na ocasião das atividades que antecedem a entrega técnica em campo, O Fornecedor deverá adotar medidas para minimizar a ocorrência de danos na camada de pintura. Nos pontos em que o dano atingir a superfície metálica do aço, deverá ser realizado o retrabalho desde a etapa de preparação da superfície. Não serão aceitos retoques de pintura com diferenças de tonalidade entre os equipamentos ou partes do transformador móvel.

As tintas utilizadas, tanto de fundo, quanto de acabamento, deverão ser do tipo cuja polimerização, para eventuais retoques no campo, não necessite do uso de aparelhagem e materiais especiais, tais como aquecedores, preparados químicos etc.

Para eventual reparo em campo, deverão ser fornecidos, como reserva sobressalente, duas latas de tinta, com volume de 3,6 litros, de mesmo tipo e tonalidade usada em fábrica.

Os processos de tratamento da chapa de aço e pintura sugeridos pela CONCESSIONÁRIA estão indicados a seguir. O Fornecedor pode apresentar, como alternativa, outro processo de pintura ou outro material que não necessite proteção adicional contra corrosão, mediante consulta e sujeição à aprovação da CONCESSIONÁRIA. Para todas as alternativas, o Fornecedor deve detalhar na proposta os materiais utilizados, processos, ensaios, normas, o tempo de garantia e cotar as opções disponíveis.

Para quaisquer dos processos de tratamento, galvanização, pintura, inclusive os sugeridos pela CONCESSIONÁRIA, ou outros materiais ofertados, o Fornecedor deve dar garantia por um período mínimo de 5 (cinco) anos contra corrosão, independentemente do local de instalação do equipamento.

Caso o Fornecedor tenha para oferecer algum processo de pintura que supere em termos de qualidade os requisitos descritos nesta especificação, este deverá ser submetido à aprovação da CONCESSIONÁRIA.

6.6.2 Preparação da Superfície para Pintura

O processo de tratamento da chapa de aço para pintura externa, interna e peças deve ser como segue:

- Desengraxe com uso de solventes, segundo norma SSPC-SP1-63;
- Jateamento com granalha de aço ao metal branco padrão grau SA-2 1/2 segundo norma SIS05.5900 ou Norma SSPL-PS-63. Para as superfícies internas nos pontos onde não é possível o jateamento é permitido o sistema de decapagem química segundo norma SSPL-SP8-63;
- Limpeza da superfície com ar comprimido isento de água e de óleo;
- Inspeção da superfície a ser pintada, antes da aplicação da tinta de fundo, quanto à presença de corrosão, graxa, umidade e outros materiais estranhos;
- Vedação das eventuais frestas existentes com massa flexível à base de poliuretano;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 35 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

f) Aplicação de uma camada de tinta, antes de cada demão normal, em regiões de solda, frestas e outras de difícil acesso.

6.6.3 Pintura Externa

O processo de pintura externa deve ser conforme indicado a seguir:

- a) Aplicar uma demão de tinta epóxi pigmentada com zinco e com alumínio (mínimo de $65 \pm 2\%$ na película seca) com espessura de película seca de 80 μm (médio);
- b) Aguardar o tempo de repintura recomendado pelo fabricante da tinta. Na ausência desta informação, aguardar no mínimo 12 horas e no máximo 24 horas;
- c) Se o tempo de repintura for ultrapassado, lixar levemente a camada de tinta antes da aplicação da demão seguinte;
- d) Vedar as eventuais frestas existentes com massa flexível à base de poliuretano;
- e) Aplicar duas demãos de tinta epóxi curada com poliamida com espessura de película seca de 100 μm por demão;
- f) Aguardar o tempo de repintura recomendado pelo fabricante da tinta. Na ausência desta informação, aguardar no mínimo 12 horas e no máximo 24 horas;
- g) Aplicar uma demão de tinta de acabamento a base de poliuretano acrílico alifático com espessura de película seca de 60 μm na cor cinza claro notação Munsell N6.5;

A espessura mínima final da película seca deve ser de 340 μm .

Deve ser fornecida, na proporção de 900 ml por transformador, tinta para retocar superfícies danificadas levemente durante o transporte. Caso se verifique que, no momento do recebimento, o transformador apresente danos na pintura exterior que exijam a recuperação deste processo, o equipamento deve ser devolvido para o Fabricante.

6.6.4 Pintura Interna (Para Transformadores)

O processo de pintura interna deve ser como segue:

- a) Aplicar uma demão de Shop Primer Epóxi, espessura de 20 μm (médio);
- b) Aplicar uma demão de epóxi poliamida 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 .

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 36 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.6.5 Ventiladores e Trocadores de Calor

Os ventiladores e trocadores de calor devem ser galvanizados por imersão a quente, conforme a norma ABNT NBR 6323, devendo ter espessura mínima de 80 µm e média de 120 µm. A grade do motor do ventilador também deve ser galvanizada, utilizando o mesmo processo.

6.6.6 Demais Componentes

Todos os componentes e acessórios, inclusive os motores dos ventiladores, devem receber tratamento e pintura conforme o tratamento dado à superfície externa do transformador.

Para os painéis do transformador móvel, considerar plano de pintura e tratamento superficial, semelhante à pintura externa. Porém, a porta interna e a placa de montagem dos componentes do painel deverão utilizar tinta de acabamento na cor laranja RAL 2004.

7 INSPEÇÕES E ENSAIOS

Para os ensaios dos equipamentos em separado, antes das montagens no semirreboque, o Fornecedor (fabricante do transformador móvel) deverá designar e enviar, sob sua responsabilidade, inspetores próprios, que elaborarão relatório para análise do próprio Fornecedor, que deve garantir em todos os aspectos a qualidade desses equipamentos em separado. Com exceção do transformador de potência, que deverão ter acompanhamento presencial de representantes da CONCESSIONÁRIA.

O Fornecedor deverá disponibilizar, para a CONCESSIONÁRIA, cópia dos relatórios de ensaios de todos os equipamentos do transformador móvel antes da montagem dos mesmos sobre o semirreboque.

7.1 Transformador de Potência

Os requisitos gerais para os ensaios de tipo são os indicados nas normas ABNT NBR 5356-1 e ABNT NBR 5356-3, e devem ser executados na presença de inspetor credenciado pela CONCESSIONÁRIA.

Para a realização da análise cromatográfica dos gases dissolvidos no líquido isolante, dos ensaios de resistência de isolamento dos enrolamentos e fator de potência das buchas condensivas e dos enrolamentos do transformador, estes deverão ser realizados nas seguintes situações:

- Antes do início dos ensaios;
- Após os ensaios dielétricos;
- Após a realização dos ensaios de temperatura.

7.1.1 Ensaios de Tipo

Os ensaios de tipo deverão ser realizados conforme item 11.1.3 da norma ABNT NBR 5356-1 e seus resultados devem ser registrados. Os ensaios de tipo são os seguintes:

- Ensaio de elevação de temperatura (ver item 5 da ABNT NBR 5356-2);

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 37 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

b) Ensaios dielétricos de tipo (ver item 7.3 ABNT NBR 5356-3).

7.1.2 Ensaios de Rotina

Estes ensaios deverão ser realizados em todas as unidades de fornecimento, e na presença de inspetor credenciado pela CONCESSIONÁRIA.

Os ensaios de rotina deverão ser realizados conforme item 11.1.2 da norma ABNT NBR 5356-1 e seus resultados devem ser registrados.

Os ensaios de rotina são os seguintes:

- a) Medição da resistência dos enrolamentos (ver item 11.2 da ABNT NBR 5356-1);
- b) Medição da relação de transformação, polaridade e verificação do deslocamento angular e sequência de fases (ver item 11.3 da ABNT NBR 5356-1);
- c) Medição da impedância de curto-circuito e das perdas em carga (ver item 11.4 da ABNT NBR 5356-1);
- d) Medição das perdas em vazio e corrente de excitação (ver item 11.5 da ABNT NBR 5356-1);
- e) Ensaios dielétricos de rotina (ver item 7.3 da ABNT NBR 5356-3);
- f) Ensaios de comutador de derivação em carga, quando aplicável (ver item 11.7 da ABNT NBR 5356-1);
- g) Medição da resistência de isolamento dos enrolamentos, antes e após os ensaios dielétricos (ver item 11.15 da ABNT NBR 5356-1);
- h) Estanqueidade e resistência à pressão, a quente em transformadores de qualquer potência nominal e a temperatura ambiente nos demais transformadores de potência nominal igual ou superior a 750kVA (ver item 11.8 da ABNT NBR 5356-1);
- i) Verificação de funcionamento dos acessórios (ver item 11.13 da ABNT NBR 5356-1);
- j) Ensaios do líquido isolante, antes e após os ensaios dielétricos (ver item 11.16 da ABNT NBR 5356-1);
 - Rigidez dielétrica;
 - Teor da água;
 - Fator de perdas dielétricas ou fator de dissipação;
 - Tensão interfacial.
- k) Análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo isolante, antes do início dos ensaios, após ensaio de aquecimento e após os ensaios dielétricos (ver item 11.18 da ABNT NBR 5356-1);
- l) Medição do fator de potência da isolação e das capacitâncias entre enrolamentos e a terra e entre os enrolamentos, sendo realizado antes e após os ensaios dielétricos de rotina (ver item 11.20 ABNT NBR 5356-1);

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 38 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- m) Medição de harmônicas da corrente de excitação (ver item 11.30 da ABNT NBR 5356-1);
- n) Medição da resposta em frequência e impedância terminal (ver item 11.25 da ABNT NBR 5356-1);
- o) Medição das impedâncias de sequência zero em transformadores trifásicos (ver item 11.6 da ABNT NBR 5356-1);
- p) Verificação da espessura da camada de pintura interna e externa dos transformadores (ver item 11.17 da ABNT NBR 5356-1);
- q) Verificação da aderência da camada de pintura, que deve apresentar aderência GRO (método B), para as espessuras totais até 125 µm e aderência X0/Y0 (método A), para as espessuras totais acima de 125 µm (ver Item 11.17 da ABNT NBR 5356-1 e ABNT NBR 11003);
- r) Verificação da espessura e aderência da camada de zinco das peças galvanizadas (ver ABNT NBR 7398 e ABNT NBR 7399);
- s) Verificação da aderência, da camada de zinco, deve apresentar aderência GRO (método B), para as espessuras totais até 125 µm e aderência X0/Y0 (método A), para as espessuras totais acima de 125µm. Conforme ABNT NBR 7398.

7.1.3 Ensaios Especiais

Estes ensaios serão realizados apenas mediante acordo entre CONCESSIONÁRIA e Fornecedor.

Os ensaios especiais deverão ser realizados conforme item 11.1.4 da norma ABNT NBR 5356-1 e seus resultados devem ser registrados.

- a) Ensaios dielétricos especiais (ver item 7.3 da ABNT NBR 5356-3);
- b) Medição das capacitâncias entre o enrolamento e a terra, e entre os enrolamentos (ver item 11.20 ABNT NBR 5356-1);
- c) Medição das características da tensão transitória transferida (ver item 11.21 da ABNT NBR 5356-1);
- d) Medição das impedâncias de sequência zero em transformadores trifásicos (ver item 11.6 da ABNT NBR 5356-1);
- e) Ensaio de suportabilidade a curto-circuito (ver item 4.2 da ABNT NBR 5356-5);
- f) Determinação do nível de ruído audível (ver item 6 da ABNT NBR 7277);
- g) Medição de harmônicas da corrente de excitação (ver item 11.30 da ABNT NBR 5356-1);
- h) Medição da potência absorvida pelos motores das bombas de óleo e dos ventiladores (ver item 11.23 da ABNT NBR 5356-1);
- i) Medição do fator de dissipação da isolação (ver item 11.20 ABNT NBR 5356-1);

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 39 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- j) Análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo isolante (ver item 11.18 da ABNT NBR 5356-1);
- k) Vácuo interno (ver 11.9 da ABNT NBR 5356-1);
- l) Ensaio para verificação do esquema de pintura das partes interna e externa do transformador (ver item 5 da ABNT NBR 11388);
- m) Nível de tensão de radiointerferência (ver item 11.19 ABNT NBR 5356-1);
- n) Medição da resposta em frequência e impedância terminal (ver item 11.25 da ABNT NBR 5356-1);
- o) Ensaio do grau de polimerização do papel (ver item 11.27 da ABNT NBR 5356-1);
- p) Medição do ponto de orvalho (ver item 11.28 da ABNT NBR 5356-1);
- q) Levantamento da curva de magnetização e medição da reatância em núcleo em ar do enrolamento (ver item 11.29 da ABNT NBR 5356-1).

Para cada fornecimento a CONCESSIONÁRIA indicará quais ensaios especiais serão realizados.

Para os fabricantes que não são homologados pela CONCESSIONÁRIA todos os ensaios especiais deverão ser realizados na presença de um representante da CONCESSIONÁRIA ou de inspetores credenciados.

7.1.4 Ensaios do Óleo Isolante

O fabricante deverá realizar e apresentar a CONCESSIONÁRIA os ensaios do óleo isolante do tanque principal e do comutador, descritos a seguir:

- Ensaios físico-químico e cromatográficos (antes do enchimento do equipamento) para:
 - a) Aspecto visual;
 - b) Cor (ABNT NBR 14483);
 - c) Índice de neutralização (ABNT NBR 14248);
 - d) Rigidez dielétrica (ABNT NBR IEC 60156);
 - e) Tensão interfacial (ABNT NBR 6234);
 - f) Fator de perdas 90 °C (ABNT NBR 12133);
 - g) Teor de água (ABNT NBR 10710);
 - h) Densidade 20/20 °C (ABNT NBR 14065);
 - i) Ensaio cromatográfico hidrogênio (ABNT NBR 7070);
 - j) Ensaio cromatográfico oxigênio (ABNT NBR 7070);
 - k) Ensaio cromatográfico nitrogênio (ABNT NBR 7070);
 - l) Ensaio cromatográfico metano (ABNT NBR 7070);

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 40 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- m) Ensaio cromatográfico etano de Carbono (ABNT NBR 7070);
- n) Ensaio cromatográfico monóxido de Carbono (ABNT NBR 7070);
- o) Ensaio cromatográfico dióxido de Carbono (ABNT NBR 7070);
- p) Ensaio cromatográfico etileno (ABNT NBR 7070);
- q) Ensaio cromatográfico acetileno (ABNT NBR 7070);
- Ensaios físico-químico e cromatográfico (após o enchimento do equipamento) para:
 - a) Aspecto visual;
 - b) Cor (ABNT NBR 14483);
 - c) Índice de neutralização (ABNT NBR 14248);
 - d) Rigidez dielétrica (ABNT NBR IEC 60156);
 - e) Tensão Interfacial (ABNT NBR 6234);
 - f) Fator de Perdas 90 °C (ABNT NBR 12133);
 - g) Teor de água (ABNT NBR 10710);
 - h) Densidade 20/20 °C (ABNT NBR 14065);
 - i) Ensaio cromatográfico hidrogênio (ABNT NBR 7070);
 - j) Ensaio cromatográfico oxigênio (ABNT NBR 7070);
 - k) Ensaio cromatográfico nitrogênio (ABNT NBR 7070);
 - l) Ensaio cromatográfico metano (ABNT NBR 7070);
 - m) Ensaio cromatográfico etano de Carbono (ABNT NBR 7070);
 - n) Ensaio cromatográfico monóxido de Carbono (ABNT NBR 7070);
 - o) Ensaio cromatográfico dióxido de Carbono (ABNT NBR 7070);
 - p) Ensaio cromatográfico etileno (ABNT NBR 7070);
 - q) Ensaio cromatográfico acetileno (ABNT NBR 7070);
- Ensaios físico-químico e cromatográfico (após ensaios elétricos e elevação de temperatura) para:
 - a) Aspecto visual;
 - b) Cor (ABNT NBR 14483);
 - c) Índice de neutralização (ABNT NBR 14248);
 - d) Rigidez dielétrica (ABNT NBR IEC 60156);

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 41 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- e) Tensão interfacial (ABNT NBR 6234);
- f) Fator de perdas 90 °C (ABNT NBR 12133);
- g) Teor de água (ABNT NBR 10710);
- h) Densidade 20/20 °C (ABNT NBR 14065);
- i) Ensaio cromatográfico hidrogênio (ABNT NBR 7070);
- j) Ensaio cromatográfico oxigênio (ABNT NBR 7070);
- k) Ensaio cromatográfico nitrogênio (ABNT NBR 7070);
- l) Ensaio cromatográfico metano (ABNT NBR 7070);
- m) Ensaio cromatográfico etano de Carbono (ABNT NBR 7070);
- n) Ensaio cromatográfico monóxido de Carbono (ABNT NBR 7070);
- o) Ensaio cromatográfico dióxido de Carbono (ABNT NBR 7070);
- p) Ensaio cromatográfico etileno (ABNT NBR 7070);
- q) Ensaio cromatográfico acetileno (ABNT NBR 7070);
- r) Análise PCB (ABNT NBR 8371).

O fabricante deverá fornecer ao inspetor da CONCESSIONÁRIA uma amostra do óleo isolante coletado nos ensaios físico-químico e cromatográfico realizados após ensaios elétricos e elevação de temperatura.

Após montagem e ensaios finais, o valor da umidade relativa da superfície da isolação (URSI) do transformador não deverá exceder 0,5%.

7.1.5 Ensaios do Comutador de Derivações

Os ensaios de aceitação devem ser aplicados ao transformador e ao comutador em conjunto.

Os ensaios de precisão do equipamento de controle do comutador devem ser feitos em todos os transformadores da encomenda e atender o estabelecido no item 11.8 da ABNT NBR 5356-1. O transformador deve ser ensaiado na presença do inspetor. Caso os controles falhem em qualquer ensaio, o fabricante deve fazer, às suas expensas, as modificações necessárias.

7.1.6 Relatórios de Ensaios

O fabricante deve fornecer, após execução dos ensaios, os formulários devidamente preenchidos e assinados, com as seguintes informações:

- Data e local dos ensaios;
- Nome da CONCESSIONÁRIA, número e item do processo de aquisição;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 42 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Nome do fabricante e número de série do equipamento;
- Obra de destino;
- Número de série da CONCESSIONÁRIA.

a) Relatório do Ensaio de Elevação de Temperatura

Deve ser fornecido completo em regime ODAF, incluindo:

- Aumento de temperatura de cada enrolamento, medido pelo aumento de resistência, com os cálculos completos para as condições ODAF;
- A temperatura dos diversos pontos do transformador, medida por termômetros, bem como temperatura do óleo e temperatura do ambiente;
- Duração do ensaio;
- Ligações do ensaio, corrente, potência absorvida e frequência;
- Dados para calibração e aferição dos detectores de temperatura.

b) Relatório dos Ensaio de Impulso Atmosférico

Deve ser incluído:

- Detalhes de cada impulso aplicado ao transformador;
- Cópias fotográficas ou impressas dos oscilogramas de todas as ondas de tensão e de corrente dos ensaios realizados;
- Declaração de pessoa responsável do fabricante, indicando que o transformador suportou os ensaios sem danos.

7.2 Isoladores

7.2.1 Ensaio de Rotina

- a) Ensaio de tensão suportável de frequência industrial, a seco;
- b) Ensaio de perdas dielétricas e capacitância.

7.3 Para-raios

7.3.1 Ensaio de Tipo

- a) Ensaio de tensão suportável no invólucro sem a parte interna ativa;
- b) Ensaio de tensão residual:
- Ensaio de tensão residual para impulso de corrente onda de 8/20µs;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 43 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Ensaio de tensão residual para impulso de corrente íngreme;
- Ensaio de tensão residual para impulso de corrente de manobra;
- c) Ensaio do ciclo de operação:
 - Ensaio do ciclo de operação para impulso de corrente elevada;
 - Ensaio do ciclo de operação sob impulso de manobra;
- d) Ensaio de suportabilidade a correntes de falta;
- e) Levantamento da característica “tensão a frequência fundamental x tempo”;
- f) Ensaio de poluição artificial;
- g) Ensaio de medição de descargas parciais;
- h) Ensaio de estanqueidade;
- i) Ensaio de distribuição de corrente, para para-raios de multi-colunas;
- j) Ensaio de medição de tensão de referência;
- k) Ensaio de envelhecimento do invólucro polimérico sob condições de intempéries.

7.3.2 Ensaios de Rotina

- a) Ensaio de medição de tensão de referência;
- b) Ensaio de medição de tensão residual para impulso atmosférico, sob corrente de descarga nominal; (é dispensável, caso já tenha sido realizado individualmente, nos blocos de resistores não lineares de óxidos metálicos);
 - Ensaio de medição de descargas parciais;
 - Ensaio de medição da corrente de fuga total na tensão de operação contínua;
 - Ensaio de distribuição de corrente, para para-raios multi-colunas;
 - Ensaio de estanqueidade.

7.3.3 Ensaios de Recebimento

- a) Inspeção visual e dimensional;
- b) Ensaio de medição de tensão residual para impulso atmosférico à corrente de descarga nominal;
- c) Ensaio de medição de tensão de referência;
- d) Ensaio de medição da corrente de fuga total na MCOV;
- e) Ensaio de medição da componente resistiva da corrente de fuga total na MCOV;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 44 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- f) Ensaio de medição das descargas parciais;
- g) Ensaio de estanqueidade;
- h) Verificação da espessura da camada de zinco, conforme ABNT NBR 7399;
- i) Verificação da espessura da camada de estanho, conforme ASTM B545.

7.4 Semirreboque

O semirreboque e todo o conjunto de equipamentos montados no mesmo deverão ser submetidos aos ensaios abaixo discriminados para verificação do perfeito funcionamento das seguintes partes:

- a) Sistema de comando hidráulico;
- b) Conjunto motobombas;
- c) Válvulas, manômetros e registros;
- d) Sistema de rebaixamento e levantamento do semirreboque;
- e) Suportes de apoio;
- f) Eixos direcionáveis;
- g) Instalação elétrica e sinalização do semirreboque;
- h) Suspensão;
- i) Verificação de acabamento e pintura;
- j) Ensaio nas superfícies galvanizadas;
- k) Ensaio operacionais do transformador móvel;
- l) Verificação dos pesos distribuídos nos eixos;
- m) Ensaio de aceleração e frenagem (realizado após montagem de todos os equipamentos sob o semirreboque, equipamento pronto para entrega).

O ensaio de aceleração e frenagem tem como objetivo certificar a integridade mecânica do transformador móvel durante seu deslocamento por vias pavimentadas e estradas de terra.

Neste ensaio, o transformador móvel deverá ser acelerado a partir do repouso até as velocidades de 40, 50 e 60 km/h, em vias com asfalto e 20, 30 e 40 km/h em vias sem asfalto (estradas de terra), e, posteriormente, frenada até sua completa imobilização, num total de sete repetições distintas (uma para cada velocidade especificada) enquanto se registram simultaneamente os dados provenientes de 12 (doze) sensores, sendo 06 (seis) para medição das acelerações dinâmicas e 06 (seis) para medição das deformações específicas, instalados nos pontos mais críticos do equipamento.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 45 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Antes da execução do ensaio, os representantes do fabricante e os responsáveis pelo ensaio, deverão apresentar ao inspetor representante da CONCESSIONÁRIA, os seguintes itens:

- a) Localização dos pontos de medição;
- b) Esforços de escoamento;
- c) Limites de aceleração (G);
- d) Vias a serem percorridas.

7.5 Falha nos Ensaios

Em caso de falhas nos ensaios, o fabricante deverá fornecer antes da repetição dos ensaios um relatório detalhado dos defeitos encontrados e como foram corrigidos, até 7 (sete) dias antes da realização de novos ensaios.

A repetição dos ensaios, bem como todas as despesas com a reinspeção será por conta exclusiva do fabricante.

7.6 Comissionamento

Será realizado em fábrica, com acompanhamento de pessoa designada pela CONCESSIONÁRIA.

7.6.1 Comissionamento em Fábrica

Deverão ser realizados, com equipe designada pelo Fornecedor e com acompanhamento presencial de pessoa designada pela CONCESSIONÁRIA, todos os procedimentos referentes ao comissionamento conforme o plano de ensaios de comissionamento a ser realizado em fábrica, que deve ser baseado, no mínimo, conforme Anexo IV deste documento.

Na realização dos ensaios individuais dos equipamentos deverão ser realizados os ajustes, alinhamentos e reapertos necessários.

Após a realização de todos os testes, deverá ser feita uma inspeção da pintura de toda a subestação e em seguida a restauração de eventuais pontos danificados.

Deverá estar incluído no preço total da proposta o comissionamento em fábrica, conforme plano aprovado.

7.6.2 Atividades Complementares

- a) Inspeção de todos os equipamentos e partes que integram o transformador móvel, verificando as condições externas, acessórios e componentes quanto a deformação, vazamentos e estado da pintura;
- b) Inspeção das caixas de ferramentas e itens avulsos no semirreboque, conforme lista de embarque, que deverá acompanhar o transporte, verificando as condições gerais dos acessórios e componentes;
- c) Conferência dos componentes e acessórios via romaneio.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 46 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

7.6.3 Emissão dos Relatórios de Comissionamento em Fábrica

O fabricante deverá apresentar ao final das etapas e em um prazo máximo de 15 dias, o relatório final das atividades realizadas, devendo minimamente constar:

- a) Laudos de análise de óleo isolante após os ensaios elétricos;
- b) Relatório de todos os ensaios e verificações realizadas;
- c) Lista de não conformidades a serem corrigidas durante os ensaios em campo.

7.7 Entrega Técnica no Destino

As etapas de inspeção visual deverão minimamente compreender:

- a) Nivelamento do transformador móvel em local a ser definido pela CONCESSIONÁRIA;
- b) Verificação física de todos os equipamentos elétricos existentes sob o semirreboque, painéis de serviços auxiliares, painéis de proteção e controle, banco de bateria e retificador;
- c) Verificação física do sistema de aterramento e aterramentos de cada equipamento, painéis e componentes;
- d) Verificação física do sistema de travamento para transporte;
- e) Inspeção em todo o semirreboque, parte hidráulica, ausência de componentes, eixos, pneus e acabamento de pintura de todo o conjunto;
- f) Verificação física do cabo e carretel de aterramento. O cabo deverá ser desenrolado do carretel para verificação;
- g) Verificação física dos cabos e carretéis de MT. Os cabos deverão ser desenrolados dos carretéis para verificação;
- h) Verificação física dos cabos e carretéis de alimentação auxiliar. Os cabos deverão ser desenrolados dos carretéis para verificação;
- i) Verificação física do carretel de fibra;
- j) Verificação física dos cabos aéreos;
- k) Verificação do registrador de impacto e tacógrafos;
- l) Verificação das Maletas de ferramentas.

O fabricante deverá verificar, por meio de um checklist das inspeções visuais, no qual devem constar os itens conformes e não conformes, as observações relevantes e caso seja necessário, um plano de ação para as correções a serem realizadas. Os prazos das correções e reparos de problemas gerados durante o transporte devem ser conforme abaixo:

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 47 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Prazo de 60 dias, para casos não restritivos;
- Prazo de 20 dias, para casos restritivos.

7.8 Comissionamento no Destino

Deverão ser realizados, com equipe designada pelo Fornecedor e com acompanhamento presencial de pessoa designada pela CONCESSIONÁRIA, todos os procedimentos referentes as inspeções visuais, nivelamento do transformador móvel, comissionamentos eletromecânicos e de automação, conforme o plano de ensaios de comissionamento a serem realizados em campo, que deve ser baseado no mínimo conforme Anexo V, deste documento.

Todos os ensaios deverão ser realizados, mesmo que estes tenham sido feitos em fábrica.

Após a realização de todos os testes, deverá ser feita uma inspeção da pintura de todo o equipamento e em seguida a restauração de eventuais pontos danificados.

O Grupo Equatorial deverá disponibilizar supervisores para acompanhar todo o processo de comissionamento do transformador móvel em campo.

Deverá ocorrer o treinamento prático das equipes da CONCESSIONÁRIA, responsáveis pela operação e manutenção do transformador móvel.

Nota 4: Deverá estar incluído no preço total da proposta o comissionamento em campo, conforme plano aprovado.

7.8.1 Atividades Complementares

- Inspeção de todos os equipamentos e partes que integram o transformador móvel, verificando as condições externas, acessórios e componentes quanto a deformação, vazamentos e estado da pintura;
- Inspeção das caixas de ferramentas e itens avulsos no semirreboque, conforme lista de embarque, que deverá acompanhar o transporte, verificando as condições gerais dos acessórios e componentes;
- Conferência dos componentes e acessórios via romaneio.

7.8.2 Emissão dos Relatórios de Comissionamento em Campo

O fabricante deverá apresentar ao final das etapas e em um prazo máximo de 15 dias, o relatório final das atividades realizadas, devendo minimamente constar:

- Relatório de análise do registrador de impacto;
- Laudos de análise de óleo isolante após os ensaios elétricos;
- Relatório de todos os ensaios e verificações realizadas;
- Relatório de não conformidades corrigidas durante o comissionamento em campo;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 48 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

e) Diagnóstico e parecer quanto à energização.

8 CÓDIGOS PADRONIZADOS

Tabela 7 - Códigos e Descrições Padronizadas

Código SAP	Descrição Breve	Descrição Detalhada
102020022	TR-MOVEL 25MVA 138x69/34,5x13,8KV PDE	TRANSFORMADOR MÓVEL; TRIFÁSICO; COMPOSIÇÃO: SEMI-REBOQUE + TRANSFORMADOR DE POTENCIA + ACESSORIOS; USO: EXTERIOR; POTÊNCIA NOMINAL: 25 MVA; TENSÃO PRIMÁRIA NOMINAL 138x69 KV (AT 138 ± 8x1,725 KV EM DELTA RELIGAVEL 69 ± 6x1,725 KV EM DELTA); TENSÃO SECUNDÁRIA NOMINAL: 34,5x13,8 KV EM ESTRELA; FREQUÊNCIA: 60 HZ; LIGAÇÃO: TRIÂNGULO X ESTRELA COM NEUTRO ACESSÍVEL (GRUPO ABNT DYN1); IMPEDÂNCIAS DE CURTO-CIRCUITO MINIMAS: 10%; ISOLAÇÃO: ÓLEO MINERAL ISOLANTE; MÉTODO DE RESFRIAMENTO: ODAF; NORMAS /ESPECIFICACOES TECNICAS: ET.00318.EQTL; STATUS MATERIAL: MATERIAL PADRAO EQUATORIAL - PDE; SUBSTITUTO: NAO APLICAVEL – NA.
102010036	TR-MOVEL 25MVA 69x34,5/13,8KV PDE	TRANSFORMADOR MOVEL; TRIFASICO; COMPOSICAO: SEMI-REBOQUE + TRANSFORMADOR DE POTENCIA + ACESSORIOS; USO: EXTERIOR; POTENCIA NOMINAL: 25 MVA; TENSAO PRIMARIA NOMINAL 69x34,5 KV (AT 69 +/- 8x0,8625 KV EM DELTA RELIGAVEL 34,5 +/- 4x0,8625 KV EM DELTA); TENSAO SECUNDARIA NOMINAL: 13,8 KV EM ESTRELA; FREQUENCIA: 60 HZ; LIGACAO: TRIANGULO X ESTRELA COM NEUTRO ACESSIVEL (GRUPO ABNT DYN1); IMPEDANCIAS DE CURTO-CIRCUITO MINIMAS: 10%; ISOLACAO: OLEO MINERAL ISOLANTE; METODO DE RESFRIAMENTO: ODAF; DESENHO E DEMAIS CARACTERISTICAS CONFORME REVISAO VIGENTE: ET.318.EQTL. STATUS MATERIAL: MATERIAL PADRAO EQUATORIAL - PDE; SUBSTITUTO: NAO APLICAVEL – NA.

GRUPO equatorial	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 49 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

9 DESENHOS

Desenho 1 – Transformador Móvel



Nota 5: Figura meramente ilustrativa.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 50 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

10 ANEXOS

Anexo I – Folhas de Dados e Características Garantidas

ANEXO I - FOLHA DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS			
ET.00318.EQTL - Transformador Móvel			
Revisão 01 - 2026			
DISTRIBUIDORA			
FORNECEDOR			
PEDIDO DE COMPRA			
CÓDIGO FORNECEDOR			
CÓDIGO			
DESCRIÇÃO BREVE			
QUANTIDADE			
NORMAS		ABNT NBR 5356	
ET CONCESSIONÁRIA		ET.00318.EQTL - Transformador Móvel	
1 - TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA			
ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	GARANTIDO
1.1	Enrolamento de alta tensão (H)		
1.1.1	Potência Nominal com resfriamento ODAF	MVA	
1.1.2	Frequência Nominal	Hz	
1.1.3	Tensão Nominal	kV	
1.1.4	Tensão máxima do equipamento	kV	
1.1.5	Faixa de derivações de plena potência para comutação sem tensão	%	
1.1.6	Tensões suportáveis dos terminais de linha:		
1.1.6.1	de impulso, onda plena (valor de crista)	kV	
1.1.6.2	de impulso, onda cortada (valor de crista)	kV	
1.1.6.3	a frequência industrial (valor eficaz)	kV	
1.1.7	Capacidade de suportar curtos-circuitos externos:		
1.1.7.1	corrente simétrica de curto-circuito	kA	
1.1.7.2	duração	s	
1.2	Enrolamento de baixa tensão (X)		
1.2.1	Potência Nominal com resfriamento ODAF	MVA	
1.2.2	Frequência Nominal	Hz	
1.2.3	Tensão Nominal	kV	
1.2.4	Tensão máxima do equipamento	kV	
1.2.5	Tensões suportáveis dos terminais de linha:		
1.2.5.1	de impulso, onda plena (valor de crista)	kV	
1.2.5.2	de impulso, onda cortada (valor de crista)	kV	
1.2.5.3	a frequência industrial (valor eficaz)	kV	
1.2.6	Capacidade de suportar curto-circuito externos:		
1.2.6.1	corrente simétrica de curto-circuito	kA	
1.2.6.2	duração	s	
1.2.7	Nível de isolamento do terminal de neutro	kV	
1.2.8	Tensões suportáveis do terminal de neutro:		
1.2.8.1	de impulso, onda plena (valor de crista)	kV	
1.2.8.2	a frequência industrial (valor eficaz)	kV	

Nota 6: Folha de Dados e Características Garantidas disponível no site da CONCESSIONÁRIA em arquivo junto a norma.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 51 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Anexo II – Lista de Sobressalentes

 ANEXO II - LISTA DE SOBRESSALENTES ET.00318.EQTL - Transformador Móvel Revisão 01 - 2026			
CLIENTE			
PROPONENTE			
Nº DA PROPOSTA			
CÓDIGO			
DESCRIÇÃO BREVE			
QUANTIDADE			
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANTIDADE
1	10% do volume de óleo isolante do transformador de potência em toneis de 200 litros	PÇ	1
2	Bucha dos terminais primários, iguais ao do transformador de potência	PÇ	1
3	Bucha dos secundários primários, iguais ao do transformador de potência	PÇ	1
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Nota 7: Lista de Sobressalentes disponível no site da CONCESSIONÁRIA em arquivo junto a norma.

GRUPO equatorial	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 52 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Anexo III – Quadro de Desvios Técnicos e Exceções

GRUPO equatorial	ANEXO III - DECLARAÇÃO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES ET.00318.EQTL - Transformador Móvel Revisão 01 - 2026	
CLIENTE		
PROPONENTE		
Nº DA PROPOSTA		
CÓDIGO		
DESCRIÇÃO BREVE		
ITEM	DESCRIÇÃO DOS DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Nota 8: Quadro de desvios técnicos e exceções disponível no site da CONCESSIONÁRIA em arquivo junto a norma.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 53 de 56
		Título: Transformador Móvel	ET.00318.EQTL
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Anexo IV – Plano de Inspeção e Testes – PIT - Comissionamento em Fábrica

GRUPO equatorial ANEXO IV - PLANO DE INSPEÇÃO E TESTES - PIT - COMISSIONAMENTO EM FABRICA ET.00318.EQTL - Transformador Móvel Revisão 01 - 2026										
Fabricante:				Nº Pedido:						
Modelo:				Código Equatorial:						
Nº Série:				Quantidade:						
ITEM	DESCRIÇÃO DO ENSAIO	INSTRUÇÃO E PROCEDIMENTOS	PERCENTUAL DE AMOSTRA	Tipo da Inspeção *			LOCAL / DATA	QUANTIDADE INSPECIONADA	QUANTIDADE APROVADA	OBSERVAÇÃO DOS ENSAIOS
				1	2	3				
1	CABOS INTERLIGAÇÃO									
1.1	Inspeção Visual									
1.1.1	Verificação da continuidade ponto a ponto	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
1.1.2	Conferencia da identificação (TAG) dos cabos	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
1.1.3	Conferência do anilhamento de todas as veias dos cabos	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
1.2	Ensaio Elétricos									
1.2.1	Medição da resistência de isolamento dos cabos	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2	PAINÉIS									
2.1	Inspeção Visual									
2.1.1	Verificação da pintura, galvanização e ausência de oxidações	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.1.2	Verificação do aperto geral dos componentes dos painéis	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.1.3	Verificação da arrumação dos cabos e canaletas	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.1.4	Verificação dos prensa-cabos e da caixa de tomadas	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.1.5	Verificação da fixação das antenas	Conforme ABNT NBR 5410	100%							

Nota 9: Plano de comissionamento em fábrica disponível no site da CONCESSIONÁRIA em arquivo junto a norma.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 54 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Anexo V – Plano de Inspeção e Testes – PIT - Comissionamento no Destino

 ANEXO V - PLANO DE INSPEÇÃO E TESTES - PIT - COMISSIONAMENTO NO DESTINO ET.00318.EQTL - Transformador Móvel Revisão 01 - 2026										
Fabricante:							Nº Pedido:			
Modelo:							Código Equatorial:			
Nº Série:							Quantidade:			
ITEM	DESCRIÇÃO DO ENSAIO	INSTRUÇÃO E PROCEDIMENTOS	PERCENTUAL DE AMOSTRA	Tipo da Inspeção *			LOCAL / DATA	QUANTIDADE INSPECIONADA	QUANTIDADE APROVADA	OBSERVAÇÃO DOS ENSAIOS
				1	2	3				
1	CABOS INTERLIGAÇÃO									
1.1	Inspeção Visual									
1.1.1	Verificação da continuidade ponto a ponto	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
1.1.2	Conferência da identificação (TAG) dos cabos	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
1.1.3	Conferência do anilhamento de todas as veias dos cabos	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
1.2	Ensaio Elétricos									
1.2.1	Medição da resistência de isolamento dos cabos	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2	PAINÉIS									
2.1	Inspeção Visual									
2.1.1	Verificação da pintura, galvanização e ausência de oxidações	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.1.2	Verificação do aperto geral dos componentes dos painéis	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.1.3	Verificação da arrumação dos cabos e canaletas	Conforme ABNT NBR 5410	100%							

Nota 10: Plano de comissionamento no destino disponível no site da CONCESSIONÁRIA em arquivo junto a norma.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 28/08/2026	Página: 55 de 56
Título: Transformador Móvel		ET.00318.EQTL	Revisão: 01
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

11 CONTROLE DE REVISÕES

REV	DATA (Elaboração /Revisão)	ITEM	DESCRIÇÃO DA MODIFICAÇÃO	RESPONSÁVEL
00	01/12/2020	Todos	Emissão Inicial	Márcio de Oliveira Mendes
01	27/08/2026	Todos	Revisão Geral	Márcio de Oliveira Mendes

12 APROVAÇÃO

ELABORADOR (ES)

Márcio de Oliveira Mendes – Gerência Corporativa de Normas e Qualidade

COLABORADOR (ES)

Jeferson Ricardo Martins Pinheiro - Gerência Corporativa de Manutenção AT

Francerdey Marlos Menezes Pinheiro - Gerência Corporativa de Manutenção AT

Alessandro do Rego Guimaraes - Gerência Corporativa de Manutenção AT

Karlyson Caio Bottentuit Gomes - Gerência Corporativa de Automação

Edar Augusto Melo Rickes Júnior - Gerência Corporativa de Automação

REVISOR (ES)

Fabrcio Luis Silva - Gerência Corporativa de Normas e Qualidade

APROVADOR (ES)

Jorge Alberto Oliveira Tavares – Gerência Corporativa de Normas e Qualidade

TRANSFORMADOR MÓVEL

GRUPO
equatorial

