

SUBESTAÇÃO MÓVEL 40 MVA

Especificação Técnica – ET.00324

Revisão 00 - 2026

FINALIDADE

Esta Especificação Técnica tem por finalidade estabelecer os requisitos básicos para o projeto, fabricação, ensaios, transporte e entrada em operação de uma Subestação Móvel de 40 MVA, montada sobre semirreboque, de modo a constituir uma unidade integrada. Também contempla as demais condições exigidas pelas empresas do Grupo Equatorial, doravante denominadas simplesmente CONCESSIONÁRIA.



SUMÁRIO

1. CAMPO DE APLICAÇÃO	6
2. RESPONSABILIDADES	6
3. DEFINIÇÕES	6
4. REFERÊNCIAS	7
5. CONDIÇÕES GERAIS	11
5.1 Generalidades	11
5.2 Desenho do Material.....	12
5.3 Códigos Padronizados.....	12
5.4 Identificação	12
5.5 Embalagem.....	12
5.6 Transporte	13
5.7 Condições do Local de Operação.....	13
5.8 Cronograma de Fabricação	14
5.9 Modificações Durante a Fabricação	14
5.10 Garantia	14
5.11 Aceitação e Recebimento Definitivo.....	15
5.12 Apresentação da Proposta Técnica e Documentos Exigidos	15
5.13 Treinamentos	19
6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS	20
6.1 Generalidades	20
6.2 Semirreboque.....	20
6.3 Secionadoras	25
6.4 Módulo Híbrido	26
6.5 Para-raios	34
6.6 Transformador de Potência.....	35
6.7 Transformadores de Corrente.....	53
6.8 Transformadores de Potencial	53
6.9 Transformador de Serviços Auxiliares	53
6.10 Cabos de Média Tensão.....	54

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 4 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.11 Sistema de Corrente Contínua	54
6.12 Proteções Anti-fauna.....	56
6.13 Características Gerais dos Painéis.....	56
6.14 Cabos e Fiação	57
6.15 Bornes de Conexão	59
6.16 Serviços Auxiliares.....	60
6.17 Dispositivos de Comunicação	61
6.18 Arquitetura de Comunicação	63
6.19 Proteção	63
6.20 Medição	72
6.21 Chave de Desbloqueio do Relé 86 (69d)	73
6.22 Bloco de Testes	73
6.23 Relés Auxiliares	73
6.24 Chave de Comando	74
6.25 Chaves Comutadoras.....	74
6.26 Instrumentos Indicadores.....	74
6.27 Sistema Supervisório	74
6.28 Cabos de Interligação	75
6.29 Procedimento de Pintura	76
7. INSPEÇÕES E ENSAIOS	79
7.1 Transformador de Potência.....	79
7.2 Isoladores	86
7.3 Transformadores de Corrente.....	86
7.4 Módulo Híbrido	86
7.5 Para-raios	88
7.6 Transformador de Potencial	90

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 5 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

7.7	Painel Geral	91
7.8	Retificador/Carregador	91
7.9	Semirreboque.....	92
7.10	Falha nos Ensaios	93
7.11	Comissionamento.....	93
7.12	Entrega Técnica no Destino	94
7.13	Comissionamento no Destino	95
8.	DESENHOS.....	97
9.	CÓDIGOS PADRONIZADOS	99
10.	ANEXOS.....	100
11.	CONTROLE DE REVISÕES	105
12.	APROVAÇÃO	105

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 6 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
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 das Subestações Móveis

As subestações móveis são utilizadas como solução temporária de fornecimento de energia, em situações de manutenções emergenciais programadas, nas subestações das áreas de concessão do Grupo Equatorial.

2. RESPONSABILIDADES

2.1 Gerência Corporativa de Normas e Qualidade

- Estabelecer as normas e padrões técnicos para o fornecimento das subestações móveis;
- Validar tecnicamente as propostas de materiais/equipamentos, 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 alternadas em outro sistema de tensão e corrente, de valores geralmente diferentes, mas à mesma frequência, com o objetivo de transmitir potência elétrica.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 7 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

3.2 Transformador de Corrente

É um transformador para instrumento cujo enrolamento primário é ligado em série em um circuito elétrico e cujo enrolamento secundário se destina a alimentar bobinas de corrente de instrumentos elétricos de medição, controle e proteção.

3.3 Enrolamentos

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

4. REFERÊNCIAS

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

4.1 Resoluções e Portarias Nacionais

Resolução ANP N° 900/2022 – Dispõe sobre as especificações dos óleos minerais isolantes tipo A e tipo B, de origem nacional ou importada, comercializados em território nacional.

4.2 Normas Nacionais de Segurança

ABNT NBR 16384:2020 – Segurança em eletricidade – Recomendações e orientações para trabalho seguro em serviços com eletricidade;

NR 10:2004 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, do Ministério do Trabalho e Emprego.

4.3 Normas Técnicas Nacionais

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 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 8 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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 – Transformador 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 7286:2022 – Cabos de potência com isolamento extrudada de borracha etilenopropileno (EPR, HEPR ou EPR 105) para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos de desempenho;

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;

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 9114:2010 – Condutores isolados flexíveis para ligações internas com isolamento de borracha etilenopropileno (EPR) para 130°C e tensões até 750 V – Especificação;

ABNT NBR 10021:2010 – Transformador de corrente de tensão máxima de 15 kV, 24,2 kV e 36,2 kV –

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 9 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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;

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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 10 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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 15751:2013 – Sistemas de aterramento de subestações – Requisitos;

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);

ABNT NBR IEC 61869-3:2021 – Transformadores para instrumento – Parte 3: Requisitos adicionais para transformadores de potencial indutivos;

ABNT NBR IEC 62271-1:2025 – Manobra e comando de alta tensão – Parte 1: Especificações comuns para equipamentos de manobra e comando em corrente alternada;

ABNT NBR IEC 62337:2020 – Comissionamento de sistemas elétricos, de instrumentação e de controle de processos industriais – Fases e marcos específicos.

4.4 Normas Técnicas internacionais

IEC 60076-7:2018 – Power transformers – Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers;

IEC 60146-1-1:2025 – Semiconductor converters – General requirements and line commutated converters – Part 1-1: specification of basic requirements;

IEC 60099-5:2018 – Surge arresters – Part 5: Selection and application recommendations;

IEC 62271-100:2024 – High voltage switchgear and controlgear – Alternating current circuit-breakers;

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.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 11 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

4.5 Normas e Especificações Técnicas do Grupo Equatorial

ET.00300.EQTL – Transformador de Potência à Óleo Mineral;

ET.00302.EQTL – Transformador de Corrente;

ET.00303.EQTL – Transformador de Potencial;

ET.00305.EQTL – Para-raios Tipo Estação;

ET.00312.EQTL – Sistema Compacto de Serviço Auxiliar.

5. CONDIÇÕES GERAIS

5.1 Generalidades

O semirreboque e todo o conjunto de equipamentos constituintes desta subestação móvel, incluindo a unidade motriz (cavalo mecânico), deverão obedecer aos regulamentos do Código Nacional de Trânsito aprovados pelo decreto número 62.127 de 16 de janeiro de 1968, alterado pelos decretos 82.925 de 21 de dezembro de 1978 e 98.933 de 07 de fevereiro de 1990 e Resolução nº 2.264/81 de 07 de dezembro de 1981, publicado no DOU de 02 de fevereiro de 1982.

As condições de tráfego e estacionamento da subestação móvel deverão seguir a legislação e normas brasileiras vigentes do Código de Trânsito Brasileiro – CTB e Resolução Nº 11, DNIT, de 25/10/2004 Normas de utilização de rodovias federais para transporte de cargas indivisíveis e excedentes em peso e/ou dimensões para o trânsito de veículos especiais;

Todo conjunto deverá suportar inclinações de até 20° durante o trânsito sem perigo de tombamento, bem como ser projetado e construído para operar em terreno com inclinação de até 5° em qualquer direção.

O conjunto deverá suportar e permitir uma velocidade de até 60 km/h em estradas pavimentadas e de 40 km/h em estradas não pavimentadas.

Os equipamentos, individualmente e em conjunto, devem suportar pelo menos as seguintes acelerações:

- Eixo x (longitudinal): 2g;
- Eixo y (transversal): 2g;
- Eixo z (vertical): 3g.

Nota 1: O Fornecedor deve indicar o tempo mínimo de duração dos impactos, conforme registrador de impactos a ser provido, de modo que se estabeleçam os critérios necessários para avaliar as condições de transporte.

Nota 2: O registrador de impactos deverá ser dotado de recurso para extração de registros sem necessidade de conexão física, usando tecnologia Bluetooth.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 12 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Os equipamentos deverão ser de uso externo, adequados para suportar choques e vibrações durante o transporte e deverão estar dispostos no semirreboque de acordo com o indicado na Tabela 1.

Tabela 1 – Disposição dos Equipamentos no Semirreboque

Níveis de Tensão	Posição das Conexões no Semirreboque
138 kV	Traseira
69 kV	Dianteira
34,5 kV e 13,8 kV	Dianteira

5.2 Desenho do Material

As subestações móveis devem estar em concordância com os Desenhos 1 e 2.

5.3 Códigos Padronizados

Os códigos padronizados das Subestações Móveis são apresentados na Tabela 14.

5.4 Identificação

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

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.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 13 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

5.6 Transporte

A CONCESSIONÁRIA indicará o local de entrega da subestação móvel, sendo de inteira responsabilidade do Fornecedor o transporte do referido equipamento. O Fornecedor deverá considerar a opção de transporte pelos modais terrestre e marítimo, ficando sob sua responsabilidade essa decisão, devendo esta ser justificada à CONCESSIONÁRIA na proposta técnica.

Segue condições e critérios para a entrega do equipamento:

- Completa e pronta para operação;
- Com os equipamentos devidamente travados e as partes de porcelana convenientemente protegidas, tornando a subestação apta a ser transportada em qualquer tipo de estrada;
- Com equipamentos isolados à Hexafluoreto de Enxofre (SF6), preparados para transporte, conforme recomendações dos respectivos fabricantes;
- Protegida contra obstáculos (ramos de árvores, fios aéreos etc.);
- Com registrador de impacto ligado e monitoramento ativo;
- Com acompanhamento presencial de um representante do Fornecedor, durante todo o trajeto percorrido;
- Além dos estepes previstos no projeto da subestação móvel, deverão acompanhar o transporte a quantidade correspondente a 20% dos pneus instalados no semirreboque, disponíveis como reserva para uso imediato. Em caso de emergência, estes pneus serão devolvidos ao Fornecedor, após a finalização do transporte.

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

A subestação móvel deve ser projetada para instalação nos seguintes ambientes, sem sofrer alterações de suas características nominais e as variações de temperatura estabelecidas na Tabela 2:

- 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;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 14 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

d) Clima propício à formação de fungos, portanto o fabricante deverá providenciar a tropicalização do equipamento.

Tabela 2 – Condições Ambientais de Operação

Condições do Local de Instalação	
Altitude em relação ao nível do mar	Até 1000 metros
Temperatura máxima anual instalação ao tempo	40 °C
Temperatura mínima anual (operação no Norte e Nordeste do país)	10 °C
Temperatura mínima anual (operação no Sul do país)	-5 °C
Temperatura média em 24 horas máxima instalação ao tempo	30 °C
Umidade relativa média anual	80 A 100%
Velocidade máxima do vento (h = 20m, tempo de integração 2s)	130 km/h

Considerar local de instalação com altitude inferior a 1.000 metros em relação ao nível do mar.

5.8 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 da subestação móvel.

5.9 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.

5.10 Garantia

A garantia mínima deve ser de 36 meses a partir do recebimento da subestação 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 da subestação móvel quando submetida 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, às suas custas, os ensaios julgados necessários pela CONCESSIONÁRIA para comprovar a perfeição dos reparos executados e o bom funcionamento da

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 15 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

subestação 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 efetuá-los 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 deficiência em algum componente da subestação móvel logo após a sua instalação, dentro do período de garantia, a CONCESSIONÁRIA terá o direito de utilizá-lo até que ele seja retirado para substituição ou recuperação.

Este procedimento não afetará os prazos e condições de garantia.

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

5.11 Aceitação e Recebimento Definitivo

A CONCESSIONÁRIA dará por aceito e definitivamente recebido todo o fornecimento, quando forem satisfeitos integralmente todos os itens desta Especificação, bem como as demais condições do Contrato ou Pedido de Fornecimento.

5.12 Apresentação da Proposta Técnica e Documentos Exigidos

5.12.1 Documentos que Acompanham a Proposta

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

- Descrição geral da subestação móvel ofertada;
- Características construtivas, mecânicas e elétricas de todos os componentes da subestação móvel, incluindo a unidade motriz (cavalo mecânico), ainda que este não venha a fazer parte do fornecimento;
- 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;
- O proponente deverá relacionar e indicar os custos unitários das peças sobressalentes e ferramentas especiais recomendadas para manutenção além dos itens estabelecidos no Anexo II.
- Esquema de pintura e tratamento anticorrosivo de todos os componentes da subestação móvel;
- Lista dos ensaios de recebimento;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 16 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Ensaios de tipo dos principais equipamentos (transformadores, disjuntores, chaves seccionadoras, módulo híbrido, retificador e painéis);
- Lista completa de equipamentos e materiais, com indicação das características, tipo, modelo e fabricante de todos os componentes incluídos no fornecimento;
- Catálogos de todos os equipamentos e componentes que integram a Subestação Móvel;
- Desenho preliminar (planta e vistas) da subestação móvel, com dimensões, pesos e disposição dos equipamentos;
- Lista de desvios da especificação técnica;
- Programa de treinamento para operação e manutenção da subestação móvel.

5.12.2 Informações Técnicas Requeridas com a Proposta

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

- Projeto básico da subestação móvel;
- 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 a análise técnica da oferta e devem ser apresentados independentemente dos mesmos constarem nos catálogos e/ou folhetos técnicos anexados a proposta;
- Declaração de Exceção às Especificações conforme o Anexo III desta especificação técnica;
- Informações sobre as condições para a realização dos ensaios de tipo referidos nesta norma, discriminando os ensaios que podem ser realizados em laboratórios do próprio Fabricante, relação dos laboratórios onde devem ser realizados os demais ensaios, bem como preços unitários para cada um dos ensaios;
- Prazos de garantia ofertados;
- Relatórios de ensaios de Tipo e orçamento do ensaio, caso seja necessário repetir;
- Outras informações, tais como catálogos, folhetos técnicos, relatórios de ensaios de tipo, lista de fornecimentos similares, etc., considerados relevantes pelo Proponente para o julgamento técnico de sua oferta.

5.12.3 Envio de Desenhos para Aprovação

O Fornecedor deverá submeter a aprovação da CONCESSIONÁRIA, no mínimo, os seguintes desenhos e documentos, até as datas limites indicadas:

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 17 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

5.12.3.1 Até 45 (Quarenta e Cinco) Dias Após a Ordem de Compra:

- Diagrama unifilar;
- Lista de equipamentos principais;
- Desenho da subestação móvel (equipamentos e semirreboque) contendo planta e vistas da disposição de todos os equipamentos e componentes, devidamente identificados, bem como a indicação de dimensões e pesos;
- Desenho dimensional em três vistas do transformador de potência, com indicação de todos os componentes e acessórios externos, dimensões principais, pesos máximos e limite de altura para levantamento da parte ativa do transformador completamente montado;
- Desenho de detalhe da caixa de inspeção de aterramento do núcleo, tanque e armaduras do transformador de potência;
- Desenhos dimensionais de todas as buchas do transformador de potência, com indicação das dimensões principais e pesos, incluindo cortes transversais e longitudinais;
- Desenhos dimensionais dos demais equipamentos, com indicação de dimensões principais, pesos, localização dos terminais e entradas de cabos de força e controle (quando aplicável).

5.12.3.2 Até 60 (Sessenta) Dias Após a Ordem de Compra

Até 60 (sessenta) dias após a Ordem de Compra deverá ser enviada a documentação técnica restante da subestação móvel e de cada um dos equipamentos que a compõe, compreendendo:

- Desenhos de placas esquemáticas e de identificação;
- Diagramas trifilares e funcionais dos dispositivos de comando, controle, proteção, medição e supervisão;
- Diagramas de fiação e de interligação dos dispositivos de comando, controle, proteção, medição e supervisão, incluindo as régua e blocos terminais;
- Catálogos e boletins dos dispositivos de comando, controle, proteção, medição e supervisão;
- Lista de cabos;
- Iluminação e tomadas;
- Detalhamento das estruturas e de montagem, incluindo fixação dos equipamentos e acessórios sobre o semirreboque, interligação dos equipamentos, aterramentos, eletrodutos etc.;
- Listas de materiais completas e codificadas.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 18 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Nota 3: Outros desenhos e documentos, que não os relacionados, poderão ser enviados pelo Fornecedor ou solicitados pela CONCESSIONÁRIA, a qualquer época.

Nota 4: Caso algum desenho ou documento solicitado pela CONCESSIONÁRIA, envolva dados confidenciais, o Fornecedor não será obrigado a fornecê-lo, porém a CONCESSIONÁRIA poderá consultá-los na fábrica, com a finalidade de acompanhar e controlar a fabricação.

5.12.4 Aprovação dos Desenhos

Após 20 dias dos desenhos recebidos pela CONCESSIONÁRIA, ela enviará resposta sobre a aprovação dos referidos desenhos e eventuais comentários e sugestões.

Nos casos em que os desenhos não tenham sido aprovados ou contenham aprovação com observações, o Fabricante terá o prazo máximo de 15 (quinze) dias para proceder as modificações indicadas.

Cada desenho alterado deve ser submetido novamente a aprovação da CONCESSIONÁRIA.

A aprovação dos desenhos pela CONCESSIONÁRIA não desobriga o Fabricante de sua plena responsabilidade com relação ao projeto integral do equipamento.

5.12.5 Desenhos e Documentos Definitivos

São considerados desenhos e documentos definitivos todos aqueles que receberam aprovação integral da CONCESSIONÁRIA e contenham todas as alterações necessárias até o recebimento da subestação móvel, bem como aqueles apresentados pelo Fabricante e que não necessitem de aprovação da CONCESSIONÁRIA.

Os arquivos dos desenhos deverão ser disponibilizados no formato dwg e pdf, sendo entregues a CONCESSIONÁRIA até 10 (dez) dias após liberação da subestação, juntamente com o Manual de Instruções.

O Manual de Instruções deverá conter, no mínimo, o seguinte:

- Documentação técnica completa em caráter certificado;
- Descrição funcional detalhada;
- Relatórios de ensaios e certificados de testes;
- Instruções para recebimento, manuseio e armazenagem;
- Instruções para montagem e desmontagem;
- Instruções para operação e manutenção;
- Fotografias a cores da subestação móvel, em quatro vistas laterais e uma superior;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 19 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Lista completa e descrição detalhada de todos os componentes, acessórios, ferramentas especiais e peças de reposição;
- Catálogos e boletins dos dispositivos de comando, controle, proteção, medição e supervisão.

5.13 Treinamentos

O Proponente deve cotar e apresentar juntamente com sua proposta, um programa de treinamento em três módulos (teórico, prático e orientações sobre o semirreboque) para técnicos da CONCESSIONÁRIA, contendo orientações sobre:

a) Treinamento teórico

- Carga horária mínima: 24 horas;
- Modalidade: Presencial;
- Público-alvo: Corpo técnico da distribuidora;
- Local: Na empresa onde o equipamento irá operar, em local específico a ser definido pela Equatorial.

b) Treinamento Prático

- Carga horária mínima: 40 horas;
- Modalidade: Presencial;
- Público-alvo: Corpo técnico da distribuidora;
- Local: Na empresa onde o equipamento irá operar, em local específico onde ocorrerá o comissionamento e a primeira energização.

c) Treinamento Semirreboque

- Carga horária mínima: 16 horas;
- Modalidade: Presencial;
- Público-alvo: Corpo técnico da distribuidora;
- Local: Na empresa onde o equipamento irá operar, em local específico onde ocorrerá o comissionamento e a primeira energização.

d) O conteúdo dos treinamentos deverá abranger, no mínimo, os itens abaixo:

- Descrição geral da subestação móvel;
- Operação da subestação móvel;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 20 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Operação do semirreboque;
- Transporte, mobilização e desmobilização;
- Comissionamento, instalação, energização;
- Ensaios em geral;
- Correção de falhas;
- Orientações para manutenção e preservação dos equipamentos.

Nota 5: O período de realização do treinamento deve ser formalizado com antecedência mínima de 30 (trinta) dias antes da entrega da subestação móvel.

Nota 6: Para os treinamentos concernentes à parte operacional dos módulos híbridos compactos de manobra e retificadores, exigir-se-á que sejam ministrados por especialistas comprovadamente conhecedores desses equipamentos, sempre em língua portuguesa.

Os custos com os treinamentos deverão estar inclusos na proposta de fornecimento.

6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS

6.1 Generalidades

Os parafusos, porcas, arruelas e demais ferragens, expostos ao ambiente externo, devem ser galvanizados de acordo com a ABNT NBR 6323.

Dobradiças e demais partes móveis, onde a galvanização ou a pintura pode descascar ou ser arranhada, devem ser fabricadas em aço inoxidável ou metal não ferroso, como latão ou bronze. Arruelas e pinos de dobradiças devem ser de aço inoxidável.

6.2 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 a subestação móvel, objeto desta especificação, atendendo as determinações do CONTRAN - Código Nacional de Trânsito e do DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

O projeto da subestação 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 deve suportar inclinação de até 20° sem perigo de tombamento.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 21 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.2.1 Estrutura

O chassi deve ser 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 da subestação 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.

6.2.2 Direção

Todos os eixos deverão ser direcionáveis, acionados automaticamente, de modo que o semirreboque acompanhe o mesmo percurso da unidade motriz (cavalo mecânico).

Além do acionamento automático, o sistema deverá ser dotado de comando manual de direção através de dispositivos instalados na parte traseira do semirreboque, permitindo manobras em lugares de difícil acesso.

Em operação automática por intermédio de cilindros de direção, na mesa de giro e no pescoço, transmitem os movimentos do cavalo mecânico para o semirreboque, e assim direcionam os eixos conforme o movimento do cavalo mecânico.

Em operação manual por atuação no comando hidráulico posicionado na traseira do semirreboque e energizado pelo grupo motor bomba auxiliar, com comando por controle remoto sem fio. Este sistema deverá possibilitar várias condições de direção, para manobras e posicionamento em locais estreitos e de difícil acesso.

6.2.3 Suspensão e Eixos

A suspensão deverá ser do tipo hidráulico com linhas de eixos direcionais, hidraulicamente 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.

A suspensão deverá ser do tipo compasso para redução de desgastes e manutenções. O sistema deverá permitir comando manual para manobras especiais. Os cilindros de suspensão deverão ser equipados com válvulas tipo paraquedas, que bloqueiam o fluxo de óleo caso haja rompimento de mangueiras.

6.2.4 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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 22 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

três corpos centrais (dois para suspensão e um para direção), reservatório de óleo, filtros com indicador de saturação e bateria.

6.2.5 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.

Calços de madeira em forma de cunha deverão ser fornecidos para colocação sob todas as rodas, para uso em paradas eventuais em rampas.

6.2.6 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 a subestação móvel for instalada 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 sendo permitidos 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.

Deverá ser fornecido junto com o equipamento calços para estabilização da SE móvel na mesma quantidade do número de sapatas.

6.2.7 Para-Lamas

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

6.2.8 Para-choques Traseiro

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

6.2.9 Pescoço

Deverá ser incorporado à plataforma, articulado hidráulicamente 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 a mesa de giro, com

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 23 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

bitola mínima de 15 mm, permitindo giro de 90°. Deverá possuir também pino rei de 2", como reserva sobressalente;

- 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 a 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).

6.2.10 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.

6.2.11 Proteção Contra Obstáculos e Cabos Aéreos

As partes mais altas da subestação 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.

6.2.12 Aterramento

Todas as partes metálicas e equipamentos da subestação 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 a conexão da malha de terra da subestação atendida pela subestação móvel.

Contempla o conjunto de aterramento, os seguintes itens:

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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 24 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.2.13 Plataforma de Acesso para os Painéis

Deverá ser prevista plataforma retrátil em alumínio com superfície antiderrapante, em toda a extensão dos painéis, com dimensões adequadas para a realização de trabalhos, com as portas dos painéis abertas. A estrutura deverá possuir interligação de aterramento com o semirreboque.

6.2.14 Iluminação Externa

Conjunto de refletores para uso externo, grau de proteção IPW-65, alimentação em 220 Vca, fixados na estrutura do semirreboque, de forma a permitir a inspeção visual dos principais equipamentos e/ou componentes da subestação móvel, sem a necessidade de remoção durante transporte.

Deverá ser previsto ainda, luminárias para uso externo, grau de proteção IPW-65, com lâmpadas na cor vermelha, alimentadas em 220 Vca, para indicação de “Unidade Móvel Energizada”.

6.2.15 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 da subestação móvel.

6.2.16 Acessórios e Ferramentas

A subestação móvel deverá possuir os seguintes acessórios e/ou ferramentas:

- Compartimentos com cadeado padrão, apropriados para armazenamento seguro dos equipamentos destacáveis durante o transporte, incluindo acessórios, ferramentas ou dispositivos especiais necessários para operação e manutenção. Todos os equipamentos, ferramentas específicas e peças destacáveis deverão receber identificação indelével;
- Conjunto de macacos hidráulicos (no mínimo 2) e jogo de ferramentas completo para troca de pneus e manutenção do semirreboque, que deverão ser acondicionados em compartimento com cadeado padrão em local de fácil acesso sobre o semirreboque;
- Estepes completos, duas unidades, armazenados em compartimento abrigado, com cadeado padrão.

6.2.17 Compartimento do Registrador de Impactos

Deverá ser previsto um compartimento para instalação do registrador de impacto, fixado em ponto de fácil acesso e local estratégico para monitoramento do transformador, provido de tampa com lacre e um perfeito sistema de vedação contra umidade, a fim de evitar danos ao dispositivo.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 25 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.2.18 Dimensões e Pesos

Caberá ao Fornecedor o enquadramento das dimensões e pesos da subestação móvel na legislação de trânsito vigente.

6.3 Seccionadoras

Deverão ser tripolares de abertura vertical, com ou sem lâmina de terra, comando motorizado e manual simultâneo nas três fases e caixa de contatos auxiliares 2NA + 2NF para as lâminas principais e, quando aplicável, para as lâminas de terra.

A subestação móvel deverá ser fornecida com chave seccionadora apenas no lado secundário, na parte dianteira (saída de linha).

Deverão possuir, no mínimo, as características técnicas indicadas na [Tabela 3](#).

Tabela 3 – Características Técnicas das Chaves Seccionadoras

Descrição	Seccionadora		
	15 kV	24,2 kV	36,2 kV
Tensão nominal (valor eficaz)	13,8 kV	24,2 kV	34,5 kV
Frequência nominal	60 Hz	60 Hz	60 Hz
Corrente suportável nominal de curta duração 1s (valor eficaz)	25 kA	25 kA	25 kA
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico, à terra e entre polos (valor de crista)	110 kV	150 kV	170 kV
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico, entre contatos abertos (valor de crista)	125 kV	165 kV	187 kV
Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto a seco e sob chuva, à terra e entre polos (valor eficaz)	34 kV	50 kV	70 kV
Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto a seco e sob chuva, entre contatos abertos (valor eficaz)	38 kV	55 kV	77 kV
Tensão suportável nominal a frequência industrial dos circuitos auxiliares, durante 1 minuto	2,0 kV	2,0 kV	2,0 kV
Limites de elevação de temperatura	ABNT NBR 6935		

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 26 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.4 Módulo Híbrido

Deverá ser previsto módulo híbrido, com meio de extinção a gás SF6, com estrutura compacta, tensão nominal do equipamento fornecido, composto por um disjuntor, uma seccionadora com lâmina de terra e três transformadores de corrente, cabine com mecanismo de comando e buchas poliméricas, fixas para transporte, que não ultrapasse as dimensões da carreta. Sistema de isolamento a gás SF6, provido em cada polo de monitor de pressão de gás.

Os itens e componentes não mencionados nesta especificação, mas usuais ou necessários para operação eficiente da subestação móvel, deverão estar inclusos no fornecimento.

A subestação móvel deverá ser fornecida com dois módulos híbridos, sendo o de 138 kV posicionado na parte posterior (traseira do semirreboque) e o de 69 kV ficando parte anterior (pescoço da carreta).

Deverá possuir, no mínimo, as características técnicas da [Tabela 4](#).

Tabela 4 – Características Técnicas dos Módulos Híbridos

Descrição	Módulo Híbrido	
	72,5 kV	145 kV
Tensão nominal (valor eficaz)	72,5 kV	145 kV
Frequência nominal	60 Hz	60 Hz
Capacidade de interrupção nominal em curto-circuito, componente alternada (valor eficaz).	40 kA	40 kA
Corrente suportável de curta duração (valor eficaz)	40 kA/3s	40 kA/3s
Duração nominal da corrente de curto-circuito	3 s	3 s
Sequência nominal de operações	O-0,3s-CO-3min-CO	O-0,3s-CO-3min-CO
Tempo de interrupção nominal	3 ciclos	3 ciclos
Capacidade de interrupção nominal de linha em vazio sem reacendimento (valor eficaz)	10 A	50 A
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico (valor de crista)	350 kV	650 kV
Tensão suportável nominal a frequência industrial durante 1 minuto, a seco e sob chuva (valor eficaz)	140 kV	275 kV

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 27 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Tensão suportável a frequência industrial dos circuitos auxiliares e de comando durante 1 min. (valor eficaz)	2 kV	2 kV
---	------	------

6.4.1 Aspectos Gerais

6.4.1.1 Transformadores de Corrente

Os transformadores de corrente deverão ser montados fora do encapsulamento de gás, na forma de transformadores toroidais, não sujeito a esforços dielétricos, serão usados para a função de proteção, deverão ser do tipo de anel, ajustados externamente à carcaça de suporte.

Deverão ter núcleos múltiplos com relações múltiplas, que serão intercambiáveis por meio de derivações no lado secundário. Os fios secundários serão levados para fora da caixa de terminais secundários. Todos os transformadores de corrente deverão ter blindagens eletromagnéticas eficientes contra transientes de alta frequência.

Os transformadores de corrente deverão atender os últimos padrões IEC e deverá haver a previsão apropriada para testes de injeção dos circuitos de transformador de corrente.

6.4.1.2 Contatos de Alta Tensão

Os contatos de arco do disjuntor a SF6 deverão ser do tipo tulipa ou similar em que a pressão de contato seja independente da regulagem de penetração da haste do contato móvel.

6.4.1.3 Corpos Isolantes

Os materiais isolantes empregados em componentes internos dos polos deverão ser não higroscópicos.

Os corpos isolantes deverão ser poliméricos, homogêneos, livre de cavidades e rachaduras e impermeáveis à umidade.

Os corpos isolantes devem suportar todos os esforços provocados por variações de temperatura, pressão, ventos, os esforços resultantes das condições de sobrecarga ou transitórias ou oriundas do deslocamento da subestação.

6.4.1.4 Terminais e Conectores

Os terminais de linha deverão ser constituídos de chapa única de cobre, tipo barra chata, estanhado/prateado ou liga de alumínio, com 8 (oito) furos de diâmetro de 14,3 mm, espaçados de 44,5 mm (furação NEMA).

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 28 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Os conectores de aterramento devem ser de cobre e adequados para os cabos de cobre de bitola de 70 a 120 mm².

Quando houver base única para os três polos, esta deverá ser fornecida com dois conectores de aterramento, em lados opostos 1 (um) em cada pé da estrutura suporte. No caso de bases independentes estas deverão possuir conectores de aterramentos individuais.

6.4.1.5 Gás Isolante

O módulo híbrido deverá ser transportado com pressão reduzida de gás SF₆, conforme orientação do fabricante, sendo fornecido um kit de enchimento com todos os recursos necessários para o restabelecimento da pressão adequada de operação do equipamento, após o semirreboque ser posicionado no local de operação.

A dispersão máxima do gás para a atmosfera não deve exceder 1% ao ano, por massa total do gás.

6.4.1.6 Sistema de Monitoramento de Gás

O módulo híbrido deverá ser fornecido com sistema de monitoramento contínuo de densidade/pressão do gás SF₆, para cada polo, constituído de supervisão por contatos e supervisão por mostrador (controle visual). Ambas as supervisões não deverão sofrer interferência da variação da temperatura (sistema de compensação de temperatura).

A supervisão por contatos deverá atuar nos níveis de alarme, abertura e bloqueio.

O disjuntor deverá ser provido de um sistema de válvulas que permitam amostragem, drenagem e reenchimento do gás. O sistema deverá permitir também a retirada do sistema de monitoramento sem a necessidade de retirada do gás dos polos do módulo híbrido.

6.4.1.7 Painel de Comando e Acionamento

Os mecanismos de comando e acionamento deverão ser instalados em painéis, juntamente com todos seus acessórios, incluindo circuitos e dispositivos de comando, aquecimento e iluminação interna e blocos terminais.

Os painéis deverão dispor de um fundo com tampa cega aparafusada de dimensões adequadas para instalação de eletrodutos, em quantidade necessária para a fiação de interligação externa, incluindo a reserva.

As portas deverão ser dotadas de visores que possibilitem a leitura de indicadores no interior do painel sem necessidade de abertura delas. As portas externas frontais, posteriores, bem como as internas, deverão ser confeccionadas com chapas dobradas nas extremidades.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 29 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

As portas externas deverão possuir guarnições de elastômero resistente às intempéries e a óleos minerais, assegurando perfeita vedação.

Todas as portas devem possuir um limitador para que permaneçam fixadas na posição aberta durante a atuação do operador.

As dobradiças deverão ser de aço inoxidável, convenientemente dimensionadas e soldadas na porta e na estrutura do painel. Deverão ser do tipo macho e fêmea e com limitação de curso, para prevenção de danos às mesmas. Deverão ser confeccionadas com chapa de aço inox, sem reforços, com acabamento semelhante ao restante do conjunto. Deverão ser aparafusadas em perfis internos. Quando houver porta interna, esta deverá atender os mesmos requisitos da porta externa, exceto para vedação.

As chapas metálicas usadas na fabricação dos painéis deverão ser de aço inox, perfeitamente planas, sem rebarbas e com espessura mínima de 1,98 mm.

As soldas deverão ser executadas pelos critérios estabelecidos pela American Welding Society. Todas as soldas autógenas deverão assegurar boa penetração e perfeita fusão com metal base, sem apresentar trincas, respingos e após executadas deverão ser esmerilhadas para um perfeito acabamento. Poderão ser aceitas soldas do tipo a ponto, desde que não envolvam compromissos estruturais.

As diversas partes metálicas deverão ser montadas com parafusos, porcas e arruelas de aço inoxidável, com exceção dos que ficarem expostos ao tempo, que serão em aço galvanizado. De grande importância será considerada a perfeição dos encaixes entre as diversas partes. A perfeita vedação dos painéis deverá ser garantida não somente pelo encaixe de diversas partes, mas também por elastômero macio à prova de intempéries.

Os painéis de comando e acionamento deverão atender no mínimo Grau de Proteção IP54.

6.4.1.8 Placa de Identificação

No painel geral de comando e em cada mecanismo de acionamento deverá ter uma placa de identificação em aço inoxidável com dizeres gravados na cor preta, em português, em baixo relevo.

O Fornecedor deverá gravar os dados nominais do equipamento abaixo exigidos nas referidas placas de identificação.

A placa de identificação do disjuntor deverá conter no mínimo as informações abaixo relacionadas:

- Tipo (modelo);
- Tipo de instalação;
- Norma e ano da edição;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 30 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Meio de extinção do arco elétrico;
- Pressão nominal do meio de extinção;
- Número de série;
- Ano de fabricação;
- Local de fabricação;
- Número do contrato de compra;
- Número do manual de instruções;
- Corrente nominal;
- Tensão nominal;
- Tensão suportável de impulso atmosférico;
- Frequência nominal;
- Tensão suportável à frequência industrial;
- Capacidade de interrupção simétrica;
- Capacidade de estabelecimento nominal em curto-circuito;
- Ciclo de operação;
- Tempo total de interrupção;
- Massa total do disjuntor, em kg;
- Massa por polo, em kg;
- Tempo de abertura e fechamento;
- Duração nominal da corrente de curto-circuito;
- Tensão nominal dos circuitos auxiliares;
- Fator de primeiro polo;
- Pressões/densidades nominais, alarme e bloqueio.

A placa de identificação do mecanismo de acionamento deverá conter no mínimo as informações abaixo relacionadas:

- Nome do fabricante;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 31 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Modelo e ano de fabricação;
- Número de série;
- Número do manual de instruções;
- Tensão nominal, máxima e mínima, para o circuito de comando;
- Tensão nominal, máxima e mínima de alimentação do motor;
- Tempo nominal, máximo e mínimo para armazenamento de energia, em serviço;
- Potência das bobinas de abertura e fechamento;
- Potência do motor;
- Corrente nominal e de partida do motor;
- Massa total do mecanismo de acionamento.

6.4.2 Mecanismo de Comando e Acionamento

6.4.2.1 Carregamento Manual da Mola do Módulo Híbrido

Deverá ser previsto carregamento manual da mola do disjuntor, preferencialmente, através de manivela adequada.

Deverá ser possível o carregamento manual da mola, até o final, com limitador para mola carregada, evitando que a mola seja tensionada além do ponto máximo.

Caso necessário, para tornar o carregamento mais leve deverá ser previsto manivela com catraca e eventualmente cabo mais longo.

O ponto de acoplamento da manivela deverá ser de fácil e rápido acesso, não sendo permitida a utilização de chapas com parafusos.

Deverá ser possível a visualização da situação da mola (carregada ou descarregada), do local em que o operador se posiciona para acoplamento da manivela destinada ao carregamento da mola, com dispositivo de sinalização que identifique o estado da mola.

O disjuntor deverá ter um dispositivo que impossibilite que o motor seja acionado durante a operação de carregamento manual da mola ou que o funcionamento do mesmo não provoque nenhum risco de acidente para o operador.

O disjuntor deverá ter dispositivos para evitar o fechamento do disjuntor antes da mola estar completamente carregada e o disjuntor estar completamente aberto.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 32 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.4.2.2 Circuito Mecânico de Comando

O circuito de abertura ou fechamento do disjuntor deve ser dotado de dispositivo para acionamento mecânico, independente do circuito elétrico de comando.

Este dispositivo deverá possuir uma proteção contra acionamento indevido.

6.4.2.3 Circuito Elétrico de Comando

Iniciada uma operação, após o comando inicial, ele se completará automaticamente, independente de manter-se ou não atuados os dispositivos de comando.

As bobinas de abertura e fechamento não deverão ser excitadas se estiver o disjuntor aberto ou fechado, respectivamente.

O circuito deverá ser previsto com sistema de antibombeamento elétrico.

O circuito deverá possibilitar o comando local e remoto através de uma chave seletora localizada no painel geral de comando.

O circuito deverá possibilitar a escolha, via bornes, de abertura ou não do disjuntor antes do bloqueio por baixa pressão de gás.

Todas as régua de bornes deverão possuir no mínimo 10% de bornes de reserva.

O comando local de abertura e fechamento deverá ser executado através de chaves de acionamento instaladas no painel geral de comando.

Os circuitos de fechamento, abertura 1 e abertura 2 deverão ser protegidos por disjuntores independentes instalados no painel geral de comando.

Cada um dos circuitos de comando, deverão ser supervisionados por relés de falta de tensão, com 2 contatos do tipo NF com fiação a bornes, disponíveis para sinalização remota.

As bobinas de fechamento, abertura 1 e abertura 2 deverão ser supervisionadas por relé supervisor de bobina instalado no disjuntor, com circuito independente dos contatos auxiliares, com saídas disponíveis para sinalização remota.

Todos os circuitos de comando comuns ao circuito de fechamento, abertura 1 e 2, tais como: supervisão de gás, discordância de polos, relé supervisor de bobinas, comando do motor etc., deverão ter a alimentação compartilhada primeiramente com o circuito de abertura 1 e, em caso de falha deste circuito, a alimentação dos mesmos deverá ser transferida automaticamente, via relé auxiliar, para o circuito de abertura 2.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 33 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Os circuitos de abertura por proteção deverão ser desprovidos de relés auxiliares devendo ela atuar diretamente sobre as bobinas de abertura 1 e 2.

Deverão ser previstas sinalizações de alarme de disjuntor na posição “LOCAL” e “MOLA DESCARREGADA”.

Os contadores do número de operações deverão contar por ciclo, ou seja, deverão contar somente o número de aberturas.

6.4.2.4 Painel de Circuito Elétrico Auxiliar

Deverá ser prevista iluminação interna por lâmpada LED de potência e iluminação adequadas comandadas por micro interruptor de fim de curso nas portas dos painéis.

Deverá ser previsto aquecimento interno através de dois resistores de potências adequadas para funcionarem um permanentemente ligado e o outro controlado por termostato.

Os circuitos de alimentação do motor, aquecimento e iluminação deverão ser protegidos individualmente por disjuntores termomagnéticos bipolares devidamente dimensionados.

Os circuitos de alimentação dos motores deverão ser supervisionados por relés de falta de tensão, com 2 contatos do tipo NF com fiação a bornes, disponíveis para sinalização remota.

6.4.2.5 Sinalização/Identificação

Cada polo do disjuntor deverá ser equipado com indicador mecânico de posição, claramente visível pela frente do equipamento.

As letras e cores do indicador deverão ser como segue:

- Ligado: Indicador de Posição “L” (verde);
- Desligado: Indicador de Posição “D” (vermelho).

Nas indicações de mola carregada e descarregada deverá vir escrito: “MOLA CARREGADA” e “MOLA DESCARREGADA”. O armário de comando do disjuntor deverá conter, no mínimo, as seguintes sinalizações com LED:

- Disjuntor ligado;
- Disjuntor desligado;
- Alarme de SF6.

As chaves de acionamento, quando do tipo botão de pressão, deverão ser nas seguintes cores:

- Fechamento: Vermelho;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 34 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Abertura: Verde.

As sinalizações deverão ser nas seguintes cores:

- Ligado: Vermelho;
- Desligado: Verde.

Deverão ser utilizados LEDs para iluminação dos sinaleiros.

6.5 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 70mm² (2/0AWG).

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

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
Corrente de descarga nominal (8/20ms, crista)	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 35 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Características dos Para-raios	Tensão Nominal (kV, ef)			
	12	30	60	120
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 (300ohms)	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

6.6 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 ou elevador e fabricado com isolamento Nomex que permite maior elevação de temperatura e

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 36 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

consequentemente redução nas dimensões e peso do equipamento, facilitando assim o enquadramento da subestação móvel na legislação de trânsito vigente.

A localização das buchas deverá ser definida pelo Fornecedor, visando o enquadramento das dimensões da subestação móvel na legislação de trânsito vigente. Todavia, deverá também ser levado em conta facilidades para eventuais manutenções.

O papel isolante deverá ser do tipo Nomex.

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;
- 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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 37 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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;
- 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;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 38 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 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;
- Termorresistências tipo sensores pt 100 (três unidades), com entradas autocalibradas sendo um para medição da temperatura ambiente e dois para temperatura do topo do óleo (preparados para medição redundante). Corpo em alumínio, com cabeçote roscado, ligação à 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 da subestação móvel. Provida 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 6 mm;
- 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;
- 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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 39 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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) Nível de isolamento dos enrolamentos

Tabela 7 – Níveis de Isolamento dos Enrolamentos

Código SAP	120110003
Potência nominal do autotransformador com resfriamento ODAF	40 MVA
Tensão máxima do autotransformador (valor eficaz)	145 / 72, kV
Tensão nominal do autotransformador (valor eficaz)	138 x 69 kV
Potência nominal do transformador com resfriamento ODAF	26,6 MVA
Tensão máxima do transformador (valor eficaz)	145 / 36,2 kV
Tensão nominal do transformador (valor eficaz)	138 / 34,5 x 13,8 kV ou 69 / 34,5 x 13,8 kV
Faixa de comutação em 138 kV	138 kV $\pm$ 10 x 1%
Faixa de comutação em 69 kV	69 kV $\pm$ 5 x 2%
Frequência nominal	60 Hz
Tensão suportável de impulso para o nível de tensão de 138 kV, onda plena/cortada (valor de crista)	550/605 kV
Tensão suportável de impulso para o nível de tensão de 69 kV, onda plena/cortada (valor de crista)	350/385 kV
Tensão suportável de impulso para o nível de tensão de 34,5 kV, onda plena/cortada (valor de crista)	170/190 kV
Tensão suportável de impulso para o nível de tensão de 13,8 kV, onda plena/cortada (valor de crista)	110/121 kV
Tensão suportável a frequência industrial para o nível de tensão de 138 kV (valor eficaz)	275 kV
Tensão suportável a frequência industrial para o nível de tensão de 69 kV (valor eficaz)	140 kV

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 40 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Tensão suportável a frequência industrial para o nível de tensão de 34,5 kV (valor eficaz)	70 kV
Tensão suportável a frequência industrial para o nível de tensão de 13,8 kV (valor eficaz)	34 kV

b) Níveis de isolamento de terminais

Os níveis de isolamento dos terminais são os indicados na Tabela 8.

Tabela 8 – 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
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 são 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 características dos terminais de linha.

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.

c) Impedâncias

Os valores mínimos de impedância de curto-circuito para tensões e potências nominais (Derivação principal) são indicados na Tabela 9.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 41 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Tabela 9 – Impedâncias

Tensões Nominais		Potência Base (MVA)	Impedância (%)
Primária (kV)	Secundárias (kV)		
138	69	40	11
	34,5	26,6	17
	13,8		20,4
69	34,5		12,6
	13,8		11

d) 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: 120°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 a isolação: 80°C.

e) 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 6 da ABNT NBR 5356-1.

f) 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.

g) Ligações e deslocamento angular

O transformador deverá ter seus enrolamentos de alta tensão e baixa tensão, considerando o deslocamento angular entre os enrolamentos, ligados em YNa0y0.

h) Condições de sobrecarga

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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 42 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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

6.6.1 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 presença de PCBs, 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 atender as características indicadas na Tabela 2 da ABNT NBR 10576, considerando as metodologias para análise indicadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Metodologias para as Análises do Óleo Mineral Isolante

Propriedade	Norma Aplicável
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)
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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 43 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Propriedade	Norma Aplicável
Ponto de fulgor e combustão	ABNT NBR 11341
Resistividade	ASTM D 1169
Teor de DBDS	ABNT NBR 16412
Teor de passivador	ABNT NBR 16270
Análise de gases dissolvidos (AGD)	ABNT NBR 7070 ABNT NBR 7274

Nota 7: 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 documento, atestando que o produto comercializado atende à especificação estabelecida.

6.6.2 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 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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 44 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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.

6.6.3 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 6 da ABNT 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 nominal 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 IP55.

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 1,5 mm, 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.

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.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 45 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.6.4 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, do tipo esfera, na entrada e saída das tubulações, providas de flanges para permitir sua retirada sem perda de óleo isolante. Sendo que estas válvulas devem ser 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 serão aceitas válvulas fabricadas em bronze.

Na saída das bombas deverão ser instaladas válvulas de retenção, com elementos internos, e corpo fabricados em aço inoxidável austenítico AISI 316, permitindo o fluxo correto do óleo, não permitindo circulação entre as bombas.

O dimensionamento das quantidades e potências das bombas, incluindo a(s) reserva(s), do sistema de refrigeração será por conta do Fornecedor.

Em caso de falha de uma das bombas titulares, o acionamento da bomba reserva deverá ocorrer de forma automática.

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.

6.6.5 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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 46 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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.

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.

6.6.6 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 mencionado nesta norma. 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 ao tanque principal devem ser feitas através do método de “climpagem hidráulica motorizada” ou “hidropneumática” com pressão mínima de 700 bar. As únicas exceções para utilização de solda são para as interconexões internas das espiras das bobinas e para a conexão do cabo primário e terminal primário da bucha, que podem ser feitas com solda a 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.

Todos os materiais em contato com o óleo isolante devem possuir composição química com ele compatível, conforme determinado na ABNT NBR 14274. É vedado o uso de qualquer material que possa ser agredido pelo óleo mineral.

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. O limite de elevação de temperatura do ponto mais quente dos enrolamentos deve ser de 115°C, temperatura essa a ser considerada como referência para a correção dos valores de perdas e impedância do equipamento.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 47 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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.

6.6.7 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 para cada bolsa de borracha.

6.6.8 Comutador de Derivações

6.6.8.1 Comutador de Derivações em Carga

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

- Chave seletora imersa em óleo;
- Chave comutadora imersa em óleo, com interrupção vácuo;
- 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;
- Dispositivo de controle automático;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 48 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

e) Dispositivos de proteção dos circuitos de controle.

A chave comutadora deve ser ligada às bobinas de regulação de maneira que quando operando como autotransformador a mudança de tensão ocorra apenas no enrolamento de 138 kV. Somente ocorrerá mudança das tensões de derivação em 69 kV quando estiver operando como transformador. Respeitando essa condição, a chave deverá ser posicionada no meio das bobinas.

Deve ser provida de reator ou resistor para redução da tensão do arco devido ao fechamento e a 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 exclusivo e 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.

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, deve ser fornecido, para análise e aprovação, os desenhos do circuito a ser utilizado e o local de colocação. 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, a 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 IP54 conforme norma ABNT NBR IEC 60529.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 49 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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 (1.000.000) 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;
- 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.

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".

6.6.8.2 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 útil 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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 50 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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:

- a) Monitoramento e controle do transformador através de relé;
- b) 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;
- c) O relé deverá possuir protocolo de comunicação DNP 3.0, para estabelecer comunicação com a unidade terminal remota, além de protocolo GOOSE IEC 61850, para permitir paralelismo da função de regulação com outros transformadores, e troca de informações entre outros relés da subestação móvel;
- d) 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;
- 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 da subestação móvel. Os cordões ópticos dos relés do painel de controle do transformador de potência 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 DNP 3.0;
- 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;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 51 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 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.

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 multimedidor 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;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 52 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 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.

6.6.9 Requisitos dos Comutadores sem Tensão (Primário e Secundário)

O transformador deve ser provido de comutador de derivação para operação manual com o transformador sem tensão, para propiciar a mudança de tensão entre 34,5 kV e 13,8 kV. O comutador deve ser de construção robusta e provido de mecanismo externo localizado fora do tanque, para operação manual. O comutador deve ser projetado, construído e com arranjo das conexões e cabos terminais (lides) de modo a evitar problemas elétricos sob condições transitórias.

O comutador deve ser provido de indicador de posição bem visível localizado de modo a permitir operação e inspeção.

Deve ser previsto um cadeado no comutador para evitar a mudança de derivação por pessoa não habilitada.

Todo o conjunto do mecanismo e chave comutadora sem tensão deve ser montado na parte superior do tanque principal de modo que se possa inspecionar e fazer manutenção no mesmo através de janela de inspeção exclusiva para este fim, sem que seja necessária a retirada do núcleo/bobina do interior do tanque.

A posição do comutador sem tensão deve ser monitorada através dos relés de supervisão da subestação móvel, através de contatos redundantes (duplo check). Exemplo: 0 e 1 para indicar a posição 1. 1 e 0 para indicar a posição 2.

6.6.10 Sistemas de Monitoramento Online

O transformador de potência deve ser provido de sistemas de monitoramento online que possibilitem o acompanhamento em tempo real, via sistema supervisório, das seguintes variáveis operativas:

- Tangente delta e capacitância das buchas condensivas;
- Integridade da bolsa ou membrana do conservador;
- Analisador de gases dissolvidos no óleo do transformador;
- Desgaste do comutador (monitoramento de torque do motor de comutação);
- Integridade do condutor de aterramento do neutro; e

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 53 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Temperatura ambiente (sensor PT100 instalado em abrigo meteorológico).

Esses sistemas devem ser integrados a um concentrador de sinais que possibilite o envio de suas condições em tempo real via sistema de SPCS da própria subestação móvel.

6.7 Transformadores de Corrente

O Fornecedor ficará responsável pelo dimensionamento das características físicas e elétricas dos transformadores de corrente, observando os critérios estabelecidos na ET.00300.EQTL.

6.8 Transformadores de Potencial

O transformador de potencial deverá ser do tipo indutivo para uso externo, instalado do lado secundário do transformador de potência, dotado de 01 enrolamento primário, podendo operar em todas as classes de tensão secundárias do transformador de potência. Tendo sua classe de exatidão de 0,3P25 e fator térmico nominal de 1,5.

6.9 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 da subestação móvel.

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

- 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 220/380Vca, para MA, PI, AL, AP e GO e tensão 127/220Vca, para PA e RS;
- Diagrama de ligação Dyn1;
- O Fornecedor deverá apresentar a CONCESSIONÁRIA o memorial de cálculo de dimensionamento do transformador de serviço auxiliar.

6.9.1 Sistema de Comutação de Tensão

O ajuste de tensão primária deve ocorrer por meio de comutador de tensões sem tensão, deve ser previsto na lateral do transformador, 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:

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 54 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 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 x I (nominal).

Nota 8: Fusíveis limitadores de corrente para proteção montados em base tripolar.

6.10 Cabos de Média Tensão

Os cabos de média tensão deveram possuir isolamento do tipo EPR, com camada semicondutora e condutores de cobre com encordoamento classe 6, sendo a bitola do cabo a ser dimensionada pelo Fornecedor e o memorial de cálculo apresentado para aprovação da CONCESSIONÁRIA.

6.11 Sistema de Corrente Contínua

Deverá ser composto de um retificador/carregador e um conjunto de baterias, destinando-se ao suprimento de tensão contínua para os serviços auxiliares da subestação móvel.

6.11.1 Retificador/Carregador

O carregador retificador deverá ser do tipo estático, chaveado, constituído de um transformador isolador de entrada, regulação manual e automática das tensões e correntes de saída.

O mesmo deve ser fornecido em uma cabine refrigerada, onde as baterias serão acondicionadas em um rack no mesmo painel.

O painel deve suportar as condições de instalação ao tempo, sendo que ele será submetido a chuva, calor intenso, locais próximos ao litoral com presença de nevoa salina e possuir grau de proteção IP54.

O retificador deverá ter regulação de tensão para o consumidor, estabilizada em 125Vcc. Deverá ser capaz de elevar a tensão, quando a bateria estiver com tensão abaixo do valor referido, bem como de rebaixar a tensão quando a tensão da bateria estiver acima do valor referido.

O retificador deverá ser trifásico, mas com capacidade de operar com apenas uma das fases (qualquer que seja ela) sem intervenção no retificador e sem queda do sistema de retificação ou das cargas.

O retificador deverá ser interligado ao switch de comunicação, através de cabo de fibra óptica, e deverá ter seus pontos de medições analógicas e pontos de alarmes mapeadas na unidade terminal remota, para que seja realizada integração com sistema supervisório.

6.11.1.1 Características Nominais

O retificador deve fornecer permanentemente corrente contínua às instalações, mantendo a bateria de acumuladores em regime de flutuação, possibilitando, também, a operação de carga da bateria. O

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 55 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

retificador deve prever ajuste para a tensão de flutuação, tensão de carga e corrente de saída. A transferência entre os regimes de flutuação para carga e vice-versa, deve ser manual e automática.

a) Tensão de Alimentação

- Tensão nominal: 380 Vca ou 220 Vca $\pm$ 10%;
- Frequência nominal: 60 Hz $\pm$ 5%;
- Número de fases: Trifásico.

b) Saída de 125 Vcc do Retificador

- Tensão nominal: 125 Vcc;
- Corrente nominal: 50 A;
- Regulação estática, para variações da carga de 0,1 In a 1,05 In: $\pm$ 1%;
- Faixa de ajuste de corrente contínua: 0,1 In a 1,05 In;
- Tensão máxima de ruído ("ripple"): 300 mV (RMS);
- Tensão de flutuação: 132 V (129-138 V);
- Tensão de equalização: 144 V (138 V a 150 V);
- Tensão de carga profunda: 166,6 V;
- Tensão final de descarga: 100 V;
- Função de limitação de corrente para bateria.

6.11.2 Baterias

Deverão ser do tipo estacionária, seladas, abrigadas em gabinete metálico, refrigerado (verificar possibilidade de utilização de células de Peltier), e adequado para instalação ao tempo em subestação móvel.

O conjunto de baterias será composto de 10 elementos de 12 Vcc cada, interligados em série, com capacidade de 150 Ah/10h.

As baterias devem ser instaladas sobre bandejas/barramentos fixados no painel de abrigo através de solda reforçada. A fixação das baterias deve ser complementada através de diversos barramentos rígidos presos ao painel de abrigo das baterias, realizando contatos na parte superior, e em todas as laterais das baterias, para evitar a sua movimentação.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 56 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.12 Proteções Anti-fauna

Todas as conexões dos equipamentos, inclusive as de neutro, nas classes de tensão de 15 a 36,2 kV, devem vir providas de protetores do tipo removíveis, adequados às suas respectivas classes de tensão, para isolar as conexões das terminações, com o objetivo de evitar fechamentos, curtos-circuitos acidentais causados por animais, entre fases e fase-terra.

O protetor deve ser não descartável, deve possuir uma passagem para o cabo e abertura lateral para evitar a desconexão do cabo na sua instalação ou desinstalação. Deve possuir distanciadores (do protetor à bucha) de forma a facilitar o escoamento de água e não permitir o acúmulo de água em seu interior.

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

6.13 Características Gerais dos Painéis

Os painéis de serviços auxiliares, sinalização e proteção, deverão abrigar os dispositivos de comando, controle, e medição da subestação.

Os painéis deverão ser para uso ao tempo, construído em chapas e perfis de aço com bitola mínima nº 12 USG, grau de proteção IP54, com portas providas de maçaneta e fechadura de segurança do tipo YALE, cobertura para proteção contra intempéries, ligeiramente inclinada para evitar acúmulo de água e ser dotado de iluminação interna, tomadas e resistências de aquecimento controladas por termostato.

Todos os equipamentos, acessórios e componentes dos painéis, deverão ser solidamente instalados, seguindo uma distribuição racional, em posição tal que permita fácil acesso para ligação e manutenção.

Os painéis deverão dispor de sistema de circulação de ar tal que as suas temperaturas internas sejam compatíveis com as elevações de temperaturas de todos os dispositivos: condutores elétricos, disjuntores termomagnéticos, disjuntores térmicos de sobrecarga e demais relés contidos nos mesmos.

As plaquetas de identificação dos componentes e dispositivos internos dos painéis, deverão ser confeccionadas em policarbonato ou acrílico transparente, com letras brancas em baixo relevo e pintura de fundo na cor preta, posicionadas em locais visíveis e próximas de cada equipamento, porém não diretamente sobre eles.

As plaquetas de identificação dos componentes e acessórios diversos, externos aos painéis, deverão ser confeccionadas em aço inoxidável austenítico AISI 316, na espessura de 1,5 mm, 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: 10/08/2026	Página: 57 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

O painel CA, deve ser contemplado com circuito de correção de sequência de fases, para evitar possível alimentação com sequência de fases invertidas para as cargas trifásicas.

6.14 Cabos e Fiação

Toda fiação deverá ser feita rigorosamente de acordo com os diagramas elétricos, utilizando cabos flexíveis de cobre, com isolamento mínimo para 750 V, do tipo antichama, não propagante, com cobertura de neoprene, para temperatura de operação em regime normal de 90°C à 130°C, de acordo com a norma ABNT NBR 9114, levados a bornes terminais numerados de acordo com o correspondente esquema elétrico.

As fiações externas dos painéis, incluindo interligação entre componentes e equipamentos de serviços auxiliares, circuitos de comando e força dos motoventiladores, circuitos de comunicação sinalização e proteção, como também dos TCs de buchas, entre componentes e/ou deverão ser levadas aos painéis através de eletrodutos rígidos de aço galvanizado e distribuídas com eletrodutos flexíveis.

Por padrão os cabos internos dos painéis, deverão ser do tipo singelos, já os cabos de interligação entre painéis, ou interligação entre painéis e equipamentos/instrumentos, deverão ser do tipo múltiplas vias, com bitolas mínimas conforme definido na [Tabela 11](#),

[Tabela 12](#) e [Tabela 13](#) e/ou compatíveis com os respectivos circuitos.

O sistema de identificação dos fios e cabos condutores deverá ser por meio de anilhas plásticas individuais, padrão: origem/destino.

As cores e bitolas da fiação deverão seguir o padrão abaixo:

Tabela 11 – Padrão de Cabos Diversos (Painel x Equipamento)

Nº de Veias	Bitolas Mínimas (mm²)	Padrão de Cores	Descrição das Veias	Descrição das Aplicações
2	2,5	Preto	1	Comandos de abertura e fechamento
			2	
2	2,5	Preto	Neutro / -	Alimentação CA (monofásicos) ou CC
		Branco	Fase / +	
4	Dimensionado	Azul	Fase A	Alimentação Circuitos CA (trifásicos)
		Branco	Fase B	
		Vermelho	Fase C	
		Preto	Neutro	
9	1,5	Preto	1	Comandos e Sinalização

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 58 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

			2	
			3	
			4	
			5	
			6	
			7	
			8	
			9	
4	Dimensionado	Verde e Amarelo	1	Aterramento

Tabela 12 – Padrão de Cabos TCs e TPs (Painel x Equipamento)

Nº de Veias	Bitolas Mínimas (mm²)	Padrão de Cores	Descrição das Veias	Descrição das Aplicações
4	4	Azul	Fase A	TCs e TPs
		Branco	Fase B	
		Vermelho	Fase C	
		Preto	Neutro	
1	Dimensionado	Verde e Amarelo	1	Aterramento

Tabela 13 – Padrão de Cabos Diversos (Painel x Equipamento)

Nº de Veias	Bitolas Mínimas (mm²)	Padrão de Cores	Descrição das Veias	Descrição das Aplicações
1	1,5	Cinza	1	Comandos, Sinalização e Alimentação CC
1	2,5	Cinza	1	Alimentação CA
1	4	Cinza	1	Sinalização de corrente
1	2,5	Cinza	1	Sinalização de tensão
1	Dimensionado	Verde e Amarelo	1	Aterramento

Nota 9: Os cabos e fios especificados acima deverão possuir as características técnicas exigidas pela norma ABNT NBR 9114, comprovadas através de laudos.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 59 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Nota 10: Para os cabos dos circuitos de TCs deverão ser utilizados terminais do tipo olhal, as extremidades destes cabos deverão ser estanhadas, tanto no corpo do TC, como na interligação dos painéis, até seu destino final, relé ou equipamento.

6.15 Bornes de Conexão

6.15.1 Bornes para Cabos dos Transformadores de Corrente

As conexões dos cabos nos painéis, deverão ser feitas sempre através de blocos terminais, sendo que, os destinados aos circuitos de corrente deverão obrigatoriamente ser do tipo olhal e prover facilidades para curto-circuitar os terminais, sem se desfazer a conexão de fiação.

Descrição dos bornes de conexão para os circuitos dos transformadores de corrente:

- Conexão a parafuso, para cabos de 4,0 mm²;
- Bornes de passagem, tipo olhal, para cabos dos circuitos de corrente;
- Tensão nominal de 800 V;
- Corrente nominal de 46 A;
- Contatos resistentes à corrosão;
- Toda régua de borne deverá ser identificada pelos “postes” de fixação da mesma. Não será admitido o uso de mais de um condutor por terminal ou bornes. Devem ser considerados bornes reservas (10%), como peças sobressalentes montados no painel.

6.15.2 Bornes para Demais Circuitos

As conexões dos cabos nos painéis deverão ser feitas sempre através de blocos terminais com bornes com conexão dupla dos dois lados, tipo seccionáveis, conexão a parafuso, com fixação feita por isoladores pré-isolados do tipo pino.

Descrição dos bornes de conexão para os circuitos dos transformadores de corrente:

- Conexão a parafuso, para cabos de 1,5 a 2,5 mm²;
- Tensão nominal de 400 V;
- Corrente nominal de 16 A;
- Contatos resistentes à corrosão;
- Toda régua borne deverá ser identificada pelos “postes” de fixação. Não será admitido o uso de mais de um condutor por terminal ou bornes. Devem ser considerados bornes reservas (10%), como peças sobressalentes montados no painel.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 60 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.16 Serviços Auxiliares

6.16.1 Características Gerais

As tensões nominais dos serviços auxiliares serão:

- Corrente alternada: 220/380Vca, para MA, PI, AL, AP e GO e tensão 127/220Vca, para PA e RS Vca, com tolerância de $\pm 10\%$, 60 Hz $\pm 5\%$, trifásico com neutro;
- Corrente Contínua: 125 Vcc (+ 10%, - 20%).

Todos os equipamentos deverão ser projetados para operarem satisfatoriamente dentro das faixas de variações indicadas.

Os barramentos deverão ser fabricados em barras de cobre eletrolítico e dimensionados para suportar os efeitos térmicos e dinâmicos de corrente de curto-circuito simétrico de 10 kA, eficaz, durante 1 segundo.

Todos os disjuntores deverão possuir elemento termomagnético, montados em caixa isolante moldada e tensão mínima de isolamento para 480 Vca, com exceção aos monopolares, cuja tensão mínima de isolamento deverá ser 380 Vca. Não serão permitidos acoplamento mecânico de disjuntores monopolares para perfazer funções multipolares.

Os disjuntores utilizados nos circuitos CC deverão ser para uso específico em corrente contínua.

A capacidade de interrupção não deverá, entretanto, ser inferior a 10 kA, sob tensão nominal do circuito.

Após cortados e furados os barramentos, deverão se submeter a superfície dos pontos de contato e das interligações ao processo de estanhamento, a fim de preservá-las da oxidação, devendo as superfícies não estanhadas deverão ser pintadas.

Todos os parafusos, porcas e arruelas utilizados nas junções barra-barra e barra-terminais deverão ser cadmiados e bicromatizados.

O arranjo das fases ou polos nos painéis, vendo-os de frente, deverá ser A, B, C ou positivo e negativo, da esquerda para a direita.

Quando aplicável, os relés auxiliares para sinalização de falta de tensão CA ou CC deverão ser de atuação rápida (10 a 25 ms) com no mínimo 02 contatos reversíveis. Os de CA deverão ser próprios para 220 Vca - 60 Hz e os de CC para 125 Vcc.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 61 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.17 Dispositivos de Comunicação

6.17.1 Roteador

A arquitetura de comunicação da subestação móvel deverá ser contemplada com roteador, capaz de realizar NAT (*Network Address Translation*), a fim de dispensar a necessidade de alteração dos IPs dos demais equipamentos da SE Móvel a cada vez que ela for conectada a uma rede diferente.

Este roteador deverá possuir configuração através de interface WEB ou software próprio que possua interface amigável. O roteador será o ponto de conexão de rede entre a subestação acessada e a subestação móvel. Esta conexão será feita através de cabo de fibra ótica, disponibilizado pelo Fornecedor da subestação móvel. Por sua vez, o roteador será conectado à rede da subestação móvel através cordões ópticos conectados aos Redboxes e estes aos switches. Utilizar apenas modelos homologados pela CONCESSIONÁRIA.

6.17.2 Switch

A SE Móvel deverá ser contemplada com dois switches gerenciáveis, próprios para aplicações de automação de subestação. Aos switches serão conectados os demais equipamentos (IEDs, medidores, retificadores etc.). Utilizar apenas modelos homologados pela CONCESSIONÁRIA.

6.17.3 Unidade Terminal Remota

A SE Móvel deverá ser contemplada com o uma unidade terminal remota, para concentração de todas as informações dos equipamentos, realização de conversão de protocolo e interface com sistema supervisor. O protocolo de comunicação da remota com o sistema supervisor será o DNP3.0. Utilizar apenas modelos homologados pela CONCESSIONÁRIA.

A remota será conectada à rede da SE Móvel através de cordão óptico, interligando a remota ao switch da subestação móvel.

6.17.4 GPS

A SE Móvel deverá possuir GPS para sincronismo de horário dos equipamentos da subestação. O GPS será conectado a Unidade Terminal Remota e fará sincronismo de horário via protocolo IRIG-B. Utilizar apenas modelos homologados pela CONCESSIONÁRIA.

6.17.5 IEDs

Os IEDs serão conectados aos switches da subestação móvel através de cordões ópticos, serão utilizadas duas portas ethernet FO dos IEDs, cada uma conectada a cada switch, para fins de redundância de comunicação. O protocolo de comunicação entre IEDs e Unidade Terminal Remota deverá ser DNP3.0. O protocolo utilizado entre IEDs para fins de transferência de informações, transferência de trip, seletividade,

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 62 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

será o IEC 61850 GOOSE. Os IEDs terão sincronismo de horário realizado através do protocolo SNTP e realizará o sincronismo com o horário da Unidade Terminal Remota. Utilizar apenas modelos homologados pela CONCESSIONÁRIA.

6.17.6 Módulos I/O

Em casos de utilização de módulos de expansão de entradas e saídas, os mesmos deverão ser conectados aos IEDs através de cabos de fibra óptica, comunicarão com o IED através de protocolo Mirrored Bits. Utilizar apenas modelos homologados pela CONCESSIONÁRIA.

6.17.7 Anunciador de Alarmes

O anunciador de alarmes do transformador será conectado a unidade terminal remota, através de cabos de fibra óptica. O protocolo de comunicação utilizado será o DNP3.0.

6.17.8 Medidores

Os medidores utilizados deverão estar integrados a rede através de cabos de rede UTP CAT6 conectado ao switch. Deverão ter seus pontos analógicos de medidas integrados a Unidade Terminal Remota através de protocolo compatível. Utilizar apenas modelos homologados pela CONCESSIONÁRIA.

6.17.9 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. Devendo ele ser capaz de monitorar:

- Umidade;
- Hidrogênio (H₂);
- Monóxido de carbono (CO);
- Metano (CH₄);
- Acetileno (C₂H₂);
- Etileno (C₂H₄);
- Etano (C₂H₆).

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

- Alimentação 125Vcc;
- Protocolo Ethernet;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 63 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 1 (uma) porta Ethernet FO, porta LC;
- 1 (uma) porta serial RS-485.

6.17.10 Retificador

O retificador deverá ser integrado a rede através de cabo de fibra ótica, utilizando protocolo de comunicação compatível com a unidade terminal remota. Todos os seus pontos de alarmes e medições analógicas deverão estar mapeados para integração com sistema supervisório. Utilizar apenas modelos homologados pela CONCESSIONÁRIA.

6.18 Arquitetura de Comunicação

Na proposta técnica para fornecimento da SE Móvel deve ser apresentado o projeto de arquitetura detalhada.

A [Figura 1](#) apresenta o modelo de arquitetura pretendido.

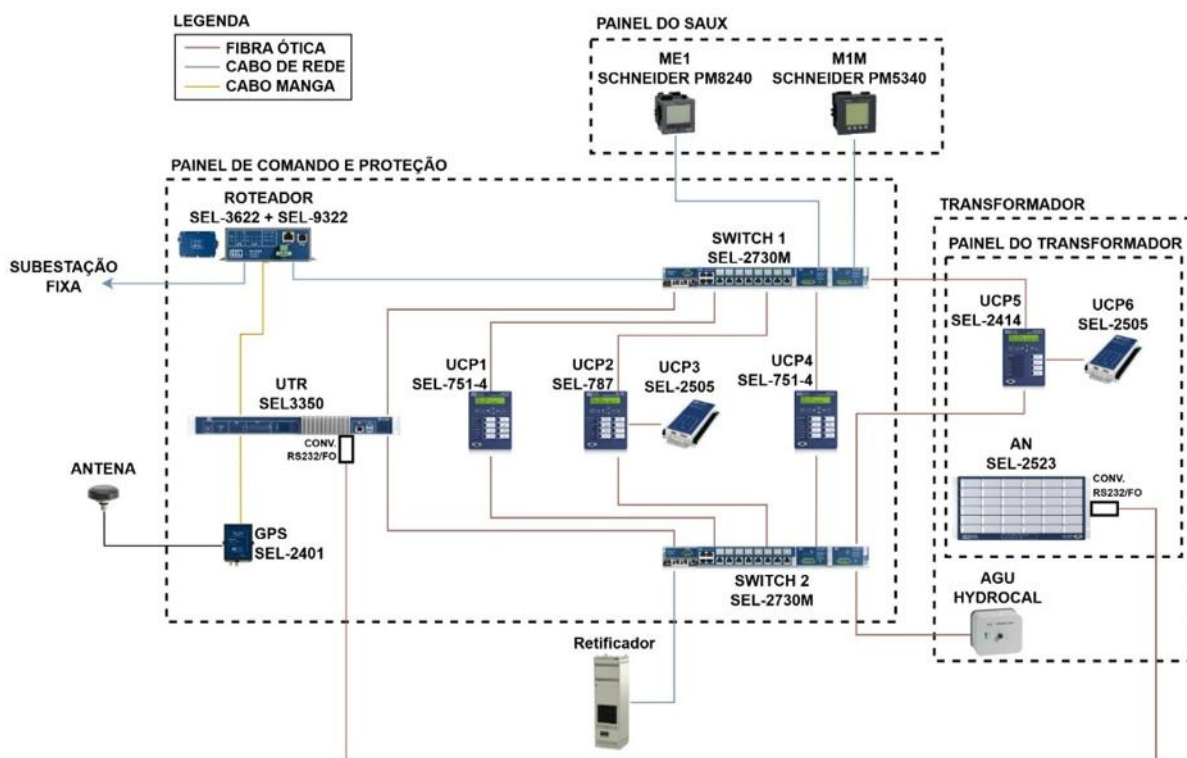


Figura 1 - Modelo de Arquitetura da SE Móvel

6.19 Proteção

As unidades de proteção digital deverão possuir, no mínimo, as características indicadas nos itens abaixo.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 64 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.19.1 Características Gerais dos IEDs

Todos os equipamentos fornecidos devem possuir as características mínimas descritas neste item.

a) Garantia, MTBF e disponibilidade

Todos os equipamentos abaixo especificados devem possuir no mínimo 10 anos de garantia e devem possuir uma expectativa de vida útil de no mínimo 15 anos, com garantia de disponibilidade de peças de reposição dentro do período de vida útil.

Todos os equipamentos fornecidos devem possuir registro de tempo médio entre falhas (MTBF) para IEDs de proteção. Este deve ser apurado com base na medição da taxa de falhas da base instalada de equipamentos, não sendo aceito cálculos teóricos. O fabricante deve fornecer certificado comprovatório deles.

O fabricante deve possuir oficina de reparo em território nacional, garantindo redução no tempo de reparo dos equipamentos e, conseqüentemente, reduzindo a indisponibilidade deles.

b) Temperatura de operação

Os equipamentos devem permitir operação contínua na faixa de temperatura de 40°C negativos até 85°C positivos.

c) Auto diagnose e manutenção

Os equipamentos devem possuir função de auto diagnose para detecção de falhas internas. As falhas detectadas devem ser reportadas para o sistema de supervisão via protocolo de comunicação, além disso, as falhas devem ser registradas internamente no IED com possibilidade de obtenção destes dados registrados pelo usuário.

O fabricante deve informar qual o período e procedimento de manutenção do equipamento em operação e dos procedimentos para armazenagem dos dispositivos sobressalentes.

d) Suporte técnico

O fabricante deve disponibilizar suporte técnico gratuito em período comercial, e fora do período comercial por agendamento. Este deve ser através de canal direto, por engenheiro especialista em proteção e/ou controle de sistemas elétricos.

e) Software

Os softwares de parametrização/configuração de todos os dispositivos devem ser gratuitos ou devem ser fornecidas licenças sem limite de quantidade, com atualização gratuita dentro do período de vida útil dos equipamentos. Deve ser fornecido software para análise de oscilografias e para gerenciamento dos IEDs.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 65 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

f) Contatos de saída digital

Os relés de proteção devem ser contemplados com contatos de saída de alta velocidade e alta capacidade para acionamento de disjuntores (bobinas eletromagnéticas, contadores, relés rápidos etc.).

g) Protocolos nos relés de proteção

Necessidade de portas Ethernet multiprotocolo nos relés de proteção, conforme descrição detalhada ao longo do documento.

6.19.2 Características Específicas dos IEDs

a) IEDs dos módulos híbridos (69 e 138 kV)

Detalhamento de características

Os relés aplicados em alimentadores e barramentos deverão possuir, no mínimo, as seguintes características:

- Deve possuir no mínimo 4 grupos de ajustes;
- Deve ser possível modificar o grupo via programação lógica, através de comando via supervisor, botões frontais ou entrada digital;
- Permitir sincronização de relógio interno via IRIG-B e SNTP;
- Deve possuir no mínimo 8 botões frontais (pushbuttons), para operação local. Estes devem ser de acesso direto, sem necessidade de senha e navegação no display, e devem ter variável interna relacionada para utilização em lógicas. Estes devem possuir LEDs configuráveis associados;
- Devem possuir pelo menos 8 LEDs independentes livres para configuração para indicação de atuação ou estado de funções e lógicas e de proteção;
- Deve possuir pelo menos duas portas Ethernet traseira dual 100 Base-FX em fibra ótica, com conector MM LC, com opções de operação entre modo de redundância (failover) ou modo switch (PRP, RSTP);
- Deve possuir porta alternativa (serial/ethernet/USB) para comunicação/parametrização local para via software;
- Protocolos de comunicação DNP 3.0, IEC 61850 MMS, IEC 61850 Goose;
- Protocolo aberto de transferência de arquivo (exemplo: FTP);
- Deve possuir acesso remoto via terminal de engenharia (Telnet ou SSH), para promover agilidade na configuração, consulta de parâmetros e interpretação de eventos remoto;
- Tensão de alimentação: 100-275 Vcc ou 100-264 Vca 60Hz;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 66 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Tensão das entradas digitais: 125 Vcc;
- Entradas analógicas AC: 4 correntes (5A), 5 tensões (300Vca), sendo um canal para tensão de sincronismo e 1 tensão (300Vcc);
- Pelo menos 8 saídas digitais a relé: 4 Form A (NA). Todas devem permitir configuração do modo FAIL SAFE por software;
- Pelo menos 14 entradas digitais.

Funções de proteção

- 51 – Dois níveis de sobrecorrente de tempo inverso de fase;
- 51G – Dois níveis de sobrecorrente de tempo inverso residual (neutro calculado);
- 51N – Dois níveis de sobrecorrente de tempo inverso de neutro medido;
- 50 – Quatro níveis de sobrecorrente de tempo definido de fase;
- 50G – Quatro níveis de sobrecorrente residual de tempo definido (neutro calculado);
- 50N – Quatro níveis de sobrecorrente de tempo definido de neutro medido;
- 50BF – Falha de disjuntor;
- 27/27S – Subtensão de fase e sincronismo;
- 59/59S – Sobretensão de fase e sincronismo;
- 79 – Religamento automático;
- 81 – Sobre/subfrequência;
- 55 – Fator de Potência.

Medição e monitoramento

- Tensões e correntes – fundamental e RMS;
- Frequência, potência, energia, demanda e fator de potência;
- Deve possuir memória de massa, com capacidade mínima de armazenamento de 30 dias para medições realizadas em intervalos de 15 minutos;
- Função de monitoramento de disjuntor: deve monitorar o desgaste do disjuntor baseado no acúmulo de corrente interrompida de acordo com a curva fornecida pelo fabricante do disjuntor;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 67 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Deve possuir função de monitoramento da tensão Vcc do banco de baterias. Permitindo ajustes de alarmes de sub/sobre tensão. O IED deve disponibilizar um canal analógico na oscilografia com a tensão Vcc do banco de baterias, garantindo disparo de oscilografia nas seguintes condições: comando abertura do disjuntor, comando de fechamento do disjuntor e afundamento da tensão Vcc em operação;
- O IED deve possuir medição de harmônicas incluindo no mínimo até a ordem 15;
- Deve possuir capacidade lógica de realizar monitoramento de neutro do transformador.

Oscilografias e análise de eventos

- Deve ser capaz de armazenar no mínimo 6 oscilografias com duração de 3 segundos ou 17 oscilografias com duração de 1 segundo. Deve permitir configuração de período pré-falta e pós-falta;
- Deve possuir oscilografia filtrada contendo apenas a componente fundamental e oscilografia não filtrada, contendo fundamental e demais componentes harmônicas. A taxa de amostragem da oscilografia não filtrada deve ser de no mínimo 32 amostras/ciclo;
- Deve disponibilizar oscilografia no formato COMTRADE. Esta pode ser disponibilizada diretamente pelo IED ou convertida por software, neste caso, o software deve ser incluso no fornecimento;
- Sequencial de eventos com registro mínimo de 1024 variáveis digitais.

Capacidade lógica

- Lógica booleana com as operações lógicas OR, AND e NOT;
- Blocos lógicos: pelo menos 32 temporizadores, 32 contadores e 32 selos (latch), bem como detecção de borda de subida/descida;
- Lógica com variáveis matemáticas: >, >=, <, <=, = e ≠;
- Operações matemáticas: soma, subtração, divisão e multiplicação;

b) IEDs Diferencial (Transformador).

Detalhamento de características

Além das características comuns descritas nos itens anteriores desta especificação, o relé de proteção do transformador deve possuir as seguintes características:

- Deve possuir no mínimo 4 grupos de ajustes. Deve ser possível modificar o grupo via programação lógica, através de comando via supervisão, botões frontais ou entrada digital;
- Permitir sincronização de relógio interno via IRIG-B e SNTP;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 68 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Deve possuir no mínimo 4 botões frontais (pushbuttons), para operação local. Estes devem ser de acesso direto, sem necessidade de senha e navegação no display, e devem ter variável interna relacionada para utilização em lógicas. Estes devem possuir LEDs configuráveis associados;
- Devem possuir pelo menos 8 LEDs independentes livres para configuração para indicação de atuação ou estado de funções e lógicas e de proteção;
- Deve possuir pelo menos duas portas Ethernet traseira dual 100 Base-FX em fibra ótica, com conector MM LC, com opções de operação entre modo de redundância (failover) ou modo switch (PRP, RSTP);
- Deve possuir porta alternativa (serial/ethernet/USB) para comunicação/parametrização local para via software;
- Protocolos de comunicação DNP 3.0, IEC 61850 MMS, IEC 61850 Goose;
- Protocolo aberto de transferência de arquivo (exemplo: FTP);
- Deve possuir acesso remoto via terminal de engenharia (Telnet ou SSH), para promover agilidade na configuração, consulta de parâmetros e interpretação de eventos remoto;
- Tensão de alimentação: 100-275 Vcc ou 100-264 Vca 60Hz;
- Tensão entradas digitais: 125 Vcc;
- Entradas analógicas AC: 7 correntes (5A), 5 tensões (300Vca), sendo um canal para tensão de sincronismo e 1 tensão (300Vcc);
- Pelo menos 7 saídas digitais a relé: 4 Form A (NA). Todas devem permitir configuração do modo FAIL SAFE por software;
- Pelo menos 14 entradas digitais.

Funções de proteção

- 87 – Diferencial percentual, com duas inclinações;
- A função 87 deve possibilitar bloqueio e restrição por harmônicos, possibilitando habilitação de ambos simultaneamente, para evitar atuação indesejada durante a energização do transformador;
- REF – Falta à terra restrita. Deve ser baseado no princípio direcional e permitir atuação no caso de o transformador estar alimentado à vazio (com o disjuntor do lado Yn aberto);
- 51 – Sobrecorrente de tempo inverso de fase por enrolamento;
- 51G – Sobrecorrente de tempo inverso residual (neutro calculado) por enrolamento;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 69 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 51N – Sobrecorrente de tempo definido de neutro medido;
- 50 – Quatro níveis de sobrecorrente de tempo definido de fase por enrolamento;
- 50G – Dois níveis de sobrecorrente residual de tempo definido (neutro calculado);
- 50N – Dois níveis de sobrecorrente de tempo definido de neutro medido;
- Monitoramento de faltas passantes no transformador (Possuir algoritmo de monitoramento de faltas passantes, responsável por registrar a quantidade, data, hora, tempo e intensidade dos curtos-circuitos passantes pelo transformador e disponibilizar estas informações em forma de relatórios armazenados em sua memória de massa).

Medição e monitoramento

- Correntes – fundamental e RMS;
- Frequência, potência, energia;
- Deve possuir memória de massa, com capacidade mínima de armazenamento de 30 dias para medições realizadas em intervalos de 15 minutos;
- O IED deve possuir medição de harmônicas incluindo no mínimo até a ordem 7.

Oscilografias e análise de eventos

- Deve ser capaz de armazenar no mínimo 15 oscilografias com duração de 1 segundos ou 60 oscilografias com duração de 0.25 segundo. Deve permitir configuração de período pré-falta e pós-falta;
- Deve possuir oscilografia filtrada contendo apenas a componente fundamental e oscilografia não filtrada, contendo fundamental e demais componentes harmônicas. A taxa de amostragem da oscilografia não filtrada deve ser de no mínimo 16 amostras/ciclo;
- Deve disponibilizar oscilografia no formato COMTRADE. Esta pode ser disponibilizada diretamente pelo IED ou convertida por software, neste caso, o software deve ser incluso no fornecimento;
- Sequencial de eventos com registro mínimo de 1024 variáveis digitais.

Capacidade lógica

- Lógica booleana com as operações lógicas OR, AND e NOT;
- Blocos lógicos: pelo menos 32 temporizadores, 32 contadores e 32 selos (latch), bem como detecção de borda de subida/descida;
- Lógica com variáveis matemáticas: >, >=, <, <=, = e ≠;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 70 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Operações matemáticas: soma, subtração, divisão e multiplicação.

c) IEDs regulação e controle (Transformador)

Detalhamento de características

A solução deverá realizar o monitoramento de temperatura segundo as normas ABNT NBR 5356-7 e IEEE C57.91:1995, e agregar em um único equipamento as funções de regulação de tensão, controle e indicação de tape, controle de ventilação e controle de paralelismo. Funções de regulação de tensão são previstas, e o IED deve contemplar slot de entradas digitais para coleta das informações da comutadora, condições da ventilação e intrínsecas do transformador. O equipamento de monitoramento do transformador deve possuir as seguintes características:

- Deve possuir no mínimo 4 botões frontais (pushbuttons), para operação local. Estes devem ser de acesso direto, sem necessidade de senha e navegação no display, e devem ter variável interna relacionada para utilização em lógicas. Estes devem possuir LEDs configuráveis associados;
- Devem possuir pelo menos 8 LEDs independentes livres para configuração para indicação de atuação ou estado de funções e lógicas e de proteção;
- Deve possuir pelo menos duas portas Ethernet traseira dual 100 Base-FX em fibra ótica, com conector MM LC, com opções de operação entre modo de redundância (failover) ou modo switch (PRP, RSTP);
- Deve possuir porta alternativa (serial/ethernet/USB) para comunicação/parametrização local para via software;
- Protocolos de comunicação DNP 3.0, IEC 61850 MMS, IEC 61850 Goose;
- Protocolo aberto de transferência de arquivo (exemplo: FTP);
- Deve possuir acesso remoto via terminal de engenharia (Telnet ou SSH), para promover agilidade na configuração, consulta de parâmetros e interpretação de eventos remoto;
- Tensão de alimentação: 100-275 Vcc ou 100-264 Vca 60Hz;
- Tensão das entradas digitais: 125 Vcc;
- Entradas analógicas AC: 3 correntes (5A) e 3 tensões (300V);
- 06 entradas digitais dedicadas à leitura do tape do comutador através da matriz BCD;
- 12 entradas digitais para sinais diversos (Buchholz, válvula de alívio, nível de óleo etc.) comando e intertravamentos;
- 7 saídas digitais programáveis;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 71 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Porta Ethernet dual em fibra ótica com capacidade de comunicação através de IEC 61850, conector LC;
- 04 entradas para termorresistência (RTD) compatível com os seguintes modelos: PT100, NI100, NI120 e CU10, ligação a três fios;
- Display frontal digital tipo LED ou LCD programável para visualização de temperaturas, estágios de ventilação entre outras mensagens programadas.

Monitoramento térmico

- Possuir a indicação visual através do display da temperatura do óleo e dos enrolamentos, bem como dos estágios acionados da ventilação forçada;
- Efetuar a modelagem térmica: para transformador trifásico com possibilidade de medição das três correntes de fase, uma temperatura do topo do óleo e uma temperatura ambiente;
- Utilização do próprio TC de fase para realização do monitoramento térmico do transformador;
- O monitor deve ser capaz de processar os algoritmos de modelagem térmica, tendo como dados de entrada valores analógicos e digitais, tais como: correntes de fase, temperatura ambiente, temperatura do topo do óleo e estágio de ventilação;
- O cálculo da imagem térmica deve ser adaptável às diferentes normas de projeto de transformadores, são exemplos: ABNT NBR 5356-7, IEEE C57.91, IEC 60076-7. Além disso, o monitor deve ser capaz de processar imagens térmicas diferentes para cada estágio de ventilação (ODAF);
- Possuir saídas digitais programáveis para realizar acionamento da ventilação forçada e alarmes/desligamentos com base nas funções ANSI 26 (temperatura do óleo) e ANSI 49 (imagem térmica) do transformador;
- Possuir algoritmo de supervisão da eficiência da ventilação forçada, o qual será realizado pela comparação do valor da temperatura do topo do óleo, medida através de RTD, com a temperatura do óleo calculada através do algoritmo do monitor. Sendo que este último, deverá levar em conta a temperatura ambiente medida por um RTD dedicado, corrente de carga em pu, estágio da ventilação e dados dos ensaios de aquecimento do transformador, os quais serão cadastrados no monitor. Essa temperatura do óleo calculada deverá servir de backup imediato para o RTD do topo do óleo, quando ele apresentar problema.

Regulação de tensão e controle de paralelismo

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 72 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Indicação em seu painel frontal da posição do tape do respectivo comutador, tensão medida e tensão de referência, além do número de operações do comutador e tempo para comutação, entre outras mensagens programadas pelo usuário;
- O controle de paralelismo deve ser efetuado pelo método mestre-comandado. Deve permitir um limite máximo de discrepância de tape (ajustável) para que transformadores diferentes possam trabalhar em paralelo. A comunicação, para tanto, deverá ser através de IEC 61850 (GOOSE). Esta é uma aplicação, quando o segundo transformador entrar em operação. O equipamento ofertado já deve estar preparado;
- A medição do tape deverá ser realizada através de uma matriz de diodos com código BCD;
- Controle do comutador sob carga por meio do painel frontal incluirá as seleções local-remoto, mestre-comandado-individual e manual-automático, bem como o comando subir/baixar tape;
- O frontal do equipamento deverá possuir no mínimo LEDs para indicação das condições de sistema em paralelo, manual-automático e bloqueio por sobrecorrente e/ou sub ou sobretensão;
- Possibilidade de programações remotas de no mínimo as funções, local-remoto, mestre-comandado, manual-automático e para os comandos remotos de subir/baixar tape.

Capacidade lógica

- Lógica booleana com as operações lógicas OR, AND e NOT;
- Blocos lógicos: pelo menos 32 temporizadores, 32 contadores e 32 selos (latch), bem como detecção de borda de subida/descida;
- Lógica com variáveis matemáticas: >, >=, <, <=, = e ≠;
- Operações matemáticas: soma, subtração, divisão e multiplicação.

Análise de eventos e monitoramento

- Deve possuir memória de massa e oscilografia. Fornecer dados via protocolo DNP 3.0 IEC e 61850 Goose para visualização gráfica na IHM.

6.20 Medição

6.20.1 Pontos de Medição

Deverão ser instalados pelo menos dois pontos de medição, sendo uma medição referente a baixa tensão do transformador de força (disjuntor geral BT), e outra medição referente a baixa tensão do transformador de serviço auxiliar.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 73 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.20.2 Detalhes dos Medidores

As medições deverão ser apresentadas através de um módulo de medição digital. Neste caso as medições serão para as funções de medidas em: corrente nas três fases (Ia, Ib e Ic), potência ativa trifásica (kW total), potência reativa trifásica (kVAr total), energia ativa (kWh), energia reativa (kVArh), tensão entre fases (Vab, Vbc e Vca) e fator de potência.

Os medidores deverão dispor de saída para indicação remota e possuir, no mínimo, as seguintes características:

- Tensão de alimentação 95 a 415 Vca +/- 10 % e 110 a 415 Vcc +/- 10 %;
- Corrente de alimentação alternada de 5 A nominal;
- Precisão da medição de +/- 0,1% para corrente e tensão;
- Precisão da medição de +/- 0,2% para energia ativa;
- Utilização em circuito trifásico desequilibrado;
- Medição com alta precisão: IEC 62053-22 Classe 0.5S;
- Protocolos: Modbus, DNP3, IEC 61850;
- Portas: Pelo menos duas Ethernet, funcionalidade gateway Ethernet-serial.

6.21 Chave de Desbloqueio do Relé 86 (69d)

Deverá possuir no mínimo 4 (quatro) contatos NA e 4 (quatro) NF em cada posição, de modo a perfazer as funções de garantia do impulso de desligamento e desbloqueio do relé 86, com capacidade para 30 A em 250 Vcc e possuir acionamento rotativo com 2 (duas) posições fixas “NORMAL” e “DESBLOQUEIO”. O punho deverá ser removível na posição “NORMAL” e o espelho deverá ter inscrições correspondentes as posições de operação.

6.22 Bloco de Testes

Deverá ser equipado com polos para curto-circuitar os secundários dos transformadores de corrente e abrir os secundários dos transformadores de potencial. O Fabricante deverá fornecer também um conjunto de “pentes” para testes.

6.23 Relés Auxiliares

Os relés auxiliares deverão ser do tipo extraível e dimensionados para um número mínimo de 30.000 (trinta mil) operações em condições normais com capacidade mínima dos contatos de 10 A, isolamento

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 74 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

600 V, bobina de operação para a tensão requerida pelo circuito, com tempo de operação, tipo e número de contatos de acordo com a função a que se destina.

Os relés auxiliares para comando têm por função atuar nas bobinas de abertura e fechamento dos disjuntores, onde cada relé disponibiliza um contato seco com capacidade de 10 A. Estes contatos deverão ser protegidos contra arco através de varistores e contra sobrecorrente através de fusíveis instalados nas borneiras.

6.24 Chave de Comando

A chave de comando deverá ser fornecida com um conjunto de contatos fechados durante as condições de “fechamento” e “após fechamento” e outro conjunto de contatos fechados durante as condições de “abertura” e “após abertura”.

Deverá possuir retorno à posição “Normal” através de mola, e seus contatos deverão ter capacidade mínima de conduzir 30 A em 250 Vcc.

6.25 Chaves Comutadoras

As chaves comutadoras para voltímetro e amperímetro deverão possuir contatos com capacidade 20 A e permitir leituras entre as fases AB, BC e CA no voltímetro, e leitura das fases A B e C no amperímetro, além de disporem de uma posição “DESLIGADO”.

6.26 Instrumentos Indicadores

Os instrumentos deverão ser fornecidos para instalação semi-embutida em painel, tropicalizados, moldura quadrada, classe de exatidão 1,5% e com escalas tipo quadrante.

As bobinas de corrente de todos os instrumentos, alimentados por secundário de transformador deverão ser dimensionadas para corrente nominal de 5 A, 60 Hz, e para suportar uma corrente momentânea de 100 A durante 1 segundo.

6.27 Sistema Supervisório

Deverão ser concentrados no painel geral e disponibilizados em bornes terminais, os pontos para supervisão remota da subestação móvel, que constarão basicamente de:

- Comando de abertura e fechamento de disjuntores;
- Indicação de estado de seccionadoras e disjuntores;
- Indicação de atuação dos relés de proteção;
- Indicação de atuação dos dispositivos de proteção do transformador e disjuntores;
- Indicação de “Retificador Anormal”;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 75 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Indicação de fuga terra positivo e negativo;
- Indicação de falta de CC nos circuitos dos disjuntores;
- Indicação de temperatura do óleo e do enrolamento do transformador;
- Indicação da posição do TAP do comutador sob carga;
- Indicação das proteções intrínsecas do transformador;
- Indicação da posição do TAP do comutador sem tensão;
- Indicação da posição do TAP do transformador de serviço auxiliar;
- Medição de grandezas elétricas.

6.28 Cabos de Interligação

6.28.1 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 NEMA, destinados a interligação da subestação 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 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.

6.28.2 Carretel dos Cabos de Aterramento

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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 76 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.28.3 Carretel dos Cabos de Controle

Deve ser fornecido com 2 (dois) circuitos, em lances de 100 metros cada, de cabo 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.

6.28.4 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 11: Os carretéis devem ser apropriados para içamento e transporte com auxílio de um caminhão de apoio.

6.29 Procedimento de Pintura

6.29.1 Considerações Gerais

A subestação 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 da subestação 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.

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%.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 77 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Durante as etapas de fabricação e comissionamento da subestação móvel, como também na ocasião das atividades que antecedem a entrega técnica em campo, o Fornecedor deverá, para evitar ao mínimo as ocorrências de danos na camada de pintura, pontos onde o dano atingiu a superfície metálica do aço, deverão ser retrabalhados desde a etapa de preparação da superfície. Não serão aceitos retoques de pintura com diferenças de tonalidade entre os equipamentos ou partes da subestação 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 sujeita 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.

6.29.2 Preparação da Superfície para Pintura

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

- a) Desengraxe com uso de solventes, segundo norma SSPC-SP1-63;
- b) 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;
- c) Limpeza da superfície com ar comprimido isento de água e de óleo;
- d) Inspeção da superfície a ser pintada, antes da aplicação da tinta de fundo, quanto à presença de corrosão, graxa, umidade e outros materiais estranhos;
- e) Vedação das eventuais frestas existentes com massa flexível a base de poliuretano;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 78 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
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.

6.29.3 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 a 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 exija a recuperação deste processo, o equipamento deve ser devolvido para o Fabricante.

6.29.4 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: 10/08/2026	Página: 79 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

6.29.5 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.

6.29.6 Demais Componentes

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

Para os painéis da subestação 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, usar 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 da subestação móvel), deverá designar e enviar, sob sua responsabilidade, inspetores próprios, que elaborarão relatório para análise do próprio Fornecedor (fabricante da SE Móvel), que deve garantir em todos os aspectos a qualidade desses equipamentos em separado. Com exceção do transformador de potência e módulo híbrido, 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 da subestação 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.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 80 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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:

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

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 81 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 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);
- 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, deve apresentar aderência GRO (método B), para as espessuras totais até 125µm e aderência X0/Y0 (método A), para as espessuras totais acima de 125µm (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 7400);
- 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);

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 82 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 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);
- 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 cromatográfico (antes do enchimento do equipamento) para:

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 83 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 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 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);

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 84 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 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);
 - 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);

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 85 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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;
- 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;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 86 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- Dados para calibração e aferição dos detectores de temperatura.

b) Relatório dos Ensaios 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 correntes dos ensaios realizados;
- Declaração de pessoa responsável do fabricante, indicando que o transformador suportou os ensaios sem danos.

7.2 Isoladores

7.2.1 Ensaios de Rotina

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

7.3 Transformadores de Corrente

7.3.1 Ensaios de Rotina

- a) Ensaio de tensão induzida;
- b) Ensaio de tensão aplicada ao dielétrico;
- c) Polaridade;
- d) Exatidão;
- e) Curva de excitação e resistência do enrolamento para todas as derivações.

7.4 Módulo Híbrido

7.4.1 Ensaios de Rotina do Disjuntor do Módulo Híbrido

Deverá ser submetido aos ensaios de rotina previstos na norma ABNT NBR IEC 62271-1.

- a) Projeto e inspeção visual:
- Inspeção de placas de identificação e dispositivos auxiliares;
 - Identificação de componentes e equipamentos;
 - Verificação de cores e inspeção do acabamento da pintura e proteção contra corrosão em superfícies metálicas.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 87 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

b) Estanqueidade:

- O ensaio de estanqueidade deve ser realizado em concordância com a ABNT NBR IEC 62271-1.

c) Teste de operação mecânica (I):

- Medição de tempos de operação;

5 x Ciclo de comutação com tensão de alimentação nominal;

5 x Ciclo de comutação a 110% da tensão de alimentação nominal;

5 x Ciclo de comutação a 85% da tensão de alimentação nominal.

d) Medição da resistência do circuito principal:

- O ensaio de Medição da resistência do circuito principal deve ser realizado em concordância com o item 7.3 da norma ABNT NBR IEC 62271-1.

e) Teste de operação mecânica (II):

- Verificação da fiação de todos os circuitos de controle, aquecimento e auxiliares e verificação do número de contatos auxiliares de acordo com a especificação contratual;
- Testes funcionais de dispositivos de intertravamento e sinalização elétricos e mecânicos;
- Inspeção do painel de controle.

f) Teste de tensão aplicada nos circuitos de controle e auxiliares, 1 kV/1 s:

- O Teste de tensão aplicada nos circuitos de controle e auxiliar, deve ser realizado em concordância com a norma ABNT NBR IEC 62271-1.

g) Teste de resistência a seco de tensão de frequência de energia no circuito principal.

O proponente deverá anexar à sua proposta cópias dos certificados dos ensaios de tipo, previstos na norma IEC, realizados em laboratórios oficiais.

7.4.2 Ensaios de Rotina da Secionadora do Módulo Híbrido

a) Projeto e inspeção visual

A inspeção visual deve ser realizada em concordância com o item 7.5 da IEC 62271-100.

- Inspeção de placas de identificação e dispositivos auxiliares;
- Verificação de cor e inspeção do acabamento da pintura e da proteção contra corrosão em superfícies metálicas.

b) Teste mecânico de operação (I)

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 88 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

O teste mecânico de operações deve ser realizado em concordância com o item 7.101 da IEC 62271-100.

- Medição dos tempos de operação

5 x C; 5 x O na tensão máxima de alimentação especificada;

5 x C; 5 x O na tensão mínima de alimentação especificada;

5 x CO na tensão de alimentação nominal;

5 x O-t-CO na tensão de alimentação nominal.

- c) Medição da resistência do circuito principal

A Medição da resistência do circuito principal deve ser realizada em concordância com o item 7.3 da IEC 62271-100.

- d) Teste mecânico de operação (II)

O teste mecânico de operação deve ser realizada em concordância com o item 7.101 da IEC 62271-100

- Verificação da fiação de todos os circuitos de controle, aquecimento e auxiliares e verificação dos contatos auxiliares;

- Testes funcionais dos dispositivos de intertravamento e sinalização elétricos e mecânicos;

- Inspeção do painel de controle.

- e) Teste de tensão aplicada no circuito de controle e auxiliar 1 kV/1 s

O teste de tensão aplicada no circuito de controle e auxiliar deve ser realizado em concordância com o item 7.2.4 da IEC 62271-100.

- f) Teste de resistência à tensão a seco em frequência de potência no circuito principal

O teste de resistência à tensão a seco em frequência de potência no circuito principal deve ser realizado em concordância com o item 7.1 da IEC 62271-100.

- g) Teste de estanqueidade

- O teste de estanqueidade deve ser realizado em concordância com o item 7.4 da IEC 62271-100;
- O teste de estanqueidade nas colunas dos postes é realizado separadamente antes da entrada nos campos de teste.

7.5 Para-raios

7.5.1 Ensaios de Tipo

- a) Ensaios de tensão suportável no invólucro sem a parte interna ativa;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 89 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

b) Ensaios de tensão residual:

- Ensaio de tensão residual para impulso de corrente onda de 8/20µs;
- 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 de 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 multicolumnas;

j) Ensaio de medição de tensão de referência;

k) Ensaio de envelhecimento do invólucro polimérico sob condições de intempéries.

7.5.2 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 multicolumnas;
- Ensaio de estanqueidade.

7.5.3 Ensaios de Recebimento

a) Inspeção visual e dimensional;

b) Ensaio de medição de tensão residual para impulso atmosférico à corrente de descarga nominal;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 90 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 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;
- 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.

7.6 Transformador de Potencial

7.6.1 Ensaios de Tipo

- a) Corrente de excitação e perdas em vazio;
- b) Resistência ôhmica dos enrolamentos e impedância de curto-circuito;
- c) Tensão suportável de impulso atmosférico;
- d) Curto-circuito;
- e) Tensão de radiointerferência (equipamentos de tensão de 145 kV);
- f) Estanqueidade a quente;
- g) Elevação de temperatura;
- h) Tensão suportável à frequência industrial, sob chuva.

7.6.2 Ensaios de Rotina

- a) Inspeção visual e dimensional;
- b) Tensão induzida;
- c) Tensão suportável à frequência industrial, a seco;
- d) Descargas parciais (quando aplicável);
- e) Polaridade;
- f) Exatidão;
- g) Fator de perdas dielétricas do isolamento;
- h) Estanqueidade a frio;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 91 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- i) Medição da resistência do isolamento;
- j) Espessura e aderência da tinta.

7.7 Painel Geral

7.7.1 Ensaios de Rotina

- a) Verificação do fornecimento de acordo com o pedido e a lista de materiais previamente aprovada pela CONCESSIONÁRIA;
- b) Inspeção visual e dimensional, conforme desenhos aprovados;
- c) Ensaios dielétricos;
- d) Ensaios funcionais dos circuitos;
- e) Ensaios dos aparelhos de medição e proteção;
- f) Ensaio de funcionamento do sistema de iluminação, tomadas e aquecimento;
- g) Verificação de continuidade da fiação;
- h) Verificação da resistência de isolamento da fiação do equipamento;
- i) Teste de aderência e espessura da camada de tinta.

7.8 Retificador/Carregador

7.8.1 Ensaios de Rotina

- a) Verificação do fornecimento de acordo com o pedido e a lista de materiais previamente aprovada pela CONCESSIONÁRIA;
- b) Inspeção visual e dimensional, conforme desenhos aprovados;
- c) Resistência de isolamento;
- d) Ensaios dielétricos;
- e) Ensaio de operação dos circuitos do carregador;
- f) Medição do limite de corrente do carregador;
- g) Medição da componente alternada da tensão ("ripple") de saída do carregador;
- h) Ensaio de regulação estática de tensão;
- i) Ensaio de determinação do rendimento;
- j) Ensaio de determinação do fator de potência;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 92 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

k) Ensaio de aderência e espessura da pintura.

7.8.2 Ensaios de Operação

Pelo menos os seguintes aspectos serão testados:

- a) Teste de funcionamento do retificador com apenas uma das fases (neste ensaio será disponibilizado apenas uma fase ao retificador, devendo o retificador operar normalmente com seus aspectos de regulação de tensão, tanto para bateria, quanto para o consumidor). Este ensaio será realizado para as três fases;
- b) Serão substituídos em funcionamento os módulos de retificação do retificador, neste ensaio o retificador não deve apresentar oscilação/falha de funcionamento;
- c) Será testada a regulação de tensão para o consumidor (125Vcc), tanto no aspecto de rebaixamento de tensão, quando no aspecto de elevar tensão;
- d) Serão testadas todas as funcionalidades de alarmes do retificador, tanto a notificação dos alarmes no display do equipamento, quanto a integração desses alarmes junto a unidade terminal remota.

7.9 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 e 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) Ensaios nas superfícies galvanizadas;
- k) Ensaios operacionais da subestação móvel;
- l) Verificação dos pesos distribuídos nos eixos;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 93 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

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 da subestação móvel durante seu deslocamento por vias pavimentadas e estradas de terra.

Neste ensaio, a subestação móvel deverá ser acelerada 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 da subestação.

Antes da execução do ensaio, os representantes do fabricante e os responsáveis pelo ensaio, deverão apresentar, para o 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.

7.10 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.

7.11 Comissionamento

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

7.11.1 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 serem realizados em fábrica, que deve ser baseado, no mínimo, conforme Anexo IV deste documento.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 94 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Na realização dos ensaios individuais dos equipamentos deverá ser realizado 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.

7.11.2 Atividades Complementares

- a) Inspeção de todos os equipamentos e partes que integram a subestação 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.

7.11.3 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) Análise do gás SF6 aplicado nos módulos híbridos;
- c) Relatório de todos os ensaios e verificações realizadas;
- d) Lista de não conformidades a serem corrigidas durante os ensaios em campo.

7.12 Entrega Técnica no Destino

As etapas de inspeção visual deverão minimamente compreender:

- a) Nivelamento da subestação móvel em local a ser definido pela CONCESSIONÁRIA;
- b) Verificação física de todos os equipamentos elétricos existentes sob o semirreboque, painéis de serviços auxiliar, 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;

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 95 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

- 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 check list das inspeções visuais os quais 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:

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

7.13 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 da subestação móvel, enchimento dos módulos híbridos com gás SF6, 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 – Comissionamento no Destino, 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 toda a subestação e em seguida a restauração de eventuais pontos danificados.

O Grupo Equatorial, deverá disponibilizar supervisores para acompanhar todo o processo de comissionamento da subestação em campo.

Deverá ocorrer o treinamento prático das equipes da Concessionária, responsáveis pela operação e manutenção da subestação móvel.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 96 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Nota 12: Deverá estar incluído no preço total da proposta o comissionamento em campo, conforme plano aprovado.

7.13.1 Atividades Complementares

- a) Inspeção de todos os equipamentos e partes que integram a subestação 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.

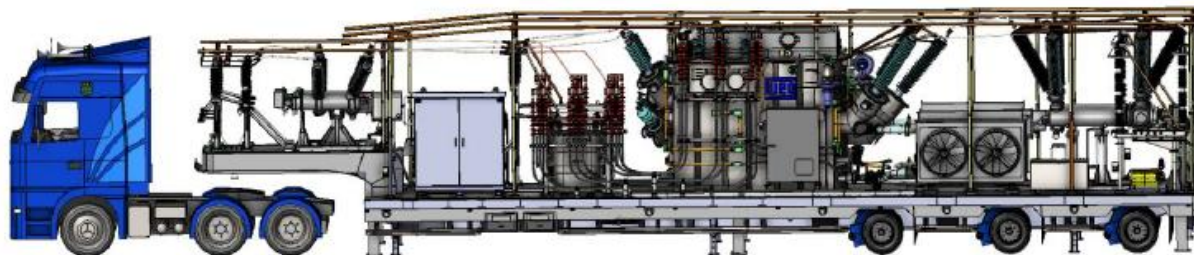
7.13.2 Emissão dos Relatórios de Comissionamento em Campo

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:

- a) Relatório de análise do registrador de impacto;
- b) Laudos de análise de óleo isolante após os ensaios elétricos;
- c) Análise do gás SF6 aplicado nos módulos híbridos;
- d) Relatório de todos os ensaios e verificações realizadas;
- e) Relatório de não conformidades corrigidas durante o comissionamento em campo;
- f) Diagnóstico e parecer quanto a energização.

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 98 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Desenho 2 – Subestação Móvel – Vista Lateral



	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 99 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

9. CÓDIGOS PADRONIZADOS

Tabela 14 – Códigos Padronizados.

ORDEM	CÓDIGO	TEXTO BREVE	TEXTO COMPLETO
1	120110003	SE MOVEL 40/26MVA 138X69/69X34,5X13,8KV	SUBESTACAO MOVEL; TRIFASICO; COMPOSICAO: CAVALO MECANICO SEMI- REBOQUE AUTOTRANSFORMADOR /TRANSFORMADOR DE POTENCIA DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO ACESSORIOS; USO: EXTERIOR; POTENCIA NOMINAL AUTOTRANSFORMADOR(138X69KV): 40 MVA; POTENCIA NOMINAL TRANSFORMADOR(138X34,5 KV; 138X13,8 KV; 69X34,5 KV; 69X13,8 KV): 26,6 MVA;TENSÃO PRIMÁRIA NOMINAL AUTOTRANSFORMADOR(AT 138 ± 10X1,38 KV E 69 ± 5X1,38 KV - CDC ÚNICO COM 21 POSIÇÕES) TENSÃO SECUNDÁRIA NOMINAL: 69KV (AUTOTRANSFORMADOR) OU 34,5X13,8 KV(TRANSFORMADOR EM ESTRELA); FREQUENCIA: 60 HZ; GRUPO DE LIGAÇÃO ABNT: YNA0YN0; IMPEDANCIAS DE CURTO-CIRCUITO MINIMAS: 11%; ISOLAÇÃO: OLEO MINERAL ISOLANTE; METODO DE RESFRIAMENTO: ODAF; NORMAS/ ESPECIFICACOES TECNICAS APLICAVEIS: ET.00324.EQTL; STATUS MATERIAL: MATERIAL PADRAO EQUATORIAL - PDE; SUBSTITUTO: NAO APLICAVEL - NA

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 100 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

10. ANEXOS

Anexo I – Folhas de Dados e Características Garantidas

GRUPO equatorial					ANEXO I - FOLHA DE DADOS TÉCNICOS E CARACTERÍSTICAS GARANTIDAS				
					ET.00324.EQTL - Subestação Móvel 40 MVA				
					Revisão 00 - 2026				
DISTRIBUIDORA									
FORNECEDOR									
PEDIDO DE COMPRA									
CÓDIGO FORNECEDOR									
CÓDIGO									
DESCRIÇÃO BREVE									
QUANTIDADE									
NORMAS		ABNT NBR 5356							
ET CONCESSIONÁRIA		ET.00324.EQTL - Subestação Móvel 40/26,6 MVA							
1 - TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA									
ITEM	DESCRIÇÃO				UNIDADE	ESPECIFICADO		GARANTIDO	
1.1	Dados Gerais do Equipamento								
1.1.1	Potência nominal autotransformador (138/69 KV)				MVA	40			
1.1.2	Potência nominal transformador (138x69/34,5x13,8 KV)				MVA	26,6			
1.1.3	Frequência nominal				Hz	60			
1.1.4	Tensão nominal				kV	138 / 34,5 x 13,8 kV ou 69 / 34,5 x 13,8 kV			
1.1.5	Tensão máxima do autotransformador				kV	145 / 72,5			
1.1.6	Tensão máxima do transformador				kV	145 / 36,2			
1.1.7	Faixa de comutação em 138 kV				-	138 ±10x1%			
1.1.8	Faixa de comutação em 69 kV				-	69 ±5x2%			
1.1.9	Níveis de isolamento								
1.1.9.1	Tensão suportável de impulso para o nível de tensão de 138 kV, onda plena/cortada (valor de crista)				kV	550/605			
1.1.9.2	Tensão suportável de impulso para o nível de tensão de 69 kV, onda plena/cortada (valor de crista)				kV	350/385			
1.1.9.3	Tensão suportável de impulso para o nível de tensão de 34,5 kV, onda plena/cortada (valor de crista)				kV	170/190			
1.1.9.4	Tensão suportável de impulso para o nível de tensão de 13,8 kV, onda plena/cortada (valor de crista)				kV	110/121			
1.1.9.5	Tensão suportável a frequência industrial para o nível de tensão de 138 kV (valor eficaz)				kV	275			
1.1.9.6	Tensão suportável a frequência industrial para o nível de tensão de 69 kV (valor eficaz)				kV	140			
1.1.9.7	Tensão suportável a frequência industrial para o nível de tensão de 34,5 kV (valor eficaz)				kV	70			
1.1.9.8	Tensão suportável a frequência industrial para o nível de tensão de 13,8 kV (valor eficaz)				kV	34			
1.1.10	Níveis de Isolamento dos Terminais de fase no 145 KV								
1.1.10.1	Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico Pleno				kVcr	650			
1.1.10.2	Tensão Suportável Nominal de Impulso Atmosférico Cortado				kVcr	715			
1.1.10.3	Tensão Suportável Nominal de à Frequência Industrial				kVcr	275			
1.1.10.4	Tensão Induzida				kVef	275			
1.1.10.5	Tensão Induzida de Longa Duração					275			

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 101 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Anexo II – Lista de Sobressalentes

 ANEXO II - LISTA DE SOBRESSALENTE ET.00324.EQTL - Subestação Móvel 40 MVA Revisão 00 - 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	Roteador conforme item 6.17.1	PÇ	1
3	Bucha dos terminais primários, iguais ao do transformador de potência	PÇ	1
4	Bucha dos secundários primários, iguais ao do transformador de potência	PÇ	1
5	Bobina de abertura - módulo híbrido	PÇ	1
6	Bobina de fechamento - módulo híbrido	PÇ	1
7	Motor para carregamento elétrico - módulo híbrido	PÇ	1
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 102 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

Anexo III – Declaração de Desvio Técnicos e Exceções

		ANEXO III - DECLARAÇÃO DE DESVIOS TÉCNICOS E EXCEÇÕES ET.00324.EQTL - Subestação Móvel 40 MVA Revisão 00 - 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			

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 103 de 106
		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Título: Subestação Móvel 40 MVA		Classificação da informação: <u> X </u> Público <u> </u> Interno <u> </u> Restrito <u> </u> Confidencial	

Anexo IV – Comissionamento em Fábrica

 ANEXO IV - PLANO DE INSPEÇÃO E TESTES - PIT - COMISSONAMENTO EM FABRICA ET.00324.EQTL - Subestação Móvel 40 MVA Revisão 00 - 2026										
Fabricante:				N° Pedido:						
Modelo:				Código Equatorial:						
N° 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%							
2.2	Ensaio Elétricos									
2.2.1	Energização do painel	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.2.2	Verificação de cada circuito de cada minidisjuntor	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.2.3	Verificação da funcionalidade de todos os componentes	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.2.4	Verificação do correto faseamento dos circuitos de saída CA	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.2.5	Verificação da correta polaridade dos circuitos de saída CC	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.2.6	Verificação do circuito de calefação, iluminação e tomadas	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
3	PARA-RAIOS									
3.1	Inspeção Visual									
3.1.1	Verificação e identificação dos dados de placa	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.1.2	Verificação da pintura, galvanização e ausência de oxidações	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.1.3	Verificação da montagem conforme projeto	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.1.4	Verificação da integridade dos isoladores	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.1.5	Verificação das conexões	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.1.6	Verificação da base isolante	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 104 de 106
		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Título: Subestação Móvel 40 MVA		Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial	

Anexo V – Comissionamento no Destino

ANEXO V - PLANO DE INSPEÇÃO E TESTES - PIT - COMISSONAMENTO NO DESTINO ET.00324.EQTL - Subestação Móvel 40 MVA Revisão 00 - 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	Ensaios 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%							
2.2	Ensaios Elétricos									
2.2.1	Energização do painel	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.2.2	Verificação de cada circuito de cada minidisjuntor	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.2.3	Verificação da funcionalidade de todos os componentes	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.2.4	Verificação do correto faseamento dos circuitos de saída CA	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.2.5	Verificação da correta polaridade dos circuitos de saída CC	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
2.2.6	Verificação do circuito de calefação, iluminação e tomadas	Conforme ABNT NBR 5410	100%							
3	PARA-RAIOS									
3.1	Inspeção Visual									
3.1.1	Verificação e identificação dos dados de placa	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.1.2	Verificação da pintura, galvanização e ausência de oxidações	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.1.3	Verificação da montagem conforme projeto	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.1.4	Verificação da integridade dos isoladores	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.1.5	Verificação das conexões	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.1.6	Verificação da base isolante	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.2	Ensaios Elétricos									
3.2.1	Medição da resistência de isolamento total do conjunto	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.2.2	Medição da resistência de isolamento da base isolante	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.2.3	Medição das perdas e capacitância total e individual de cada elemento	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
3.2.4	Verificação da atuação do contador de descarga e funcionamento do amperímetro, quando equipado com estes recursos	Conforme ABNT NBR IEC 60099-5	100%							
4	MÓDULO HÍBRIDO DE MANOBRA									

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	Homologado em: 10/08/2026	Página: 105 de 106
Título: Subestação Móvel 40 MVA		ET.00324.EQTL	Revisão: 00
Classificação da informação: ☒ Público ☐ Interno ☐ Restrito ☐ Confidencial			

11. CONTROLE DE REVISÕES

REV	DATA (Elaboração / Revisão)	ITEM	DESCRIÇÃO DA MODIFICAÇÃO	RESPONSÁVEL
00	31/07/2026	Todos	Emissão Inicial	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

Francerday Marlos Menezes Pinheiro – Gerência Corporativa de Manutenção AT

Karlyson Caio Bottentuit Gomes – Gerência Corporativa de Automação

Edar Augusto Melo Rickes Júnior – Gerência Corporativa de Automação

REVISOR (ES)

Fabício Luis Silva – Gerência Corporativa de Normas e Qualidade

APROVADOR (ES)

Jorge Alberto Oliveira Tavares – Gerência Corporativa de Normas e Qualidade

SUBESTAÇÃO MÓVEL 40 MVA

GRUPO
equatorial

