



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

**ANEXO II.B – APENSO 7 – REFERÊNCIAS E PADRÕES ORIENTATIVOS PARA A
CONCESSIONÁRIA DEFINIR AS ESPECIFICAÇÕES E NÍVEIS DE QUALIDADE
PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO BÁSICO, EXECUTIVO E INSTALAÇÃO DOS
SISTEMAS DE ENERGIA**



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1. INTRODUÇÃO

Este Apenso 7 define as características técnicas, funções operacionais, requisitos e demais diretrizes básicas referenciais e orientativas para que a CONCESSIONÁRIA possa definir especificações mais detalhadas na elaboração dos PROJETOS BÁSICO e EXECUTIVO, assim como para instalação dos sistemas que estão descritos no Apenso 2.

Por essa razão, o conteúdo deste Apenso não tem caráter obrigatório e, portanto, entende-se que a CONCESSIONÁRIA poderá, de forma facultativa, utilizar o seu conteúdo como referência na elaboração dos PROJETOS BÁSICOS e EXECUTIVOS, bem como na documentação e manuais que os acompanham.

1.1 Glossário

1.1.1 Siglas e Abreviaturas

BB	Baterias – 125 Vcc;
ca	Corrente Alternada;
cc	Corrente Contínua;
CB	Carregador de Baterias – 220 Vca/125 Vcc;
CCO	Centro de Controle Operacional;
COE	Console de Operações de Energia;
CD	Caixa de Distribuição de Telefonia;
CLP	Controlador Lógico Programável;
CMC	Cubículo de Manobra e Controle – Média Tensão;
CPF	Caixa Porta-Fusível – 125 Vcc;
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos;
DR	Dispositivos Diferencial Residual;
ET	Especificação Técnica;
FO	Fibra óptica;
IED	Dispositivo Eletrônico Inteligente;
IHM	Interface Homem Máquina;
PCC	Posto de Controle Centralizado da Subestação ou Cabine;
PCCP	Painel de Comando, Controle e Proteção;
PDCC	Painel de Distribuição de Corrente Contínua – 125 Vcc;
PDCA	Painel de Distribuição de Corrente Alternada – 220/127 Vca;
PE	Condutor de Proteção;
PL	Painel de Luz – 220/127 V;
PLE	Painel de Luz de Emergência – 125 Vcc;
RAC	Ramal de Alimentação ao Consumidor;
SCCS	Sistema de Comando, Controle e Supervisão;
SE	Subestação;
SPDA	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas;
SDAI	Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio;
SSO	Sala de Supervisão Operacional;



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

STE	Sistema de Transmissão de Energia;
STO	Sistema de Transmissão Óptico;
TC	Transformador de Corrente;
TF	Transformador de Potência;
TP	Transformador de Potencial;
UCD	Unidade Concentradora de Dados (rede aérea e circuitos ‘
UDQ	Unidade de Diodos de Queda;
USCC	Unidade de Supervisão de Corrente Contínua;
UTR	Unidade de Transmissão Remota;
UPC	Unidades de Processamento Central.

1.1.2 Normas, leis, decretos e documentos de referência

1.2 Características construtivas dos equipamentos do sistema de alta tensão – 88/138 KV

1.2.1 Para-raios – 84/120 kV

1.2.1.1 Características construtivas e acessórios

1.2.1.1.1 Isoladores de Base

Os para-raios serão implantados com isoladores para base, a fim de possibilitar a instalação do respectivo contador de descarga.

1.2.1.1.2 Terminal de Linha

Os para-raios serão implantados com terminal de linha, tipo barra chata, na posição vertical, com furação NEMA (4 furos).

1.2.1.1.3 Contador de Descargas

Os para-raios serão implantados com contadores de descarga de tipo adequado, de uso externo, próprios para não apenas contar as descargas, mas também para indicar as condições internas dos para-raios (com medidor de vazamento de corrente).

1.2.2 Transformador de Potencial - 88/138 kV

1.2.2.1 Características construtivas e acessórios

Os transformadores de potencial e seus acessórios formarão um conjunto completamente autossustentável e próprio para montagem vertical, em cima de estrutura suporte, tipo pedestal.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

O núcleo e os enrolamentos do transformador serão rigidamente montados, devidamente fixados, e separados por barreiras isolantes, de modo a evitar qualquer vibração excessiva, causada por esforços oriundos de curto-circuito, de manuseio ou de ocorrências de ondas de impulso, cujos valores estejam situados dentro dos limites de ensaio estabelecidos por norma (ver item 1.1.2 deste Apenso).

Cada transformador de potencial será implantado com olhais de suspensão, para levantamento do conjunto.

O invólucro do transformador de potencial será implantado com registros, ou dispositivos similares, montados na sua parte inferior, a fim de permitir sua drenagem completa, bem como a coleta de amostra de óleo.

Cada transformador de potencial terá um indicador, devidamente graduado, de modo a mostrar o nível correto do óleo.

1.2.2.1.1 invólucro de Porcelana

O invólucro de porcelana atenderá os requisitos da Norma ABNT NBR 5032 e será fabricado por processo que utiliza matéria prima úmida, homogênea, isenta de fragmentos, cavidades ou outras imperfeições e porosidades. Sua vitrificação será impermeável à umidade e livre de imperfeições, falhas e de cor marrom.

Todas as partes isolantes da bucha ou invólucro de porcelana serão projetadas de tal modo que nenhum esforço seja desenvolvido como decorrência das variações de temperatura.

1.2.2.1.2 Base do Transformador de Potencial

Cada transformador de potencial será implantado com placa de base para permitir a sua montagem na posição vertical, em cima de estrutura suporte e que será projetada de modo que a altura mínima dos terminais do transformador de potencial ao solo, contados a partir da base de concreto, esteja conforme PROJETO EXECUTIVO de instalação.

1.2.2.1.3 Câmara de Expansão

No topo do transformador haverá uma câmara de expansão, a fim de compensar variações de volume do óleo, causadas pela variação de temperatura. O tipo de câmara será preenchido com nitrogênio sob pressão e todas as juntas de vedação deverão ficar abaixo do



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

nivelamento mínimo de óleo. Este tipo de câmara de expansão trabalhará à pressão atmosférica, impedindo qualquer contato entre o líquido isolante e a atmosfera ambiente.

1.2.2.1.4 Terminal de Linha

Todos os Transformadores de Potencial serão implantados com terminal tipo barra chata, com furação NEMA (4 furos).

1.2.2.1.5 Caixa de Terminais Secundários

Todos os terminais secundários, devidamente identificados, serão conectados a um lado de um bloco terminal do tipo parafuso passante, montado no interior de uma caixa terminal, com grau de proteção IP 54, conforme Norma NBR IEC 60529.

Os enrolamentos secundários serão protegidos por disjuntores termomagnéticos, adequadamente dimensionados em função da capacidade térmica e magnética destes enrolamentos secundários. A atuação desses disjuntores deverá ser supervisionada remotamente.

A caixa de terminais deverá ter tampa inferior removível, para facilitar a execução, na obra, das furações necessárias para a entrada de eletrodutos.

1.2.3 Chave Seccionadora Tripolar Motorizada - 138 kV

O tipo de abertura da chave deverá ser definido no PROJETO EXECUTIVO conforme o projeto de arranjo dos equipamentos do pátio da subestação e a disponibilidade de espaço.

1.2.3.1 Características construtivas e acessórios

Na parte inferior do eixo vertical de comando, em posição acessível à leitura, existirá um dispositivo mecânico, indicando a posição aberta ou fechada das lâminas das seccionadoras.

Deverão conter cordoalhas flexíveis de aterramentos dos mecanismos de acionamentos.

Todas as ferragens serão zincadas por imersão à quente para fixação do mecanismo de acionamento, da chave seccionadora e de comando, à estrutura suporte.

O afastamento entre polos da seccionadora deverá ser de 3000 mm.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.3.1.1 Operação

O mecanismo de operação será simultâneo para os três polos de chave, podendo ser acionado com ou sem motor, sendo que para o primeiro caso, será equipado de dispositivo que permita o comando local e remoto.

As operações de abertura e fechamento da seccionadora serão intertravadas eletricamente com o correspondente disjuntor, de forma a garantir a operação na condição somente sem carga.

1.2.3.1.2 Mecanismo de Comando

O mecanismo de comando da chave seccionadora será dimensionado para instalação sobre estrutura, com eixo na posição vertical. No caso de mecanismo motorizado, possuirão meios que permitam a sua operação manual sem que haja necessidade de retirar a tampa do cofre que os contém. O motor será alimentado em corrente contínua na tensão de 125 V (+10 % a -20 %). O circuito de alimentação será protegido por proteção termomagnética. O circuito do motor possuirá disjuntor independente e específico para proteção de carga indutiva. As atuações dos disjuntores termomagnéticos serão supervisionadas remotamente. Será previsto comando elétrico (pulsante) local, a partir da caixa de comando/cofre. Em cada painel que contém o mecanismo de acionamento, será montada uma chave com 12 contatos auxiliares, de 10 A, normalmente abertos ou fechados, reversíveis, em caixa à prova de tempo.

Por questões de segurança o dispositivo de acionamento manual que for utilizado para manobrar a seccionadora só poderá ser inserido quando da posição local e, se inserido, deve impedir o acionamento elétrico local ou remoto automático desta, deverá ainda prover meios de ser intertravada eletricamente com os disjuntores correspondentes.

O painel de comando terá ainda circuito protegido por disjuntores, incluindo resistência blindada controlada para desumidificação, iluminação e tomada 2P+T, na tensão de 220 Vca e frequência de 60 Hz.

De modo geral, o painel de comando de uso externo possuirá pintura na cor Munsell N6,5, grau de proteção IP 54 (Norma NBR IEC 60529), flange de acabamento inferior – entrada dos eletrodutos, respiro de ventilação protegido, trinco e maçaneta com chave Yale e ponto de conexão de aterramento.

Os circuitos de comando serão equipados e supervisionados com relé de supervisão de tensão.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.3.1.3 Isolador

O invólucro de porcelana seguirá os requisitos das Normas ABNT NBR 5032 e NBR 5417, será fabricado por processo que utilize matéria prima úmida, deverá ser homogênea. Não deverá conter fragmentos, cavidades ou outras imperfeições, porosidades, e sua vitrificação será impermeável à umidade e livre de imperfeições, falhas e de cor marrom.

Todas as partes isolantes da bucha ou invólucro de porcelana serão projetadas de tal modo que nenhum esforço seja desenvolvido como decorrência das variações de temperatura.

1.2.3.1.4 Terminal de Linha

Todos os equipamentos serão implantados com terminal tipo barra chata, com furação NEMA (4 furos).

1.2.4 Transformadores de Corrente - 88/138 kV

O presente item descreve as características construtivas dos transformadores de corrente unipolares, destinados aos serviços de medição e proteção, próprios para instalação externa.

1.2.4.1 Características construtivas e acessórios

O transformador de corrente e seus acessórios formarão um conjunto completamente autossustentável e próprio para montagem vertical, em cima de estrutura suporte, tipo pedestal.

O tanque do transformador será constituído com chapa de aço soldada e será adequadamente selado, de modo a evitar vazamentos e penetração de impurezas e umidade.

O transformador de corrente será implantado com olhais de suspensão, para levantamento do conjunto.

A bucha de alta tensão será montada na parte superior do tanque e deverá contar com câmara de expansão, indicador de nível de óleo e protetor primário contra surtos de tensão.

O tanque será implantado com registro montados na sua parte inferior, a fim de permitir sua drenagem completa, bem como a coleta de amostra de óleo.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.4.1.1 Invólucro de Porcelana

O invólucro de porcelana atenderá os requisitos das Normas ABNT NBR 5032 e NBR 5417 e será fabricado por processo que utiliza matéria prima úmida, deverá ser homogênea, isenta de fragmentos, cavidades ou outras imperfeições, porosidades e sua vitrificação será impermeável à umidade e livre de imperfeições, falhas e de cor marrom.

Todas as partes isolantes da bucha ou invólucro de porcelana serão projetadas de tal modo que nenhum esforço seja desenvolvido como decorrência das variações de temperatura.

1.2.4.1.2 Base do Transformador de Corrente

Cada transformador de corrente será implantado com placa de base para permitir a sua montagem na posição vertical, em cima de estrutura suporte e que será projetada de modo que a altura mínima dos terminais do transformador de potencial ao solo, contados a partir da base de concreto, esteja conforme PROJETO EXECUTIVO de instalação.

1.2.4.1.3 Câmara de Expansão

No topo do transformador haverá uma câmara de expansão, a fim de compensar variações de volume do óleo, causadas pela variação de temperatura. O tipo de câmara será preenchido com nitrogênio sob pressão e todas as juntas de vedação ficarão abaixo do nivelamento mínimo de óleo. Este tipo de câmara de expansão trabalhará à pressão atmosférica, impedindo qualquer contato entre o líquido isolante e a atmosfera ambiente.

1.2.4.1.4 Terminal de Linha

Todos os transformadores de corrente serão implantados com terminal de linha, tipo barra chata, com furação NEMA (4 furos).

1.2.4.1.5 Caixa de Terminais Secundários

Todos os terminais secundários, devidamente identificados, serão conectados a um bloco terminal do tipo parafuso passante, montado no interior de uma caixa terminal, com grau de proteção IP 54, conforme Norma NBR IEC 60529.

Os bornes terminais serão do tipo curto-circuitável e permitirá o aterramento de cada terminal secundário, de todos os enrolamentos secundários.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.5 Disjuntor Tripolar SF6 – 138 kV

1.2.5.1 Características construtivas e acessórios

1.2.5.1.1 Painel de comando

De modo geral, o painel de comando de uso externo possuirá pintura na cor Munsell N6,5, flange de acabamento inferior – entrada dos eletrodutos, respiro ventilação protegido, trinco e maçaneta com chave e ponto de conexão de aterramento.

O painel de comando terá ainda circuito protegido por disjuntores, incluindo resistência blindada controlada de desumidificação, iluminação e tomada 2P+T, na tensão de 220 Vca e frequência de 60 Hz.

Além da proteção do circuito de comando e controle, o circuito do motor possuirá disjuntor independente e específico para proteção de carga indutiva. A atuação dos disjuntores termomagnéticos deverá ser supervisionada remotamente.

Os circuitos de comando deverão ser equipados e supervisionados com relé de supervisão de tensão.

1.2.5.1.2 Mecanismos de Operação dos Disjuntores

O disjuntor possuirá mecanismos de acionamento a mola, com supervisão de pressão mínima de operação. O mecanismo de operação será instalado em armário com grau de proteção IP 54, conforme norma NBR IEC 60529. O mecanismo deverá operar a abertura e fechamento de forma simultânea dos três polos e deverá ser provido com dispositivo anti bombeamento “antipump”. Este também deverá ser projetado para controle à distância, em 125 Vcc.

O sistema de carregamento de molas na opção manual (manivela) será equipado com redutor de força, a fim de que seja possível seu carregamento por apenas um operador.

Será equipado de mecanismo que iniba o carregamento motorizado da mola de acionamento quando da inserção da manivela de carregamento manual:

- (i) o disjuntor possuirá dispositivo de abertura (trip capacitivo), quando houver falta de energia auxiliar de 125 Vcc;
- (ii) o disjuntor terá duas bobinas de abertura.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.5.1.3 Isolador

O invólucro de porcelana atenderá os requisitos das Normas ABNT NBR 5032 e NBR 5417, será fabricado por processo que utilize matéria prima úmida, e ser homogêneo. Não conterá fragmentos, cavidades ou outras imperfeições, porosidades, e sua vitrificação será impermeável à umidade e livre de imperfeições, falhas e de cor marrom.

Todas as partes isolantes da bucha ou invólucro de porcelana serão projetadas de tal modo que nenhum esforço seja desenvolvido como decorrência das variações de temperatura.

1.2.5.1.4 Terminal de Linha

Todos os equipamentos serão implantados com terminal tipo barra chata, com furação NEMA (4 furos).

1.2.5.1.5 Base do Disjuntor

Cada disjuntor será implantado com placa de base para permitir a sua montagem na posição vertical, em cima de estrutura suporte de aço zincado à quente.

A estrutura suporte de aço zincado à quente será projetada de modo que a altura mínima, em relação ao solo, das partes sob tensão não isoladas e desprotegidas será de 4,50 m e que a altura mínima, em relação ao solo, das partes sob tensão reduzidas a zero, porcelanas e isoladores deverá ser de 2,50 m.

1.2.5.1.6 Meio extintor

O meio extintor utilizado será o gás SF₆. Haverá supervisão do gás SF₆ em dois estágios em face de um eventual vazamento. No primeiro estágio será acionado o alarme e no segundo o desligamento com bloqueio que impeça o seu religamento. Seu sistema será projetado de forma que sejam mantidos o isolamento nominal e a manobra de abertura de sua corrente nominal, mesmo que a pressão interna do gás caia ao nível da pressão atmosférica.

Com a chave seletora do disjuntor na posição local e a chave seccionadora à montante na posição fechada, o disjuntor não poderá permitir o seu fechamento.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.6 Transformador de Potência -88/138-34,5 kV

Os transformadores serão projetados e construídos para instalação ao tempo, de vida operacional longa, do tipo imerso em óleo isolante não tóxico, com resfriamento natural.

1.2.6.1 Características construtivas e acessórios

Estes deverão ser fabricados e implantados obedecendo às seguintes características:

1.2.6.1.1 Núcleo

O núcleo dos transformadores será construído com chapas de aço silício de cristais orientados, laminadas a frio de baixas perdas, do tipo antienvelhecimento, com as seguintes características: perdas específicas a 60 Hz, 15.000 Gauss, não superiores a 0,60 W/lb. As chapas serão isentas de impurezas e escórias, com o necessário recozimento após seu corte. A montagem das chapas do núcleo permitirá um amplo resfriamento. Os núcleos serão fortemente prensados por meio de cintas ou parafusos passantes isolados. As culatras serão prensadas por meio de perfis de aço e sistema de tirantes e parafusos isolados. A parte ativa será provida de ganchos para o seu manuseio. As estruturas de fixação permitirão o transporte seguro do transformador, sem deslizamento das capas e uma elevada resistência mecânica no funcionamento e em condições de curto-circuito, reduzindo ao mínimo as vibrações. As correntes parasitas serão reduzidas ao mínimo em toda construção e nas estruturas de fixação. O ponto único e acessível de aterramento do núcleo ficará na tampa principal do transformador.

1.2.6.1.2 Os enrolamentos

O enrolamento no lado primário será trifásico e alimentado por uma rede trifásica de 88 kV, religável em 138 kV; o enrolamento no lado secundário, ligado em estrela para uma tensão de 34,5 kV.

Os enrolamentos serão construídos em cobre eletrolítico de elevada pureza tanto quanto possível sem soldas e isolados com papel termo estabilizado de alta qualidade, sendo estes condizentes com as solicitações térmicas, elétricas e mecânicas previstas.

Os transformadores funcionarão com potência nominal, em serviço contínuo, sem ultrapassar a elevação de temperatura máxima prevista nas Normas para os materiais isolantes utilizados na sua fabricação.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

A disposição dos condutores e do enrolamento será efetuada de modo a proporcionar uma distribuição sensivelmente linear das sobretensões. O isolamento dos enrolamentos será do tipo total. Os enrolamentos não sofrerão deformação de nenhuma espécie nas solicitações mecânicas permanentes ou transitórias de correntes de curto-circuito. Os terminais dos enrolamentos e as intermediárias serão fixadas de modo a evitar quaisquer danos ocasionados por vibrações.

A secagem do núcleo completo com os enrolamentos será realizada a vácuo. O conjunto núcleo enrolamento será fixado em caixa de modo a evitar deslizamento durante o transporte do transformador.

O resfriamento dos transformadores será feito naturalmente, pelo próprio ar ambiente.

Deverão ser empregados materiais isolantes da classe F.

1.2.6.1.3 Comutador e Derivações

Os transformadores serão equipados com comutadores de derivação em vazio, no lado de alta tensão, protegidos da intempérie e com todas as posições marcadas de forma legível e indelével. Serão de construção mecânica e eletricamente robusta e providos com mecanismo externo para comutação manual e travamento por meio de cadeado, em cada posição. As derivações para comutação em vazio dos transformadores serão dimensionadas para a potência nominal, isto é, o transformador fornecerá esta potência com o comutador em qualquer um dos “taps” sem superar os limites de temperatura prescritos.

1.2.6.1.4 Comutador de Religação Primário

O transformador possuirá comutador de religação sem tensão (vazio) ou painel de religação para permitir a mudança de tensão dos enrolamentos acessíveis externamente, sem a necessidade de retirada ou rebaixamento de seu líquido isolante.

O comutador de religação sem tensão será aplicado obrigatoriamente para mudança das derivações no enrolamento de alta tensão e para a religação 88/138 kV. O mecanismo de acionamento possuirá indicação de posição, possuir trava e tranca para instalação de cadeado em qualquer posição e a manivela de acionamento estará posicionada, preferencialmente, a uma altura mínima de 500 mm e máxima de 1.500 mm da base do transformador.

Os painéis de comutação possuirão tampas com previsão para instalação de cadeado, possuir clara identificação dos terminais e placas de aço inox com as respectivas conexões para



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

cada tensão.

Todos os materiais do comutador ou painel e as juntas de vedação utilizadas serão compatíveis com o líquido isolante utilizado no transformador e resistir às condições de temperaturas máximas de operação do transformador e às condições de vácuo e pressão a que estão sujeitos.

1.2.6.1.5 Buchas isolantes

Lado primário: três buchas de classe de isolamento de 145 kV e nível básico de isolamento ao impulso de 650 kV. Localizadas na tampa superior do transformador, serão do tipo capacitivo, com câmara e indicador de nível de óleo, bujões para enchimento e saída de gases, e derivação de potencial capacitivo para medição (capacitância e tg δ).

Lado secundário: quatro buchas de classe de isolamento 36,2 kV e nível básico de isolamento ao impulso de 200 kV. As localizações das saídas das buchas serão objeto do PROJETO EXECUTIVO, conforme definição da melhor forma de instalação e das seções/quantidades de condutores. Se localizadas lateralmente no tanque do transformador serão protegidas por invólucro metálico com tampa e flange inferior removível e com folga de espaço para instalação dos condutores de MT.

Os terminais de todos os enrolamentos dos transformadores serão levados para o lado exterior da caixa por meio de buchas de características adequadas e do tipo para instalação externa. As buchas serão de porcelana maciça esmaltados, homogêneas e isentas de falhas e porosidades. As buchas serão desmontáveis, sem necessidade de abrir a caixa do transformador, possuir meios para içamento e placas de identificação. Os terminais externos de corrente serão de hastes cilíndricas de cobre de 30 mm de diâmetro e 125 mm de comprimento.

As buchas deverão possuir espaços para instalação de TCs, em conformidade com as funções de proteção e as características técnicas, a serem definidas no PROJETO EXECUTIVO.

As buchas serão ensaiadas conforme Norma NBR 5034.

1.2.6.1.6 Terminal de Linha

Todos os equipamentos deverão ser implantados com terminal tipo barra chata, com furação NEMA (4 furos).



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

1.2.6.1.7 Transformador de Corrente Toroidal a Serem Instalados na Bucha

As buchas dos lados de AT e BT, além das necessárias a outras finalidades, serão equipadas com transformadores de corrente para ligação ao relé para proteção diferencial (AT) e imagem térmica. Estes TCs possuirão classe de exatidão 10B, carga e relação de transformação, a serem dimensionados durante o PROJETO EXECUTIVO, bem como definir as demais características técnicas, conforme indicado no Diagrama Unifilar de cada Subestação.

1.2.6.1.8 Tanque Principal

O tanque dos transformadores será constituído por chapas de aço soldadas a arco, reforçadas com perfis de aço, de construção robusta e apto a suportar sem sofrer qualquer deformação permanente ou vazamento a sobrepressão de 0,3 kgf/cm² durante 24 horas ou vácuo de 0,3 mbar. As provas de vazamento de óleo, juntas e costuras deverão ser soldadas onde for possível. Todas as juntas passíveis de serem abertas serão projetadas de modo a permitir que, na montagem, seja fácil torná-las à prova de vazamento.

No tanque serão previstos olhais ou orelhas de tração e suspensão, para o levantamento do transformador completo, totalmente cheio de líquido isolante. Serão previstas tampas de inspeção interna dos enrolamentos, derivações e conexões das buchas no tanque do transformador e no tanque de expansão.

Possuirá rodeiros bidirecionais para movimentação e respectivos apoios para macaco. Serão implantados também os calços para evitar movimentação do transformador no trilho. A bitola entre rodas do transformador deverá ser de 1600 mm.

O tanque deverá ser munido de radiadores e deverá possuir os seguintes acessórios:

- (i) termômetro indicador (local remoto) com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (ii) relé de temperatura do líquido isolante;
- (iii) sensores de supervisão de temperatura do enrolamento (indicação local e remota), incluindo o transdutor, e relés com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (iv) relé detector de gás (tipo Buchholz) com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento) e com purgador localizado a dois metros de altura;
- (v) na tubulação de ligação entre o conservador e o tanque, deverão possuir dois registros (jusante e montante), onde será instalado o relé detector de gás



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

(Buchholz). Este arranjo permitirá a remoção deste, sem esvaziar o conservador e o tanque;

- (vi) fiação completa do relé Buchholz e do termostato até a caixa de terminais;
- (vii) dispositivo de indicação do nível do líquido isolante com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (viii) válvula de alívio de pressão interna com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (ix) secador de ar “sílica gel” (no mínimo, 1 kg de sílica gel para cada 2.000 l de óleo);
- (x) válvula de drenagem do líquido isolante;
- (xi) válvulas para a filtragem do líquido isolante;
- (xii) dispositivos para retirada de amostra do líquido isolante;
- (xiii) bornes terminais para o aterramento do tanque (2 pontos diagonalmente opostos com respectivos conectores);
- (xiv) todas as válvulas para filtragem terão rosca para cano 1 1/2”;
- (xv) todas as válvulas possuirão tampões seladores;
- (xvi) todos os dispositivos auxiliares (alarme e desligamento) possuirão contatos elétricos reversíveis, livres de potenciais;
- (xvii) as tubulações de ligação dos radiadores deverão estar equipadas com válvulas tipo borboleta;
- (xviii) relés de monitoramento de temperatura do transformador de potência.
- (xix) o sistema de monitoramento e controle de temperatura de óleo e do enrolamento dos transformadores de potência, com tecnologia microprocessada e digital, atenderá no mínimo às seguintes funções:
 - (xx) medição, alarme e desligamento;
 - (xxi) registro de eventos com estampa de tempo;
 - (xxii) indicação remota on-line de temperatura via supervisão;
 - (xxiii) displays digitais “LED” para medições de temperaturas independentes (óleo e enrolamento);



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (xxiv) autodiagnóstico de defeito;
- (xxv) auto calibração das medições;
- (xxvi) contatos livres de potenciais;
- (xxvii) portas de comunicação serial: RS-232, Rs-485 e ethernet;
- (xxviii) protocolo de comunicação MODBUS RTU e DNP3, IEC 61850 redundante.

1.2.6.1.9 Líquido isolante

Será utilizado, no mínimo, óleo mineral isolante naftênico (tipo A), especialmente refinado para uso como meio isolante e refrigerante de transformadores. O óleo isolante será livre de ácidos inorgânicos, álcalis, enxofre e compostos corrosivos.

1.2.6.1.10 Radiadores

A refrigeração do óleo será feita por meio de radiadores do tipo removível, com acabamento zincado por imersão à quente, montados lateralmente no transformador. A fixação destes no tanque será feita por meio de flanges munidas de válvulas do tipo borboleta de duas posições (aberta e fechada), que permitirão a remoção dos radiadores sem necessidade de esvaziamento do tanque. Para movimentação destes, estarão equipados com olhais para içamento.

Cada radiador deverá possuir bujões na parte inferior, para retirada do óleo.

1.2.6.1.11 Elevação de temperatura

Nos transformadores sob condição de plena capacidade, a temperatura média de cada enrolamento não ultrapassará 55 °C acima da temperatura ambiente, compreendida entre 0 °C e 50 °C. A elevação da temperatura no ponto mais quente dos enrolamentos não deverá ultrapassar 155 °C.

1.2.6.1.12 Tanque de Expansão

O transformador será provido de um tanque de expansão, dotado de tampas de inspeções, olhais de suspensão, registros superior e inferior em lados opostos, indicadores de níveis de óleo, bolsas ou membranas de borracha especial, resistente ao óleo isolante, para



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

permitir a variação de volume do óleo isolante contido no tanque principal e que evite qualquer contato direto do óleo com a atmosfera. As bolsas ou diafragmas terão flexibilidade suficiente para que não fiquem submetidas a esforços mecânicos prejudiciais, quando o óleo estiver em seus níveis mínimo ou máximo.

O tanque de expansão será localizado de tal forma que o óleo nele contido se encontre sempre acima do óleo contido dentro das bases das buchas de tensão primária.

Base

A base dos transformadores será do tipo truck, provida de rodas orientáveis para movimento em duas direções ortogonais e de bitola 1.600 mm.

A mudança de direção será feita com a ajuda de macacos que se apoiarão sobre pontos de apoio na base de concreto nivelado, para propiciar o giro da roda sobre os trilhos de rolamento. A altura livre necessária para sua colocação será de 280 mm. A base do tanque estará pelo menos a 80 mm acima do plano de rolamento.

1.2.6.1.13 Armário de Controle Local

O Armário de Controle Local será construído com chapa de aço, grau de proteção IP 54 conforme Norma NBR IEC 60529, cor cinza Munsell N6,5, com porta de acesso com dobradiça inox, tranca com chave e previsão para cadeado e travamento na posição aberta.

O armário deverá conter, no mínimo, os seguintes dispositivos:

- (i) todos os dispositivos de comando, controle e proteção;
- (ii) iluminação em 220 V, com comando automático por meio de fim de curso instalado na porta, e tomada 2P+T, com proteção através de disjuntor termomagnético;
- (iii) resistor blindado de aquecimento, 220 V, regulado por termostato de 20 °C a 120 °C e com proteção através de disjuntor termomagnético.

1.2.6.1.14 Régua de bornes terminais

Uma placa diagramática em aço inox (conforme item 5.1 anterior) contendo o esquema elétrico de força, comando e controle, disposição e denominação de todos os equipamentos acessórios do transformador, identificação dos bornes terminais, identificação dos enrolamentos



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

dos transformadores de corrente tipo bucha, faixas de medição e valores de ajustes dos dispositivos de medição e proteção e outros dados pertinentes aos equipamentos acessórios.

A tampa de obturação por onde serão executadas as furações para a entrada dos eletrodutos.

Os contatos auxiliares disponíveis para reserva deverão ser do tipo reversíveis (NA/NF), livres de potenciais.

1.2.6.1.15 Intercambialidade

Todos os transformadores serão intercambiáveis entre si.

1.2.6.1.16 Acabamento e Pintura

Todas as superfícies do tanque, tampa, radiadores e conservadores, tanto internas como externas, serão limpas, eliminando-se a poeira e outras impurezas por meio de jato de areia ou outro meio eficaz. Todas as rebarbas e rugosidades serão removidas. Todas as partes metálicas do transformador receberão três demãos de tinta antiferruginosa, na cor cinza Munsell N6,5, cuja durabilidade deverá ser de 5 anos, no mínimo.

1.2.7 Resistor de Aterramento

O resistor de aterramento, além de garantir a segurança dos equipamentos e de pessoas, deverá assegurar perfeita seletividade em caso falta à terra, restringindo o mesmo ao circuito com defeito.

1.2.7.1 Características construtivas e acessórios

Os resistores de aterramento serão instalados em um cubículo metálico, próprio para instalação ao tempo, de uso externo, completamente fechado em todos os lados, inclusive na parte superior (deverá possuir inclinação), com chapa metálica, exceto nas aberturas de ventilação com tela de proteção metálica e janelas de inspeção.

O cubículo terá grau de proteção para invólucro elétrico adequado, mínimo de IP 54, conforme Norma NBR IEC 60529.

O acesso às partes internas do cubículo será através de portas aparafusadas removíveis,



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

projetadas de modo a facilitar, de maneira simples, racional e segura a manutenção ou eventual remoção dos componentes.

A parte superior do cubículo possuirá caimentos constituídos de chapas metálicas e as extremidades da cobertura serão em forma de pingadeira (impedir a infiltração de água).

O sistema de ventilação será previsto com aberturas adequadas, providas de tela para proteção contra a entrada de poeira, insetos ou roedores, e que permitam uma boa dissipação do calor.

Os resistores serão instalados em uma estrutura suporte, sobre isoladores de epóxi classe de tensão 24 kV, sendo isolados da estrutura metálica do cubículo por meio de isoladores pedestal.

Os terminais para a ligação do neutro dos transformadores aos resistores de aterramento serão convenientemente arranjados de modo a permitir a conexão de cabos e muflas (através de bucha de passagem) com acesso pela parte inferior (tampa apropriada com guarnição de borracha) da caixa exclusiva compartimentada do cubículo.

Os terminais de entrada e saída serão adequados para a conexão de cabos de cobre de seção de até 70 mm², isolação classe 24 kV, devendo ser previsto o espaço interno necessário para a execução das muflas.

A placa de identificação, confeccionada em aço inox, conterá as informações indeléveis (características do equipamento) descritas de acordo com as normas pertinentes.

No cubículo, deverá ser providenciada a devida sinalização de segurança para atender à NR 10.

1.2.7.1.1 Resistores

Os resistores serão do tipo seco, com elementos em aço inoxidável, com características elétricas e de funcionamento tais, que se mantenham inalteráveis no tempo.

Os resistores de aterramento serão dimensionados para conduzir correntes por tempo limitado, permitindo a passagem da corrente suficiente para assegurar uma proteção seletiva contra faltas à terra.

Como interface de serviço, nos casos de falta à terra, serão analisados eventuais surgimentos de sobretensões temporárias (transientes) nas fases e, quando necessário, reduzir os efeitos danosos a níveis não significativos.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.7.1.2 Estrutura

As estruturas serão do tipo autoportante, construídas com perfis e chapas de aço tratados com espessura mínima de 3,18 mm (11 MSG), perfeitamente rígidos, retos e com as superfícies lisas, isentas de rebarbas.

Serão construídas com perfis de aço e fechadas com chapas de aço, assim como nas paredes divisórias entre compartimentos do cubículo.

Terá ainda, na parte superior dos cubículos, olhais ou alças removíveis para levantamento.

A cor da pintura final do cubículo será cinza Munsell N6,5.

As estruturas possuirão conectores de aterramento adequados para cabos de cobre com seção variando de 70 mm² a 95 mm², fixados por meios de parafusos solidamente soldados à estrutura ou conectores apropriados.

Todas as estruturas serão galvanizadas, pelo processo de imersão à quente, de acordo com as prescrições das normas internacionais aplicáveis. As soldas serão a arco elétrico, efetuadas antes da galvanização.

1.2.8 Transformador Retificador - 88/138-1,250 kV

1.2.8.1 Características construtivas e acessórios

1.2.8.1.1 Núcleo

O núcleo será construído com chapas de aço-silício de baixa perda, de cristais orientados, laminados a frio, do tipo antienvelhecimento.

A montagem das chapas do núcleo permitirá um amplo resfriamento. As colunas serão fortemente prensadas por meio de cintas ou parafusos passantes isolados. As culatras serão prensadas por meio de cintas ou parafusos passantes isolados.

O núcleo será provido de ganchos para o seu manuseio. As estruturas de fixação permitirão o transporte seguro do transformador, sem deslizamento das chapas e uma elevada resistência mecânica no funcionamento e em condições de curto-circuito, reduzindo ao mínimo as vibrações. As correntes parasitas serão reduzidas ao mínimo em todas as estruturas de fixação. O ponto único e acessível de aterramento do núcleo ficará na tampa principal do transformador.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.8.1.2 Enrolamento

Os enrolamentos serão construídos em cobre de elevada pureza tanto quanto possível sem soldas e isolados com papel termo estabilizado de alta qualidade, além de receber tratamento de pré-contracção antes de serem calçados. A disposição dos condutores e do enrolamento deverá ser efetuada de modo a proporcionar uma distribuição sensivelmente linear das sobretensões.

Os enrolamentos não sofrerão deformações de nenhuma espécie nas solicitações mecânicas permanentes ou transitórias de correntes de curto-circuito. Os terminais dos enrolamentos e as derivações intermediárias serão fixados de modo a evitar deslizamento durante o transporte do transformador.

A secagem do núcleo completo com os enrolamentos será realizada a vácuo.

O resfriamento dos transformadores será feito naturalmente, pelo próprio ar ambiente.

Deverão ser empregados materiais isolantes da classe F.

1.2.8.1.3 Tanque Principal

O tanque dos transformadores será constituído por chapas de aço soldadas a arco, reforçadas com perfis de aço, de construção robusta e apto a suportar sem sofrer qualquer deformação permanente ou vazamento a sobrepressão de 0,3 kgf/cm² durante 24 horas ou vácuo de 0,3 mbar. Será a prova de vazamento de óleo, juntas e costuras deverão ser soldadas onde for possível. Todas as juntas passíveis de serem abertas serão projetadas de modo a permitir que, na montagem, seja fácil torná-las à prova de vazamento.

No tanque serão previstos olhais ou orelhas de tração e suspensão, para o levantamento do transformador completo, totalmente cheio de líquido isolante. Serão previstas tampas de inspeção interna dos enrolamentos, derivações e conexões das buchas no tanque do transformador e no tanque de expansão.

Possuirá rodeiros bidirecionais para movimentação e respectivos apoios para macaco. Serão implantados também os calços para evitar movimentação do transformador no trilho. A bitola entre rodas do transformador deverá ser de 1600 mm.

O tanque deverá ser munido de radiadores e deverá possuir os seguintes acessórios:



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (i) termômetro indicador (local remoto) com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (ii) relé de temperatura do líquido isolante;
- (iii) sensores de supervisão de temperatura do enrolamento (indicação local e remota), incluindo o transdutor, e relés com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (iv) relé detector de gás (tipo Buchholz) com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento) e com purgador localizado a dois metros de altura;
- (v) a tubulação de ligação entre o conservador e o tanque deverá possuir dois registros (jusante e montante), onde será instalado o relé detector de gás (Buchholz). Este arranjo permitirá a remoção deste, sem esvaziar o conservador e o tanque;
- (vi) fiação completa do relé Buchholz e do termostato até a caixa de terminais;
- (vii) dispositivo de indicação do nível do líquido isolante com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (viii) válvula de alívio de pressão interna com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (ix) secador de ar "sílica gel" (no mínimo, 1 kg de sílica gel para cada 2.000 l de óleo);
- (x) válvula de drenagem do líquido isolante;
- (xi) válvulas para a filtragem do líquido isolante;
- (xii) dispositivos para retirada de amostra do líquido isolante;
- (xiii) bornes terminais para o aterramento do tanque (2 pontos diagonalmente opostos com respectivos conectores);
- (xiv) todas as válvulas para filtragem terão rosca para cano 1 1/2";
- (xv) todas as válvulas possuirão tampões seladores;
- (xvi) todos os dispositivos auxiliares (alarme e desligamento) possuirão contatos elétricos reversíveis, livres de potenciais;
- (xvii) as tubulações de ligação dos radiadores deverão estar equipadas com válvulas tipo borboleta.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (xviii) relés de monitoramento de temperatura do transformador de potência
- (xix) o sistema de monitoramento e controle de temperatura de óleo e do enrolamento dos transformadores de potência, com tecnologia microprocessada e digital, atenderá no mínimo às seguintes funções:
- (xx) medição, alarme e desligamento;
- (xxi) registro de eventos com estampa de tempo;
- (xxii) indicação remota on-line de temperatura via supervisório;
- (xxiii) displays digitais "LED" para medições de temperaturas independentes (óleo e enrolamento);
- (xxiv) autodiagnóstico de defeito;
- (xxv) auto calibração das medições;
- (xxvi) contatos livres de potenciais;
- (xxvii) portas de comunicação serial: rs-232, rs-485 e ethernet;
- (xxviii) protocolo de comunicação modbus rtu e dnp3, iec 61850 redundante.

1.2.8.1.4 Base

A base dos transformadores será do tipo truck, provida de rodas orientáveis para movimento em duas direções ortogonais e de bitola 1.600 mm.

A mudança de direção será feita com a ajuda de macacos que se apoiarão sobre pontos de apoio na base de concreto nivelado, para propiciar o giro da roda sobre os trilhos de rolamento. A altura livre necessária para sua colocação será de 280 mm. A base do tanque estará pelo menos a 80 mm acima do plano de rolamento.

1.2.8.1.5 Radiadores

A refrigeração do óleo será feita por meio de radiadores do tipo removíveis, com acabamento zincado por imersão à quente, montados lateralmente no transformador. A fixação destes no tanque será feita por meio de flanges munidas de válvulas do tipo borboleta de duas posições (aberta e fechada), que permitirão a remoção dos radiadores sem necessidade de esvaziamento do tanque. Para movimentação destes, estarão equipados com olhais para içamento.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Cada radiador deverá possuir bujões na parte inferior, para retirada do óleo.

1.2.8.1.6 Líquido Isolante

Será empregado, no mínimo, óleo mineral isolante naftênico (tipo A), especialmente refinado para uso como meio isolante e refrigerante de transformadores. O óleo isolante será livre de ácidos inorgânicos, álcalis, enxofre e compostos corrosivos.

1.2.8.1.7 Elevação de Temperatura

Nos transformadores sob condição de plena capacidade, a temperatura média de cada enrolamento não ultrapassará 55 °C acima da temperatura ambiente, compreendida entre 0 °C e 50 °C. A elevação da temperatura no ponto mais quente dos enrolamentos não ultrapassará 155 °C.

1.2.8.1.8 Sobrecarga

Os transformadores serão projetados para suportar as sobrecargas diárias, dos grupos retificadores, em conformidade com as prescrições indicadas para a Classe de tração pesada VI (Heavy Traction) da Norma IEC 60146.

1.2.8.1.9 Intercambialidade

Todos os transformadores deverão ser intercambiáveis entre si.

1.2.8.1.10 Comutador de Derivações Sem Carga

Os transformadores serão equipados com comutadores de derivação em vazio, no lado primário, protegidos da intempérie e com todas as posições marcadas de forma legível e indelével. Serão de construção mecânica e eletricamente robusto e provido com mecanismo externo para comutação manual e travamento por meio de cadeado, em cada posição. As derivações para comutação em vazio dos transformadores serão dimensionadas para a potência nominal, isto é, o transformador fornecerá esta potência com o comutador em qualquer um dos “taps” sem superar os limites de temperatura prescritos.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.8.1.11 Comutador de Religação Primário

O transformador possuirá comutador de religação sem tensão (vazio) ou painel de religação para permitir a mudança de tensão dos enrolamentos acessíveis externamente, sem a necessidade de retirada ou rebaixamento de seu líquido isolante.

O comutador de religação sem tensão será aplicado obrigatoriamente para mudança das derivações no enrolamento de alta tensão e para a religação 88/138 kV. O mecanismo de acionamento possuirá indicação de posição, possuir trava e tranca para instalação de cadeado em qualquer posição e a manivela de acionamento estará posicionada, preferencialmente, a uma altura mínima de 500 mm e máxima de 1.500 mm da base do transformador.

Os painéis de comutação possuirão tampas com previsão para instalação de cadeado, possuir clara identificação dos terminais e placas de aço inox com as respectivas conexões para cada tensão.

Todos os materiais do comutador ou painel e as juntas de vedação utilizadas serão compatíveis com o líquido isolante utilizado no transformador e resistir às condições de temperaturas máximas de operação do transformador e às condições de vácuo e pressão a que estão sujeitos.

1.2.8.1.12 Buchas

Lado primário: Localizadas na tampa superior do transformador, serão do tipo capacitivo, com câmara e indicador de nível de óleo, bujões para enchimento e saída de gases e derivação de potencial capacitivo para medição (capacitância e tg δ).

Lado secundário: Buchas de porcelana. Localizadas na tampa superior do transformador. De acordo com a maneira de instalação e as seções/quantidades de condutores, os conectores dos terminais deverão possuir furações suficientes e folga de espaço para instalação dos condutores de MT, incluindo facilidade de fixação e proteção desses condutores.

Os terminais de todos os enrolamentos dos transformadores serão levados ao exterior do tanque por meio de buchas de características adequadas para instalação externa. Os isoladores serão de porcelana maciça esmaltados, homogêneos e isentos de falhas e porosidade. As buchas serão desmontáveis, sem necessidade de abrir a caixa do transformador, possuir meios para içamento e placas de identificação. Os terminais externos de corrente serão de hastes cilíndricas de cobre de 30 mm de diâmetro e de 80 mm de comprimento.

As buchas possuirão espaços para instalação de TCs, em conformidade com as funções



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

de proteção e as características técnicas a serem definidas no PROJETO EXECUTIVO:

- (i) as buchas serão ensaiadas conforme Normas NBR 5034 e NBR 12460.
- (ii) as buchas possuirão, ainda, as seguintes características técnicas:
- (iii) lado primário: três buchas de classe de isolamento 145 kV;
- (iv) lado secundário: seis buchas de classe de isolamento 7,2 kV.

1.2.8.1.13 Terminal de Linha

Todos os equipamentos serão implantados com terminal tipo barra chata, com furação NEMA (4 furos).

1.2.8.1.14 Transformador de Corrente Toroidal a Serem Instalados na Bucha

As buchas dos lados de BT serão equipadas com transformadores de corrente para proteção de imagem térmica. Estes TCs deverão possuir classe de exatidão 10B, carga, relação de transformação e demais características técnicas a serem dimensionadas durante o PROJETO EXECUTIVO.

1.2.8.1.15 Tanque de Expansão

O transformador será provido de um tanque de expansão, dotado de tampas de inspeções, olhais de suspensão, registros superior e inferior em lados opostos, indicadores de níveis de óleo, bolsas ou membranas de borracha especial, resistente ao óleo isolante, para permitir a variação de volume do óleo isolante contido no tanque principal e que evite qualquer contato direto do óleo com a atmosfera. As bolsas ou diafragmas terão flexibilidade suficiente para que não fiquem submetidas a esforços mecânicos prejudiciais, quando o óleo estiver em seus níveis mínimo ou máximo.

O tanque de expansão será localizado de tal forma que o óleo nele contido se encontre sempre acima do óleo contido dentro das bases das buchas de tensão primária.

1.2.8.1.16 Armário de Controle Local

O Armário de Controle Local será construído de chapa de aço, grau de proteção IP 54 conforme Norma NBR IEC 60529, cor cinza Munsell N6,5, com porta de acesso com dobradiça



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

inox, tranca com chave e previsão para cadeado e travamento na posição aberta. Este será isolado da carcaça do transformador.

O armário incluirá, no mínimo, os seguintes dispositivos:

- (i) todos os dispositivos de comando, controle e proteção;
- (ii) iluminação em 220 Vca, com comando automático por meio de fim de curso instalado na porta, e tomada 2P+T, com proteção através de disjuntor termomagnético monopolar;
- (iii) resistor blindado de aquecimento, 220 Vca, regulado por termostato de 20 °C a 120 °C e com proteção através de disjuntor termomagnético bipolar.

1.2.8.1.17 Régua de bornes terminais

Uma placa diagramática (conforme item 5.1 anterior) contendo o esquema elétrico de força, comando e controle, disposição e denominação de todos os equipamentos acessórios do transformador, identificação dos bornes terminais, identificação dos enrolamentos dos transformadores de corrente tipo bucha, faixas de medição e valores de ajustes dos dispositivos de medição e proteção e outros dados pertinentes aos equipamentos acessórios;

O chassi onde serão montados os equipamentos deverá ser isolado do armário;

A tampa de obturação por onde serão executadas as furações para a entrada dos eletrodutos deverá ser de material isolante (placa de fenolite);

Os contatos auxiliares disponíveis para reserva deverão ser do tipo reversíveis (NA/NF), livres de potenciais.

1.2.8.1.18 Acabamento e Pintura

Todas as superfícies do tanque, tampa, radiadores e conservadores, tanto internas como externas, serão limpas, eliminando-se a poeira e outras impurezas por meio de jato de areia ou outro meio eficaz. Todas as rebarbas e rugosidades serão removidas. Todas as partes metálicas do transformador receberão três demãos de tinta antiferruginosa, na cor cinza Munsell N6,5, cuja durabilidade deverá ser de, no mínimo, 5 anos.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.9 Barramentos 138 kV e 34,5 kV

1.2.9.1 Características construtivas e acessórios

Os tubos de alumínio apresentarão características como alta condutibilidade elétrica, boa resistência mecânica, boa resistência à corrosão e boa conformabilidade.

Suportarão os esforços eletrodinâmicos decorrentes da máxima corrente de curto-circuito prevista no local de instalação.

Serão evitados cortes desnecessários nos tubos, devendo os desenhos de arranjo com a indicação dos conectores a serem utilizados, bem como a memória contendo o cálculo das solicitações nos barramentos decorrentes das forças eletrodinâmicas por ocasião de curtos-circuitos.

Para execução do arranjo dos equipamentos e sustentação dos barramentos em questão, serão utilizados tantos isoladores/conectores de expansão quantos forem necessários, conforme PROJETO EXECUTIVO.

Os barramentos atenderão aos requisitos técnicos mínimos para a apresentação da documentação técnica, fabricação, ensaios, montagem e instalação de Barramentos de Alta e Média Tensão previstos para as Subestações.

O diâmetro externo, espessura da parede e comprimento padrão do tubo estarão em conformidade com o PROJETO EXECUTIVO.

O acabamento da superfície cilíndrica do tubo de alumínio deverá ser livre de emendas, riscos, trincas, impurezas e outras imperfeições que possam vir a causar aumento de rádio interferência, de perdas por efeito corona e diminuição da condutibilidade.

1.2.9.1.1 Materiais e Acessórios

Os barramentos de alta tensão e média tensão, construídos de tubos de alumínio, serão implantados de forma completa, conforme o PROJETO EXECUTIVO, com todos os componentes, os materiais e os acessórios bem como os não expressamente especificados, mas necessários ao seu perfeito desempenho e funcionamento.

1.2.9.1.2 Documentos Técnicos

Farão parte do projeto elétrico, basicamente, os produtos gráficos e de texto como segue:

- (i) plantas, cortes e detalhes de montagem e instalação dos barramentos de alta tensão;



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (ii) desenhos de cada tipo de tubo de alumínio e acessórios;
- (iii) manual de instruções gerais;
- (iv) memorial de cálculo (elétrico e mecânico);
- (v) procedimentos de testes de aceitação em fábrica e campo;
- (vi) lista de materiais;
- (vii) memorial descritivo.

Observações:

Os riscos de corrosão de materiais provocados pelo meio ambiente, pela junção de metais diferentes (corrosão galvânica), entre outros fatores presentes, serão cuidadosamente estudados e considerados no projeto e instalação dos barramentos de alta tensão.

Todos os materiais e acessórios, incluindo parafusos, porcas e arruelas, possuirão características para uso ao tempo.

Os barramentos suportarão, sem deformação, todas as condições de manuseio durante a fabricação, embarque, montagem, instalação e, também, suportabilidade aos esforços eletrodinâmicos decorrentes da máxima corrente de curto-circuito prevista e estabelecida no local de instalação.

Para os tubos de alumínio, serão utilizados conectores de alumínio. A furação (diâmetros e distâncias entre furos) dos conectores deverá seguir o padrão NEMA.

Para se obter um desempenho satisfatório da conexão, as superfícies de contatos dos tubos de alumínio deverão ser limpas antes da instalação dos conectores (nota: as superfícies de óxidos que se formam nessa área agem como isolantes, que poderão resultar em uma alta resistência do conjunto).

Nos locais de instalação, por exemplo, de disjuntores e chaves seccionadoras, serão utilizados conectores de expansão, convenientemente empregados, de modo a evitar esforços ou vibrações nos terminais dos barramentos. Da mesma forma, onde for verificado problema de dilatação ou expansão térmica significativa, deverão ser previstas juntas expansores nos trechos dos barramentos.

Nos locais de realização de curvas em tubos de alumínio, serão observados os raios mínimos de curvatura permitidos por normas e fabricante.

Nas extremidades dos tubos, onde aplicados, serão aplicados tampões anti-corona e de



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

acabamento.

Toda a instalação de barramentos estará protegida contra descargas atmosféricas, de acordo com o projeto específico do SPDA.

Os barramentos serão projetados e instalados em conjunto com os equipamentos que irão compor o arranjo da subestação e também com os demais acessórios necessários, como isoladores de pedestal ou multicorpo.

1.2.10 Isoladores Pedestal em 138 kV

1.2.10.1 Características construtivas e acessórios

O isolador pedestal e seus acessórios serão para uso externo e formar um conjunto completamente autossustentável tipo pedestal para as formas de montagem descritas a seguir:

- (i) montagem vertical, em estrutura suporte, quando instalado no piso;
- (ii) montagem horizontal, para instalação em estrutura suporte;
- (iii) o isolador pedestal será formado por uma coluna constituída por quatro isoladores.

Os isoladores serão rigidamente montados e devidamente fixados, de modo a evitar qualquer deslocamento causado por esforços mecânicos ou eletrodinâmicos correspondentes à máxima corrente de curto-circuito.

1.2.10.1.1 Isoladores de Porcelana

Os isoladores de porcelana atenderão aos requisitos das Normas ABNT e deverão ser fabricados por processo que utiliza matéria-prima úmida, homogênea, livre de fragmentos, cavidades ou outras imperfeições e porosidade. A vitrificação deverá ser impermeável à umidade, livre de imperfeições, falhas e de cor marrom.

1.2.10.1.2 Base do Isolador Pedestal

Cada isolador pedestal será implantado com sub-base para permitir a sua montagem nas posições já mencionadas, em estrutura suporte de aço zincado à quente ou pilares de concreto.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.2.10.1.3 Conectores

Os conectores de aterramento, adequados para cabo de cobre, de seção conforme dimensionamento da Malha de Terra. (variando de 70 mm² a 95 mm²);

Os conectores de alta tensão serão adequados para ligação a tubo de alumínio ou cabos.

1.2.11 Isoladores Multicorpo – 34,5 kV

1.2.11.1 Características construtivas e acessórios

O isolador multicorpo e seus acessórios serão para uso externo e formar um conjunto completamente autossustentável para fixação de barramentos de alumínio, podendo ser de montagem vertical como horizontal em estrutura suporte.

Os isoladores serão rigidamente montados e devidamente fixados, de modo a evitar qualquer deslocamento causado por esforços mecânicos ou eletrodinâmicos correspondentes à máxima corrente de curto-circuito.

1.2.11.1.1 Isoladores de Porcelana

Os isoladores de porcelana atenderão aos requisitos das Normas ABNT e serão fabricados por processo que utiliza matéria-prima úmida, homogênea, livre de fragmentos, cavidades ou outras imperfeições e porosidade. A vitrificação será impermeável à umidade, livre de imperfeições, falhas e de cor marrom.

1.2.11.1.2 Base do Isolador

Cada isolador multicorpo será implantado com base metálica e pino integrante e permanente para permitir a sua montagem em estruturas suportes de aço zincado à quente ou pilares/vigas de concreto.

A altura da base deverá estar de acordo com a montagem de barramentos, a ser definida durante o projeto de arranjo executivo.

1.2.11.1.3 Conectores

Os conectores de aterramento, adequados para cabo de cobre, de seção conforme dimensionamento da Malha de Terra.

Os conectores de média tensão deverão ser adequados para ligação a tubo de alumínio.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

1.3 Equipamentos do sistema de média tensão

1.3.1 Cubículo com Disjuntor Extraível 36 kV e 17,5 kV

1.3.1.1 Cubículos de Média Tensão- Características construtivas e acessórios

Os cubículos serão do tipo "Metal Clad", de acordo com a Norma da ABNT NBR IEC 62271-200 e Norma ANSI C37.20, ser de construção adequada para instalação abrigada, completamente fechados em todos os lados, inclusive na parte superior, com chapa metálica, exceto nas aberturas de ventilação e janelas de inspeção.

Os dispositivos de comando e supervisão, alarme, os instrumentos de medição, os relés de proteção e as chaves de aferição (bloco de testes), entre outros eventuais, serão visíveis, de fácil acesso e instalados na parte frontal dos cubículos, nos compartimentos de baixa tensão.

Os demais equipamentos, como disjuntores de proteção (termomagnético), transformadores auxiliares, relés auxiliares, assim como as régua terminais, a fiação e outros eventuais componentes, serão instalados na parte interna do compartimento de baixa tensão.

As dimensões dos compartimentos e cubículos e a disposição dos vários componentes, relés e instrumentos deverão seguir os padrões dos painéis atualmente instalados em subestações e cabinas.

Os cubículos serão autoportantes, construção modular, totalmente compartimentados, classificação IAC, para atender a todas as exigências elétricas e eletromecânicas relacionadas nos ensaios de tipo da Norma NBR IEC 62271-200, e em especial que tenham suportabilidade comprovada aos ensaios de arco elétrico interno.

Os cubículos possuirão um grau de proteção adequado, mínimo de IP 41 para Instalação Interna e mínimo de IP 55 para Instalação ao tempo, conforme Norma ABNT NBR IEC 60529, sendo que as aberturas de ventilação serão protegidas por grades metálicas (filtros com tela aço inox) à prova de corrosão e eficientes para proteger os equipamentos contra a entrada de poeiras, roedores ou insetos, e as entradas de cabos terão o mesmo requisito de proteção.

O acesso às partes internas dos cubículos será através de portas ou painéis removíveis, projetados de modo a facilitar, de maneira simples, racional e segura a manutenção ou eventual remoção dos componentes.

Todas as portas dos compartimentos, com guarnições de borracha sintética, montadas bem firme com dobradiças invioláveis, de abertura 120°, trava de posição, terão trincos e fechaduras com chaves idênticas (única), de acionamento tipo Cremona.

Os cubículos serão projetados para a extração frontal do disjuntor montado em



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

compartimento exclusivo.

A atuação dos obturadores será através de movimento do disjuntor, e nunca operada pela ação da gravidade ou de vibrações. O dispositivo de desconexão será colocado e construído de forma a não expor o operador às partes vivas. Este obstáculo será dotado de etiqueta de advertência de perigo.

Os cubículos possuirão uma chave de fim de curso acionada pelo carrinho do disjuntor, cujos contatos sinalizarão remotamente a posição dos contatos principais do disjuntor, proporcionando as seguintes sinalizações luminosas:

- (i) disjuntor inserido: aberto e fechado;
- (ii) disjuntor extraído ou teste: poderá ser com a eliminação das sinalizações "aberto" e "fechado".

As sinalizações de extraído serão independentes da posição de tomada multipino.

As posições do carrinho do transformador de potencial também serão sinalizadas remotamente: inserido ou extraído.

Os transformadores de potencial, de corrente, entre outros equipamentos auxiliares, poderão ser montados no compartimento do cabo.

Os equipamentos do mesmo tipo, como cubículos das unidades de disjuntores, transformadores auxiliares etc., serão construídos de modo que cada unidade da mesma classificação seja intercambiável.

Todos os relés de proteção, relés auxiliares, instrumentos indicadores, instrumentos registradores, sinaleiros, transdutores, disjuntores termomagnéticos etc., serão alojados no compartimento de baixa tensão.

Da mesma forma, quando existir, switches da rede da interface de comunicação local e externa (comando, controle e supervisão) serão montados em compartimentos exclusivos dotados de visores transparentes nas portas, resistentes a impacto.

As carcaças dos cubículos serão concebidas para aterramento sólido. Os obturadores, portas etc. serão aterrados com condutores de terra dedicados e não serão aceitos aterramentos através de partes móveis como dobradiças e superfícies de contatos.

Nas portas frontais dos cubículos serão providos de barras mímicas, simbolizando, em relevo, os diagramas unifilares dos circuitos de potência.

As placas de identificação, confeccionadas em aço inox e localizadas nas portas – lado



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

interno, deverão conter as informações descritas na Norma NBR IEC 62271-200.

Os ensaios de rotina e de tipo a serem realizados nos cubículos de MT, entre os componentes e dispositivos internos, deverão satisfazer e estar em conformidade com as especificações descritas na Norma NBR IEC 62271-200.

1.3.1.2 Estruturas Metálicas Para Cubículos com Instalação Abrigada

As estruturas metálicas serão do tipo autoportante, perfeitamente rígidas e previstas para permitir facilidade nas ampliações laterais, e montadas de modo a se obter perfeito alinhamento e nivelamento do conjunto.

Serão empregados elementos modulares que permitam a fácil alteração dos circuitos elétricos, dos equipamentos e dos dispositivos instalados.

Serão construídas com perfis de aço e fechadas com chapas de aço de espessura mínima de 2,65 mm, assim como as paredes divisórias entre as seções principais de cada cubículo, ou de cubículos imediatamente adjacentes.

Deverão existir, ainda, na parte superior dos cubículos, alças removíveis para levantamento.

Deverá haver reforço adequado para as portas ou painéis que eventualmente forem usados como suporte para equipamentos.

As bases dos cubículos serão providas de perfis em "U" com furos adequados para parafusos e chumbadores para serem embutidos no concreto das obras civis para fundação ou ancoragem.

A preparação, o tratamento e a pintura superficial total dos cubículos, tanto externa como internamente, inclusive todas as chapas internas fixas, serão de acordo com as prescrições constantes neste Apenso. A cor da pintura final dos cubículos será cinza Munsell N6,5. Não serão aceitas partes com chapas galvanizadas aparentes, sem acabamento em pintura.

1.3.1.3 Estruturas Metálicas Para Cubículos com Instalação ao Tempo

As estruturas metálicas serão do tipo autoportante, perfeitamente rígidas e previstas para permitir facilidade nas ampliações laterais, e montadas de modo a se obter perfeito alinhamento e nivelamento do conjunto.

Serão empregados elementos modulares que permitam a fácil alteração dos circuitos



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

elétricos, dos equipamentos e dos dispositivos instalados.

Deverão ser construídas com perfis de aço e fechadas com chapas de aço pré-zincadas por imersão à quente, de espessura mínima de 3,0 mm, as paredes divisórias internas entre as seções principais de cada cubículo, com chapas pré-zincadas por imersão à quente de espessura mínima de 2,65 mm, ou de cubículos imediatamente adjacentes.

Deverão existir, ainda, na parte superior dos cubículos, alças removíveis para levantamento.

Deverá haver reforço adequado para as portas ou painéis que eventualmente forem usados como suporte para equipamentos.

As bases dos cubículos serão providas de perfis em "U" com furos adequados para parafusos e chumbadores para serem embutidos no concreto das obras civis para fundação ou ancoragem.

A cobertura deverá possuir uma inclinação para a parte posterior e um beiral avançado sendo: na parte frontal de 800 mm, traseira 500 mm e laterais de 300 mm. Esta cobertura deverá ser adequada para escoar água pluvial e suportar as condições rígidas do tempo, como exemplo, os raios UVs, ao calor, ao pó e à umidade.

A preparação, o tratamento e a pintura superficial total dos cubículos, tanto externa como internamente, inclusive todas as chapas internas fixas, serão aplicados primer de isocianato de epóxi bi-componente e pintura final em poliuretano alifático na cor cinza Munsell N6,5. Não serão aceitas partes com chapas galvanizadas aparentes, sem acabamento em pintura.

1.3.1.4 Cabos, Fiação e Acessórios

As entradas e saídas dos cabos de potência em média tensão e controle serão feitas pela parte inferior dos cubículos, dotadas de fechamentos convenientes no mesmo grau de proteção especificado e vedadas contra poeiras, roedores ou insetos. O piso da sala técnica, de acordo com o arranjo físico de equipamentos, será preparado prevendo-se furos ou canaletas específicas para viabilizar as entradas e saídas de condutores dos cubículos.

Para estes cabos, serão previstos terminais, conectores e todos os acessórios de fixação, de seções e quantidades adequadas ao PROJETO EXECUTIVO.

Todas as conexões e interligações internas e externas de baixa tensão e controle serão feitas através de blocos terminais adequados, totalmente instalados em fábrica.

As fiações e veias dos cabos elétricos externos aos cubículos, com numeração



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

identificável e indelével, serão executadas com cabos de cobre de seção não inferior a 1,5 mm² (comando e controle em cc) e 2,5 mm² (cabos para serviços auxiliares de baixa tensão em ca).

Para os circuitos dos transformadores de corrente e de potencial, a seção dos cabos não deverá ser inferior a 4 mm².

Para os circuitos de sinais internos (entrada e saída nos módulos digitais), poderão ser utilizados cabos com seções de 1 mm² ou superiores.

Estes cabos deverão correr em canaletas (com espaço reserva de ocupação) especialmente previstas para este fim dentro do cubículo. Nos locais de articulação (exemplo: portas), toda a fiação deverá apresentar flexibilidade adequada e devidamente encoberta e acabada por fitas plásticas espiraladas.

Os cordões ópticos, de uso interno nos cubículos para interligação de equipamentos com terminação óptica, serão de cor laranja (padrão) e correr em canaletas diferenciadas dos demais condutores.

A instalação da fiação óptica interna deverá evitar cantos vivos da chaparia dos cubículos, assim como esforços de tração e cisalhamento prejudiciais ao meio óptico.

As interfaces ópticas externas aos cubículos, principalmente quando passarem pelo porão de cabos ou canaletas para os painéis de interfaces, serão executadas com cabos ópticos com capa de proteção e elemento de tração longitudinal para proteger as fibras ópticas de choques e vibrações mecânicas.

A instalação dos cabos e dos cordões ópticos deverá obedecer aos raios mínimos de curvatura prescritos por normas e pelo Fabricante.

As ligações internas dos cubículos, totalmente executadas na fábrica, serão feitas com conectores adequados, ser clara e indelevelmente identificadas com etiquetas ou luvas imperdíveis em cada extremidade do condutor, com as mesmas designações dos bornes terminais.

As ligações externas aos cubículos e entre os cubículos serão realizadas por meio de régua de bornes terminais, clara e indelevelmente identificadas, a fim de eliminar a possibilidade de erro quando da ligação na obra.

Essas identificações (individual para cada condutor, em ambas as extremidades e em intervalos regulares) serão compostas por conjuntos de identificadores e luvas, sendo cada identificador uma peça única na cor branca, com caracteres gravados na cor preta de forma indelével e as luvas serem transparentes do tipo imperdível (passante por cabo).



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Os terminais serão de tipo agulha prensada e isolados, em liga anticorrosiva, adequados para garantir contatos perfeitos e seguros mesmo em caso de vibrações, deslocamentos e variações térmicas. Idem para circuitos de corrente, como transformadores de corrente, blocos de testes e relés, que serão do tipo terminal olhal.

Os bornes para serem conectados aos terminais secundários dos transformadores de corrente (TCs) serão do tipo curto-circuitáveis.

A fiação elétrica interna dos cubículos deverá ser executada com condutores de cobre, extraflexível, isolamento mínima de 750 V, não propagante de chamas, baixa emissão de fumaça, obedecendo aos requisitos das Normas NBR NM 247-3 e NBR 7289.

Os condutores elétricos serão reunidos em chicotes e colocados em canaletas convenientes, de maneira mais ordenada possível.

As réguas terminais de bornes com todos os acessórios de montagem serão de fixação dos fios por parafuso, ser do tipo protegido e de fixação indireta tipo prensa fio, com capacidade de corrente de 20 A e não deverão ser ligados mais de um fio em cada ponto de ligação do borne, e o isolamento entre terminais, e terminais e terra, será superior a 100 MΩ e suportar tensão de ensaio não inferior a 2000 V, 60 Hz, por um minuto.

Todos os contatos auxiliares disponibilizados como reservas nos diversos dispositivos serão levados através de fiações até e acabadas nas borneiras correspondentes.

Deverá ser evitada a possibilidade de curtos-circuitos contra terra e entre terminais.

Em cada bloco de terminais de cada cubículo, serão implantados, no mínimo, 4 ou 20 % de bornes em excesso para cada tipo utilizado.

1.3.1.5 Barramentos

Os barramentos serão constituídos por perfis de cobre eletrolítico, de alta condutibilidade elétrica, adequadamente fixados e concebidos para resistir aos esforços criados pelas máximas correntes de curto-circuito especificadas.

O compartimento para envolver o barramento principal será separado dos outros compartimentos através de barreiras de chapas de aço e ser acessível pela parte traseira do compartimento.

O barramento será previsto para uma corrente permanente, com uma sobre-elevação de temperatura de 65 °C sobre uma temperatura ambiente exterior de 40 °C, e aos efeitos eletrodinâmicos devido ao curto-circuito, objeto de dimensionamento no PROJETO



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

EXECUTIVO.

A sobre-elevação de temperatura nas derivações às quais forem ligados os terminais dos cabos de energia de MT será compatível com a temperatura máxima em regime desses cabos.

As extremidades e derivações do barramento serão prateadas. As furações dos terminais dos barramentos atenderão aos requisitos e ao padrão NEMA, compatível com as seções e quantidades de cabos de potência dimensionados para entradas e saídas.

Cada condutor do barramento, bem como os diversos elementos de ligação aos equipamentos primários, juntas e derivações, serão completamente isolados eletricamente, na classe de tensão correspondente, com material adequado, não propagante a chama, tipo termo contrátil, e nas conexões com recobrimento isolante para uso elétrico.

O material isolante a ser utilizado possuirá propriedades elétricas, mecânicas e químicas comprovadamente satisfatórias e será não propagador de chamas, não higroscópico, resistente à formação de depósitos de carbono quando exposto à descarga elétrica, não soltar ou exalar resíduos químicos prejudiciais à isolação elétrica com os cubículos e adequados às condições da instalação.

O projeto, a construção e os materiais dos barramentos, conexões e isolamentos levarão em conta as contrações e expansões dos materiais, devidas às variações de temperatura dos diversos elementos, condutores ou não de corrente elétrica, e dos meios isolantes.

1.3.1.6 Requisitos de Operação, Segurança e Manutenção

Para facilitar os trabalhos de inspeção e manutenção, as portas deverão ter travadores de posição que as possam manter abertas, quando desejado.

Será prevista instalação afastada da parede da sala técnica (mínimo de 1,50 m) para os cubículos, de modo a possibilitar o acesso à manutenção de qualquer parte dos cubículos.

Os cubículos serão projetados e fabricados de forma simétrica, de modo a ser possível sua ampliação pela simples adição de cubículos idênticos nas extremidades e de tal modo que não permita, no caso de incêndio, que as chamas se propaguem aos cubículos adjacentes e aos outros compartimentos do próprio cubículo. De acordo com as necessidades, as unidades assinaladas como reservas futuras, de acordo com a sua utilização, deverão ser completamente equipadas.

Os cubículos deverão apresentar construtivamente, o maior grau possível de segurança



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

para o pessoal da operação e manutenção.

Serão facilmente acessíveis todos os componentes, tais como terminais secundários de transformadores de corrente e potencial, para-raios, instrumentos de medição, relés de proteção, elementos de ajuste, pontos de medição, fusíveis, blocos terminais, barras de aterramento etc.

Todas as estruturas metálicas de um mesmo conjunto de cubículos serão aterradas e interligadas a uma barra de cobre de seção transversal de 100 mm², no mínimo, instalada junto à porta ou tela de proteção traseira do cubículo, provida de terminais de aterramento, tipo alta pressão, aparafusados e adequados para cabos de cobre nu de seção de 70 mm² à 95 mm², e estes cabos interligarão a barra de aterramento aos pontos de conexão com a malha de terra da Subestação.

Entre as partes removíveis e as estacionárias serão instaladas janelas corrediças que se fechem automaticamente, quando um equipamento removível for retirado.

A parte posterior será protegida por chapa aparafusada, com parafusos imperdíveis, e poderá ser subdividida em duas partes, tendo a inferior dimensão compatíveis com o grau de manutenção requerida pelo cubículo, e a chapa superior provida de suporte guia para facilitar a remoção e com alças para movimentação desta.

Deverá ser provida de grade de proteção interna, o que impedirá o contato acidental nas partes vivas após a abertura das chapas removíveis externamente.

Serão instaladas tomadas 220 Vca (2P+T), na parte inferior do compartimento do cubículo. Cada cubículo deverá conter em seu interior lâmpadas fluorescentes de tensão de 220 Vca, partida rápida, instalada internamente na parte superior do compartimento de baixa tensão e controlada por uma chave fim de curso.

Serão incluídos, também, resistores desumidificadores (blindados) com respectivos umidostatos em tensão de 220 Vca, em quantidade e potência a ser definida pelo Fabricante, com dispositivos de isolamento e disjuntores independentes de proteção.

Qualquer equipamento será facilmente identificado através de uma identificação adequada, legível e indelével que permitirá, inclusive, determinar sem dificuldades as suas características elétricas.

Os cubículos possuirão etiquetas de identificação legíveis e indeláveis com as mesmas designações nos esquemas elétricos funcionais, de modo a permitir a fácil identificação e evitar erros de montagens e operações.

Os equipamentos e componentes internos do cubículo terão a mesma designação do



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

esquema elétrico, com uma identificação no próprio equipamento/componente e outra igual fixada ao lado ou acima do mesmo de forma visível.

Para efeito da segurança na manutenção e operação, serão previstas, na parte frontal dos cubículos, indicações luminosas para os cabos/barramentos com presença de tensão elétrica (referida a MT) através de detectores de tensão. Os circuitos de potência e sinalização possuirão isolamento galvânica adequada, podendo ser do tipo foto-acoplador.

Em particular, nos cubículos de interligação, existirão sinalizações de presença de tensão nos barramentos dos contatos superior e inferior dos disjuntores.

Deverão conter placas de identificação em cada seção do cubículo e de todos os equipamentos instalados nele.

Estas placas de identificação serão de acrílico transparente apropriado, fundo de cor preta sobre legenda em letras de cor branca (baixo relevo), com 3,0 mm de espessura, rigidamente fixados.

Serão gravadas em língua portuguesa, após a apresentação dos arranjos dos cubículos e a liberação das listas de gravações (dizeres), podendo serem incluídas as identificações com nomenclaturas operacionais.

Também, prever todo equipamento de proteção, conforme Norma de Segurança, aplicável por lei.

Os disjuntores e as seccionadoras de MT terão um dispositivo local para impedimento de movimentação ou acionamento acidental quando colocado em posição de segurança (fechado, aberto, teste ou extraído), com travamento mecânico por meio de cadeado e/ou outro dispositivo equivalente. No local, também, ser previsto um suporte ou outro meio para colocação de cartão de aviso para sinalização, de utilização da manutenção.

Os circuitos de comando, proteção e controle serão todos alimentados em corrente contínua com tensão nominal de 125 Vcc (+8 % a -15 %). Estes circuitos serão protegidos por disjuntores termomagnéticos (entradas e saídas), dispositivos supressores de surtos (DPS) de origem atmosférica e relés auxiliares para supervisão de falta de tensão contínua.

A mesma alimentação estará disponível para os circuitos de sinalização e alarmes.

Para os serviços auxiliares, estará disponível uma alimentação em tensão de 220 Vca, 60 Hz, trifásica ou bifásica.

A tensão alternada poderá variar de $\pm 10\%$ em seu valor e de $\pm 5\%$ em sua frequência.

Os blocos terminais para testes de instrumentos e circuitos dos transformadores de



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

corrente e potencial, estarão localizados na parte frontal dos cubículos, e deverão ser providos de contatos auxiliares em quantidade suficiente para isolar os circuitos de atuação dos relés quando estes estiverem na posição de teste.

O tipo do "plug" do equipamento para teste deverá permitir, quando em situação inserida, processar automaticamente a abertura simultânea das conexões oriundas dos transformadores de potencial e o curto-circuitamento dos terminais secundários dos transformadores de corrente, e ser providos de contatos adicionais para inibição das saídas de atuação do IED ou relé enquanto o "plug" de teste estiver inserido.

As portas frontais dos cubículos serão providas de barras mímicas, em perfis metálicos à prova de corrosão, simbolizando, em relevo, os diagramas unifilares dos circuitos.

Quando aplicável, deverão ser montadas, na porta frontal do cubículo, botoeiras e sinalizadores.

O comando das manobras dos disjuntores será possível tanto em modo local como remoto. O comando remoto e o comando local serão mutuamente exclusivos, através de uma chave seletora "Local-Remoto" instalado em cada cubículo, com contatos para sinalização de cada posição dos disjuntores.

Para limitar ao mínimo os danos produzidos por arco elétrico devido às eventuais falhas internas nos cubículos, será previsto como método de proteção e desligamento através de dispositivos detectores de luz produzidos por arco interno, além de dispositivos de descompressão claramente identificados como tampas e dutos prolongados de escape de gases na parte superior dos cubículos (garantir a segurança de pessoas e instalações adjacentes).

1.3.1.7 Equipamentos Internos dos Cubículos

1.3.1.7.1 Disjuntores de média tensão

Serão isentos de vibrações e excessivo desgaste das partes móveis em quaisquer condições de funcionamento e carga.

Os contatos principais, de ação simultânea nas três fases, serão facilmente acessíveis, tanto para manutenção como para eventuais reparos.

A câmara de extinção será dotada de dispositivos eficazes para rápida de ionização e extinção do arco, sem que isso provoque sobretensões elevadas.

O disjuntor possuirá indicação local e à distância das posições "aberto" ou "fechado".



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

O disjuntor será operado por mecanismo a mola (manobra a energia acumulada), sendo previsto o carregamento da mola automaticamente por meio de motor e manualmente mediante alavanca ou manivela, indicação de armazenamento de energia no mecanismo (mola carregada e descarregada), e dispositivo “antipump” de funcionamento.

Para o comando manual de abrir e fechar através de alavanca ou manivela, será previsto um dispositivo que exclua o comando elétrico e a alimentação elétrica do motor. O disjuntor deverá descarregar automaticamente as molas, na situação de liberação da célula.

Os disjuntores serão dotados de mecanismos de intertravamentos sejam elétricos ou mecânicos (lógica de impedimento para ligar ou desligar), incluindo acessórios tipo “Kirk”, para a garantia da sequência adequada e operação segura.

Como ferramenta de uso para a manutenção, para cada Subestação, será implantado um carrinho especial com rodas e assento de altura regulável (tipo célula empilhadeira ajustada manualmente) compatível à moldura do compartimento do disjuntor (para auxiliar na retirada ou inserção segura do disjuntor, com assento guiado por trilhos).

Os circuitos de comando e controle, protegidos por disjuntores termomagnéticos com estados supervisionados (ligado/desligado e proteção atuada) será em tensão 125 Vcc (+8 % a -15 %). O acionamento do motor de carregamento das molas será independente e protegido com disjuntor termomagnético exclusivo e específico para carga indutiva. Os disjuntores terão atuações supervisionadas.

Os disjuntores deverão interromper qualquer corrente de defeito de até 100 % da capacidade de ruptura nominal (com qualquer fator de potência) bem como as correntes magnetizantes dos transformadores e as potências de energização das redes de MT, no pior caso, sem que se verifiquem sobretensões de manobra perigosas, reignição, arcos externos ou danos.

Para as funções de comando, controle e supervisão, será minimizada a utilização de relés auxiliares como multiplicadores de contatos auxiliares.

Os circuitos auxiliares dos disjuntores possuirão características elétricas adequadas e ser extraídos através de um “plug” multipolar.

Para o comando, existirão 2 bobinas de abertura à distância, sendo uma principal e outra suplementar, e 1 bobina de fechamento à distância.

Haverá ainda um dispositivo de mínima tensão (controle permanente) que abrirá o disjuntor quando houver falta de tensão no seu circuito de comando em corrente contínua, com dispositivo que possibilite o bloqueio deste.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

O disjuntor terá bandeiras para indicar a posição aberta ou fechada, e o estado de carga da mola. Somente o estado correto (único) para qualquer uma das funções será visível.

Além disso, o disjuntor deverá ter um contador de operações mecânico não reajustável de 5 dígitos.

1.3.1.7.2 Transformadores de Corrente

Os transformadores de corrente serão monofásicos, de tipo seco, completamente herméticos e previstos para instalação no interior de cubículos.

Cada transformador de corrente será ligado a um dispositivo de bloco de teste (600 V, 30 A, para condutor até 6 mm²), tipo bloco de curto-circuitamento, onde a ligação à terra também é realizada.

1.3.1.7.3 Transformadores de Potencial

Os transformadores de potencial serão monofásicos, do tipo seco, completamente herméticos e previstos para instalação no interior de cubículos (uso interno).

Cada transformador de potencial terá um dispositivo de bloco de testes e aferição.

O transformador de potencial será projetado para suportar o nível básico de impulso (NBI) do cubículo e protegido com fusíveis limitadores de corrente primária. Os fusíveis serão extraíveis e previstos para proteção dos transformadores de potencial e providos de contatos auxiliares para indicação local e remota de sua eventual ruptura.

Os fusíveis serão projetados, construídos e ensaiados de acordo com as prescrições da norma IEC 60129. Os fusíveis serão limitadores de corrente primária, de alta capacidade de ruptura, adequados para a classe de tensão e ruptura.

Os transformadores de potencial serão montados em um compartimento separado, montados em carrinhos (em trilhos) para sacar, de modo que a unidade possa ser retirada da posição de funcionamento através de um dispositivo deslizante (rodas) com a porta fechada. Na posição de retirada, os fusíveis serão completamente desconectados de serviço e todas as peças expostas serão visivelmente aterradas. Deverá possuir fechamento contra acesso acidental a parte energizada na posição extraída.

Uma janela contra impacto, de visor transparente, será localizada na frente da porta do transformador de potencial.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.3.1.7.4 Para-Raios

Os para-raios de distribuição serão do tipo válvula, a óxido metálico, corpo polimérico, não fragmentário, uso interno em compartimento, uma para cada fase, tensão de operação adequada para a classe do para-raios, sem centelhador, neutro aterrado, disparador automático. O contador de descarga, se aplicará somente para os para-raios de classe tensão 36 kV.

1.3.1.7.5 Chaves Seccionadoras Tripolar Motorizada de Média Tensão

Nos cubículos de MT, serão utilizadas, onde necessárias, chaves seccionadoras tripolares, operação com carga, abertura e fechamento simultâneos das facas, lâminas duplas, uso interno, com os seguintes acessórios: manopla e vara de acionamento, intertravamento mecânico “Kirk” e contatos auxiliares no mínimo para sinalização e intertravamentos elétricos 2NA+2NF+1 contato impulso.

Onde necessário, a chave seccionadora possuirá contato para aterramento das lâminas (de mesma capacidade nominal da chave seccionadora para as fases), de modo que, quando na sua condição de abertura, o circuito de potência interno do cubículo seja interligado à malha de aterramento.

As chaves possuirão indicações do seu estado operativo (aberta/fechada), e nessas posições possuirão travas no punho de manobra e por meio de cadeado e/ou outro dispositivo equivalente. As chaves serão sinalizadas com placas de advertência em local visível de manobra, contendo a seguinte inscrição: “Esta Chave Não Deve Manobrada Em Carga”.

Quando solicitado ou indicado no Diagrama Unifilar as chaves seccionadoras serão para 800 A, com ou sem lâmina terra e acionadas por mecanismo motorizado (125 Vcc). O mecanismo possuirá dispositivo que permita o travamento com cadeado na posição aberta, de maneira a evitar manobras indevidas. O comando da lâmina terra será manual e possuirá travamento com cadeado na posição aberta, de maneira a evitar manobras indevidas. Esta também possuirá travamento mecânico/elétrico quando da presença de tensão na chave, a fim de não provocar curtos-circuitos acidentais. Será ainda dotada de dispositivo mecânico que possibilite a operação manual de abertura e fechamento desta, independente do funcionamento do dispositivo motorizado. Por questões de segurança o dispositivo de acionamento manual que for utilizado para manobrar a seccionadora só poderá ser inserido quando da posição local e deverá impedir o acionamento elétrico local ou remoto automático desta, devendo ainda prover meios de ser intertravada com os disjuntores correspondentes. Na condição de acionamento motorizado, o



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

equipamento permitirá de forma excludente, comando local ou remoto podendo este último ser realizado no console da subestação (IHM) ou no CCO por meio do Sistema de Telecomando. Cada chave permitirá o intertravamento mecânico e elétrico e possuirá 12 contatos auxiliares reversíveis.

1.3.1.7.6 Chaves Seccionadoras Hexapolar Motorizada de Média Tensão

Estas chaves seccionadoras, onde aplicadas, terão como finalidade a isolação do retificador de tração do transformador retificador.

As chaves seccionadoras hexapolares serão para uso interno em cubículo, para operação sem carga, e acionadas por mecanismo motorizado, 125 Vcc (+10% a -20%). O mecanismo possuirá dispositivo que permita o travamento com cadeado na posição aberta, de maneira a evitar manobras indevidas.

Esta chave será conectada ao retificador através de barramento rígido.

A chave será dotada de dispositivo mecânico que possibilite a operação manual de abertura e fechamento desta, independente do funcionamento do dispositivo motorizado, nesta condição quando da introdução deste dispositivo comande o desligamento do circuito.

Operação:

O mecanismo de operação será simultâneo para os seis polos de chave, podendo ser acionado com ou sem motor, sendo que para o primeiro caso, será previsto dispositivos que permita o comando local e remoto.

1.3.1.7.7 Mecanismo de Comando

O mecanismo de comando da chave seccionadora será dimensionado para instalação em cubículo. No caso de mecanismo motorizado, possuirão meios que permitam a sua operação manual, nesta condição quando da introdução do dispositivo para comandar deverá desligar o circuito, sem que haja necessidade de abertura das portas do cubículo. O motor será alimentado em corrente contínua na tensão de 125 Vcc (+10 % a -20 %). O circuito de alimentação será provido de proteção termomagnética. Será previsto comando elétrico local e remoto, a partir da casa de comando. Em cada painel que contém o mecanismo de acionamento, será montada uma chave com 12 contatos auxiliares, de 10 A, reversíveis.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Na tentativa de operar em carga deve possuir contato auxiliar que atue o desligamento do disjuntor a montante do transformador.

Por questões de segurança o dispositivo de acionamento manual que for utilizado para manobrar a seccionadora só poderá ser inserido quando da posição local e deverá impedir o acionamento elétrico local ou remoto automático desta, deverá ainda prover meios de ser intertravada com os disjuntores correspondentes.

1.3.1.7.8 Chaves Seccionadoras Tripolar de Aterramento Manual de Média Tensão

Nos cubículos de MT, serão utilizadas, onde necessárias, chaves seccionadoras tripolares, abertura e fechamento simultâneos das facas, lâminas duplas, uso interno, com os seguintes acessórios: manopla e vara de acionamento, intertravamento mecânico “Kirk” e contatos auxiliares no mínimo para sinalização e intertravamentos elétricos 2NA+2NF+1 contato impulso.

A chave seccionadora possuirá contato para aterramento (de capacidade nominal para suportar estas condições adversas de trabalho), de modo que, quando na sua condição de fechamento, o circuito de potência interno do cubículo seja interligado à malha de aterramento.

Estas chaves terão indicações do seu estado operativo (aberta/fechada), e nessas posições possuir travas no punho de manobra e por meio de cadeado e/ou outro dispositivo equivalente. As chaves serão sinalizadas com placas de advertência em local visível sobre as condições de manobra.

1.3.2 Transformador Retificador 34,5 kV-1250 V

Os transformadores de potência (TF) devem ser projetados e construídos para instalação ao tempo, do tipo imerso em óleo isolante não tóxico, com resfriamento natural.

O tanque do transformador será equipado com radiadores. Estes transformadores serão de construção robusta, levando em consideração as exigências de instalação, terão manutenção, instalação e colocação em serviço simples. Em particular, resistirão, sem sofrer danos, aos esforços mecânicos e elétricos ocasionados por curto-circuito externo, conforme estabelecido pelas Normas. Deverão suportar os efeitos das sobrecorrentes resultantes de curtos-circuitos nos terminais de qualquer um de seus enrolamentos com tensão à frequência nominal mantida constante nos terminais do outro enrolamento, por 2 segundos. Cada transformador terá todos



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

os acessórios especificados neste documento devidamente instalados e com fiação até os terminais de saída.

O funcionamento dos transformadores será silencioso e isento de vibrações excessivas, quaisquer que sejam as condições de carga, respeitadas as variações de tensão e frequência nominais, sendo que os níveis de ruídos produzidos pelos transformadores não deverão exceder os especificados pelas Normas. Devem ser dimensionados, conforme estabelecido anteriormente, para alimentar os grupos retificadores, de classe VI, da IEC, constituído por retificadores de silício montados em dupla ponte de Graetz, formando um efeito dodecafásico por grupo transformador/retificador.

O transformador será projetado de maneira a permitir uma rápida remoção e transporte sobre vagão rebaixado, sem a necessidade de desmontar buchas ou acessórios.

O corpo do transformador estará eletricamente isolado da terra. Este isolamento, de boa rigidez dielétrica, de alta resistência mecânica e característica não higroscópica, deverá ser executado entre a base da roda e a carcaça do transformador.

1.3.2.1 Características construtivas e acessórios

1.3.2.1.1 Núcleo

O núcleo será construído com chapas de aço-silício de baixa perda, de cristais orientados, laminados a frio, do tipo antienvelhecimento.

A montagem das chapas do núcleo permitirá um amplo resfriamento. As colunas devem ser fortemente prensadas por meio de cintas ou parafusos passantes isolados. As culatras deverão ser prensadas por meio de cintas ou parafusos passantes isolados.

O núcleo será provido de ganchos para o seu manuseio. As estruturas de fixação permitirão o transporte seguro do transformador, sem deslizamento das chapas e uma elevada resistência mecânica no funcionamento e em condições de curto-circuito, reduzindo ao mínimo as vibrações. As correntes parasitas serão reduzidas ao mínimo em todas as estruturas de fixação. O ponto único e acessível de aterramento do núcleo ficará na tampa principal do transformador. Todos os parafusos, porcas, braçadeiras, entre outros materiais de fixação, serão devidamente travados, de modo que não se afrouxem ou soltem por vibrações resultantes do transporte ou operação.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.3.2.1.2 Enrolamento

Os enrolamentos serão construídos em cobre de elevada pureza tanto quanto possível sem soldas e isolados com papel termo estabilizado de alta qualidade, além de receber tratamento de pré-contracção antes de serem calçados. A disposição dos condutores e do enrolamento será efetuada de modo a proporcionar uma distribuição sensivelmente linear das sobretensões.

Os enrolamentos não sofrerão deformações de nenhuma espécie nas solicitações mecânicas permanentes ou transitórias de correntes de curto-circuito. Os terminais dos enrolamentos e as derivações intermediárias serão fixados de modo a evitar deslizamento durante o transporte do transformador.

A secagem do núcleo completo com os enrolamentos será realizada a vácuo.

O resfriamento dos transformadores será feito naturalmente, pelo próprio ar ambiente.

Serão empregados materiais isolantes da classe F.

1.3.2.1.3 Tanque Principal

O tanque dos transformadores será constituído por chapas de aço soldadas a arco, reforçadas com perfis de aço, de construção robusta e apto a suportar sem sofrer qualquer deformação permanente ou vazamento a sobrepressão de 0,3 kgf/cm² durante 24 horas ou vácuo de 0,3 mbar. Será à prova de vazamento de óleo. Juntas e costuras serão soldadas onde for possível. Todas as juntas passíveis de serem abertas devem ser projetadas de modo a permitir que, na montagem, seja fácil torná-las à prova de vazamento.

No tanque serão previstos olhais ou orelhas de tração e suspensão, para o levantamento do transformador completo, totalmente cheio de líquido isolante. Serão previstas tampas de inspeção interna dos enrolamentos, derivações e conexões das buchas no tanque do transformador e no tanque de expansão.

Possuirá rodeiros bidirecionais para movimentação e respectivos apoios para macaco. Deverão ser implantados também os calços para evitar movimentação do transformador no trilho. A bitola entre rodas do transformador deverá ser de 1600 mm.

Todas as válvulas para filtragem deverão ter rosca para cano 1 1/2"; Todas as válvulas deverão possuir tampões selador; Todos os dispositivos auxiliares (alarmes e desligamentos) deverão possuir contatos elétricos reversíveis, livres de potenciais. As tubulações de ligação dos radiadores deverão estar equipadas com válvulas tipo borboleta;



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

O tanque será munido de radiadores e deverá possuir os seguintes acessórios:

- (i) termômetro indicador (local e remoto) com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (ii) relé de temperatura do líquido isolante;
- (iii) sensores de supervisão de temperatura do enrolamento (indicação local e remota), incluindo o transdutor, e relés com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (iv) relé detector de gás (tipo Buchholz) com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento) e com purgador localizado a dois metros de altura;
- (v) na tubulação de ligação entre o conservador e o tanque, deverá possuir dois registros (jusante e montante), onde será instalado o relé detector de gás (Buchholz), este arranjo permitirá a remoção deste, sem esvaziar o conservador e o tanque;
- (vi) fiação completa do relé Buchholz e do termostato até a caixa de terminais;
- (vii) dispositivo de indicação do nível do líquido isolante com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (viii) válvula de alívio de pressão interna com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento);
- (ix) secador de ar "sílica gel" (no mínimo, de 1 kg de sílica gel para cada 2.000 l de óleo);
- (x) válvula de drenagem do líquido isolante;
- (xi) válvulas para a filtragem do líquido isolante;
- (xii) dispositivos para retirada de amostra do líquido isolante;
- (xiii) bornes terminais para o aterramento do tanque;
- (xiv) relés de monitoramento de temperatura do transformador de potência

O sistema de monitoramento e controle de temperatura de óleo e do enrolamento dos transformadores de potência, com tecnologia microprocessada e digital, deverá atender no mínimo as seguintes funções:

- (i) medição, alarme e desligamento;
- (ii) registro de eventos com estampa de tempo;



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (iii) indicação remota on-line de temperatura via supervisorio;
- (iv) displays digitais "LED" para medições de temperaturas independentes (óleo e enrolamento);
- (v) autodiagnóstico de defeito;
- (vi) auto calibração das medições;
- (vii) contatos livres de potenciais;
- (viii) portas de comunicação serial: RS 232, RS 485 e ethernet;
- (ix) protocolo de comunicação MODBUS RTU e DNP3, IEC 61850 redundante.

1.3.2.1.4 Base

A base dos transformadores será do tipo truck, provida de rodas orientáveis para movimento em duas direções ortogonais e de bitola 1.600 mm.

A mudança de direção será feita com a ajuda de macacos que se apoiarão sobre apoio na base de concreto nivelado, para propiciar o giro da roda sobre os trilhos de rolamento. A altura livre necessária para sua colocação deverá ser de 280 mm. A base do tanque deverá estar pelo menos a 80 mm acima do plano de rolamento.

Terá isolamento nos rodeiros (o material isolante deve possuir resistência mecânica compatível com o peso do transformador, de boa rigidez dielétrica e não absolvante de umidade, adequados para instalação ao tempo) e no armário de controle.

1.3.2.1.5 Radiadores

A refrigeração do óleo será feita por meio de radiadores do tipo removíveis, com acabamento zincado por imersão à quente, montados lateralmente no transformador. A fixação destes no tanque será feita por meio de flanges munidas de válvulas do tipo borboleta de duas posições (aberta e fechada), que permitirão a remoção dos radiadores sem necessidade de esvaziamento do tanque. Para movimentação destes estarão equipados com olhais para içamento.

Cada radiador possuirá bujões na parte inferior, para retirada do óleo.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.3.2.1.6 Líquido Isolante

No mínimo, o óleo será mineral, isolante naftênico (tipo A), especialmente refinado para uso como meio isolante e refrigerante de transformadores. O óleo isolante será livre de ácidos inorgânicos, álcalis, enxofre e compostos corrosivos.

1.3.2.1.7 Elevação de Temperatura

Nos transformadores sob condição de plena capacidade, a temperatura média de cada enrolamento não deverá ultrapassar 55 °C acima da temperatura ambiente, compreendida entre 0 °C e 50 °C. A elevação da temperatura no ponto mais quente dos enrolamentos não deverá ultrapassar 155 °C.

1.3.2.1.8 Sobrecarga

Os transformadores serão projetados para suportar as sobrecargas diárias, dos grupos retificadores, em conformidade com as prescrições indicadas para a Classe de tração pesada VI (Heavy Traction) da Norma IEC 60146.

1.3.2.1.9 Comutador de Derivações Sem Carga

Os transformadores serão equipados com comutadores de derivação em vazio, no lado primário, protegidos da intempérie e com todas as posições marcadas de forma indelével. Serão de construção mecânica e eletricamente robusto e provido com mecanismo externo para comutação manual e travamento por meio de cadeado, em cada posição. As derivações para comutação em vazio dos transformadores serão dimensionadas para a potência nominal, isto é, o transformador deverá fornecer esta potência com o comutador em qualquer um dos “taps” sem superar os limites de temperatura prescritos.

1.3.2.1.10 Buchas

Lado primário: Localizadas na tampa superior do transformador, serão do tipo capacitivo, com câmara e indicador de nível de óleo, bujões para enchimento e saída de gases, e derivação de potencial capacitivo para medição (capacitância e tg δ).

Lado secundário: Buchas de porcelana. Localizadas na tampa superior do transformador. De acordo com a maneira de instalação e as seções/quantidades de condutores,



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

os conectores dos terminais deverão possuir furações suficientes e folga de espaço para instalação dos condutores de MT, incluindo facilidades de fixação e proteção desses condutores.

Os terminais de todos os enrolamentos dos transformadores serão levados ao exterior do tanque por meio de buchas de características adequadas para instalação externa. Os isoladores deverão ser de porcelana maciça esmaltados, homogêneos e isentos de falhas e porosidade. As buchas serão desmontáveis, sem necessidade de abrir a caixa do transformador, possuir meios para içamento e placas de identificação. Sobre as buchas de alta tensão deverão ser munidas de chifres de arco de aço zincados à quente com distância regulável ("gaps"). Os terminais externos de corrente deverão ser de hastes cilíndricas de cobre de 30 mm de diâmetro e de 80 mm de comprimento.

As buchas possuirão espaços para instalação de TCs, em conformidade com as funções de proteção e as características técnicas a serem definidas no PROJETO EXECUTIVO.

As buchas serão ensaiadas conforme Normas NBR 5034 e NBR 12460.

As buchas possuirão, ainda, as seguintes características técnicas:

- (i) lado primário: três buchas de classe de isolamento 36,2 kV;
- (ii) lado secundário: seis buchas de classe de isolamento 7,2 kV.

1.3.2.1.11 Terminal de Linha

Todos os equipamentos serão implantados com terminal tipo barra chata, com furação NEMA (4 furos).

1.3.2.1.12 Transformador de Corrente Toroidal a Serem Instalados na Bucha

As buchas dos lados de BT serão equipadas com transformadores de corrente para proteção de imagem térmica. Estes TCs possuirão classe de exatidão 10B, carga, relação de transformação e demais características técnicas a serem dimensionadas durante elaboração do PROJETO EXECUTIVO.

1.3.2.1.13 Tanque de Expansão

O transformador será provido de um tanque de expansão, dotado de tampas de inspeções, olhais de suspensão, registros superior e inferior em lados opostos, indicadores de níveis de óleo, bolsas ou membranas de borracha especial, resistente ao óleo isolante, para



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

permitir a variação de volume do óleo isolante contido no tanque principal e que evite qualquer contato direto do óleo com a atmosfera. As bolsas ou diafragmas terão flexibilidade suficiente para que não fiquem submetidas a esforços mecânicos prejudiciais, quando o óleo estiver em seus níveis mínimo ou máximo.

O tanque de expansão será localizado de tal forma que o óleo nele contido se encontre sempre acima do óleo contido dentro das bases das buchas de tensão primária.

1.3.2.1.14 Armário de Controle Local

O Armário de Controle Local será construído de chapa de aço, grau de proteção IP 54 conforme norma NBR IEC 60529, cor cinza Munsell N6,5, com porta de acesso com dobradiça, tranca com chave Yale e previsão para cadeado e travamento na posição aberta. Este deverá ser isolado da carcaça do transformador.

O armário possuirá, no mínimo, os seguintes dispositivos:

- (i) todos os dispositivos de comando, controle e proteção;
- (ii) iluminação em 220 Vca, com comando automático por meio de fim de curso instalado na porta, e tomada 2P+T, com proteção através de disjuntor termomagnético monopolar;
- (iii) resistor blindado de aquecimento, 220 Vca, regulado por termostato de 20 °C a 120 °C e com proteção através de disjuntor termomagnético bipolar;
- (iv) réguas de bornes terminais;
- (v) uma placa diagramática contendo o esquema elétrico de força, comando e controle, disposição e denominação de todos os equipamentos acessórios do transformador, identificação dos bornes terminais, identificação dos enrolamentos dos transformadores de corrente tipo bucha, faixas de medição e valores de ajustes dos dispositivos de medição e proteção e outros dados pertinentes aos equipamentos acessórios.

O chassi onde serão montados os equipamentos deverá ser isolado do armário.

A tampa de obturação por onde serão executadas as furações para a entrada dos eletrodutos será de material isolante (placa de fenolite).



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.3.2.1.15 Acabamento e Pintura

Todas as superfícies do tanque, tampa, radiadores e conservadores, tanto interna como externas, deverão ser limpas, eliminando-se a poeira e outras impurezas por meio de jato de areia ou outro meio eficaz. Todas as rebarbas e rugosidades deverão ser removidas. Todas as partes metálicas do transformador deverão receber três demãos de tinta antiferrugínica, na cor cinza Munsell N6,5, cuja durabilidade deverá ser de no mínimo 5 anos.

1.3.3 Transformador de Potência Trifásico Seco

1.3.3.1 Características construtivas e acessórios

Os transformadores serão projetados e construídos para instalação abrigada a seco, encapsulados em epóxi sob vácuo, instalados no interior de um cubículo metálico para formar um conjunto unitário com os cubículos de Primário Tipo V (34,5 kV) ou Tipo I (1,25 kV) e Secundário (tipos II, III e IV), serão projetados e construídos conforme recomendações da Norma ABNT NBR 10295, com resfriamento natural.

O enrolamento primário deste transformador será projetado, fabricado de maneira que seja acessível às ligações dos enrolamentos e também permita as suas ligações tanto em delta ou estrela.

O transformador possuirá olhais para suspensão e rodeiros bidirecionais com bloqueios para movimentação e respectivos apoios para macaco.

O transformador de potência seco será compacto, seguro, confiável e ecológico, reunindo as vantagens como segue:

- (i) características de difícil combustão, autoextinguível e não produzir gases tóxicos;
- (ii) insensível à umidade ambiental;
- (iii) suportar sobrecargas e resistência elevada a curto-circuito.

Estes deverão ser fabricados e implantados obedecendo às seguintes características:

1.3.3.1.1 Núcleo

O núcleo dos transformadores será construído com chapas de aço silício de cristais orientados, laminadas a frio de baixas perdas, do tipo antienvelhecimento, com as seguintes características: perdas específicas a 60 Hz, 15.000 Gauss, não superiores a 0,60 W/lb. As



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

chapas deverão ser isentas de impurezas e escórias, com o necessário recozimento após seu corte. A montagem das chapas do núcleo permitirá um amplo resfriamento. Os núcleos serão fortemente prensados por meio de cintas ou parafusos passantes isolados. As culatras serão prensadas por meio de perfis de aço e sistema de tirantes e parafusos isolados. A parte ativa será provida de ganchos para o seu manuseio. As estruturas de fixação permitirão o transporte seguro do transformador, sem deslizamento das capas e uma elevada resistência mecânica no funcionamento e em condições de curto-circuito, reduzindo ao mínimo as vibrações. As correntes parasitas serão reduzidas ao mínimo em toda construção e nas estruturas de fixação. O campo magnético deverá distribuir-se uniformemente e simetricamente. Todos os parafusos, porcas, braçadeiras, entre outros materiais de fixação, serão devidamente travados, de modo que não se afrouxem ou soltem por vibrações resultantes do transporte ou operação. Será prevista a conexão rígida do núcleo (viga de aço) à terra, a fim de evitar o acúmulo de cargas eletrostáticas.

1.3.3.1.2 Enrolamentos

Os enrolamentos serão construídos em alumínio de elevada pureza e condutividade tanto quanto possível sem soldas e isolados com papel termo estabilizado de alta qualidade e encapsulados em resina epóxi sob vácuo, sendo estes condizentes com as solicitações térmicas, elétricas e mecânicas previstas.

Os transformadores funcionarão com potência nominal, em serviço contínuo, sem ultrapassar a elevação de temperatura máxima prevista nas Normas para os materiais isolantes utilizados na sua fabricação.

A disposição dos condutores e do enrolamento será efetuada de modo a proporcionar uma distribuição sensivelmente linear das sobretensões. O isolamento dos enrolamentos será do tipo total. Os enrolamentos não deverão sofrer deformação de nenhuma espécie nas solicitações mecânicas permanentes ou transitórias de correntes de curto-circuito. Os terminais dos enrolamentos e as intermediárias serão fixadas de modo a evitar quaisquer danos ocasionados por vibrações. A secagem do núcleo completo com os enrolamentos será realizada a vácuo. O conjunto núcleo enrolamento será fixado em caixa de modo a evitar deslizamento durante o transporte do transformador.

Serão previstos canais de ventilação entre o núcleo e o enrolamento secundário, entre espiras do enrolamento secundário e também entre este e o enrolamento primário.

O resfriamento dos transformadores será feito naturalmente, pelo próprio ar ambiente.

Serão empregados materiais isolantes da classe F.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Serão capazes de suportar os efeitos das sobrecorrentes, resultantes de curtos-circuitos nos terminais de qualquer um dos seus enrolamentos, com tensão e frequência nominal mantida constante no terminal do outro enrolamento durante um tempo de 2 segundos, com no máximo $I_{cc} = 25.I_n$. O funcionamento do transformador de potência será silencioso e isento de vibrações excessivas, quaisquer que sejam as condições de carga.

O nível de ruído do transformador de potência deverá estar em acordo com a Norma NBR 7277.

1.3.3.1.3 Comutador e Derivações

Os transformadores serão equipados com comutadores de derivação em vazio, no lado de Primário. Serão de construção mecânica e eletricamente robusta e provido com mecanismo de comutação manual, em cada posição. As derivações para comutação em vazio dos transformadores serão dimensionadas para a potência nominal, isto é, o transformador deverá fornecer esta potência com o comutador em qualquer um dos “taps” sem superar os limites de temperatura prescritos.

Terminais isolados

Lado primário: três terminais de classe de isolamento de 36 kV ou 7,2 kV. Lado secundário: quatro terminais de classe de isolamento 15 kV, serão em resina de epóxi e fixados no corpo do transformador.

Os terminais de todos os enrolamentos dos transformadores serão preparados para interligação aos cubículos correspondentes de Primário e Secundário.

Os terminais de saída dos enrolamentos primário e secundário do transformador serão devidamente identificados de acordo com as normas ABNT, acompanhados cada um de seu respectivo e adequado conector. O tipo e a posição dos terminais de ligação serão em função do lado de acesso e quantidade por fase dos cabos alimentadores tanto no primário como no secundário, devidamente compatibilizados, a fim de evitar problemas quanto às distâncias mínimas de isolação, aos cruzamentos, aos espaços/folga para instalação de cabos e à fixação dos cabos.

1.3.3.1.4 Terminal de Linha

Todos os equipamentos deverão ser implantados com terminal tipo barra chata, com



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

furação NEMA (4 furos).

1.3.3.1.5 Cubículo Metálico

O transformador será instalado em um invólucro metálico, de maneira a compor uma composição unitária com os cubículos.

O invólucro metálico de proteção possuirá isolamento externa através de chapas de fechamento metálico (laterais e superior), dotado de portas de acesso com dobradiças e fechadura (com trinco e chave).

Também, nas partes acessíveis, possuirá grade de proteção interna para proteção contra contatos diretos (acidentais ou não) às partes energizadas, com dispositivo que comande a abertura do disjuntor alimentador do transformador quando da abertura desta grade.

Esta grade deverá ser fixada através de dobradiças e parafusos imperdíveis.

O invólucro metálico será provido de meios adequados de ventilação de ar natural e que assegurem a refrigeração conveniente do transformador de potência em quaisquer condições de operação constantes nas normas, sem ultrapassar os limites de temperatura prescritos neste documento. Deverá atender aos requisitos definidos pelas Normas da ABNT NBR IEC 62271-200.

O invólucro de proteção terá dois terminais para aterramento, acompanhados de conector apropriado para ligação a cabo de cobre nu com seção de 50 mm² a 95 mm².

O cubículo será provido de olhais para suspensão.

Possuirá guia para movimentação do transformador com dispositivo de travamento.

Será previsto compartimento de baixa tensão com porta independente onde deverá ser instalado o relé de temperatura e demais equipamentos auxiliares.

A Proteção contra penetração de corpos estranhos sólidos granulados, grau de proteção IP 31, será conforme Norma NBR IEC 60529.

Os transformadores de potência possuirão plaquetas de alerta com os seguintes dizeres: “Perigo de Morte – Alta Tensão” e os símbolos indicativos desse perigo.

1.3.3.1.6 Elevação de Temperatura

Nos transformadores sob condição de plena capacidade, a temperatura média de cada



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

enrolamento não deverá ultrapassar 55 °C acima da temperatura ambiente, compreendida entre 0 °C e 50 °C. A elevação da temperatura no ponto mais quente dos enrolamentos não deverá ultrapassar 155 °C.

Deverá ser previsto relé e sensores de temperatura removíveis para alarme, desligamento e supervisão, inclusive contra defeito interno e dos sensores, nas três fases.

1.3.3.1.7 Acabamento e Pintura

Todas as superfícies metálicas, tanto interna como externa, do transformador e do cubículo, deverão ser limpas, eliminando-se a poeira e outras impurezas por meio de jato de areia ou outro meio eficaz. Todas as rebarbas e rugosidades deverão ser removidas. Todas as partes metálicas do transformador receberão três demãos de tinta antiferruginosa, na cor cinza Munsell N6,5, cuja durabilidade deverá ser de 5 anos, no mínimo.

1.3.4 Para-raios 30 kV com Contador de Descarga – Instalação ao Tempo

Os para-raios serão de resistor não linear em Óxido de Zinco (ZnO), tipo estação, classe 2, serviço pesado, para instalação ao tempo, limitadores de sobretensões em circuitos de corrente alternada, autossuportados e implantados com isolador na base e com conexão de contador de descarga. Serão instalados na posição vertical, entre fase e terra e próprios para instalação ao tempo. Os para-raios serão da mais moderna tecnologia, incluindo resistores de graduação não lineares, para garantir a função de descarga disruptiva correta, mesmo em ambientes poluídos.

1.3.4.1 Características construtivas e acessórios

1.3.4.1.1 Invólucro

Os para-raios possuirão sistema de encapsulamento polimérico dos varistores de Óxido de Zinco a fim de melhorar a resistência às condições climáticas (invólucro estanque) e as características mecânicas, devem possuir grande resistência à tração e torção.

O silicone utilizado nos para-raios será altamente resistente ao fogo e autoextinguível, de característica impermeável, não estar sujeito à erosão ou radiação por raios UV.

1.3.4.1.2 Contador de Descargas



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Todos os para-raios serão providos de contadores de descarga de tipo adequado, próprios para não apenas contar as descargas, mas também para indicar as condições internas dos para-raios (com medidor de vazamento de corrente). Os contadores de descarga serão implantados completos com ferragens de fixação e conectores terminais para cabos de cobre.

1.3.4.1.3 Isoladores de Base

Todos os para-raios serão implantados com isoladores para base, a fim de possibilitar a instalação do respectivo contador de descarga.

1.3.4.1.4 Terminal de Linha

Todos os para-raios serão implantados com terminal de linha, tipo barra chata, na posição vertical, com furação NEMA (4 furos).

1.3.5 Chave Seccionadora Motorizada Tripolar 36 kV – Instalação ao Tempo

1.3.5.1 Características construtivas e acessórios

O mecanismo possuirá dispositivo que permita o travamento com cadeado na posição aberta, de maneira a evitar manobras indevidas. Estas chaves deverão conter chifres, para abertura rápida.

O tipo de abertura da chave será definido no PROJETO EXECUTIVO conforme o projeto de arranjo dos equipamentos do pátio da subestação e a disponibilidade de espaço.

Na parte inferior do eixo vertical de comando, em posição acessível à leitura, existirá um dispositivo mecânico, indicando a posição aberta ou fechada das lâminas das seccionadoras.

Serão previstas cordoalhas flexíveis de aterramentos dos mecanismos de acionamentos.

Todas as ferragens deverão ser zincadas por imersão à quente para fixação do mecanismo de acionamento, da chave seccionadora e de comando, à estrutura suporte.

Onde previsto, o comando da lâmina terra será manual e possuirá travamento com cadeado na posição aberta, de maneira a evitar manobras indevidas. Esta também possuirá travamento mecânico quando da presença de tensão na chave, a fim de não provocar curtos-circuitos acidentais. A capacidade nominal de condução de corrente da chave de terra será a mesma que a das fases.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

A chave será dotada de dispositivo mecânico que possibilite a operação manual de abertura e fechamento desta, independente do funcionamento do dispositivo motorizado. Por questões de segurança o dispositivo de acionamento manual que for utilizado para manobrar a seccionadora só poderá ser inserido quando da posição local e deverá impedir o acionamento elétrico local ou remoto automático desta, devendo ainda prover meios de ser intertravada com os disjuntores correspondentes. Na condição de acionamento motorizado, o equipamento permitirá de forma excludente, comando local ou remoto podendo este último ser realizado no console da subestação ou no CCO por meio do Sistema de Telecomando.

Cada chave permitirá o intertravamento mecânico e elétrico. Todas as chaves seccionadoras terão bloco de contatos auxiliares.

Todos os equipamentos serão implantados com terminal tipo barra chata, com furação NEMA (4 furos).

1.3.5.1.1 Operação

O mecanismo de operação será simultâneo para os três polos de chave, podendo ser acionado com ou sem motor, sendo que para o primeiro caso, será previsto dispositivos que permita o comando local e remoto.

As operações de abertura e fechamento da seccionadora serão intertravadas com o correspondente disjuntor, de forma a garantir a operação na condição sem carga.

1.3.5.1.2 Mecanismo de Comando

O mecanismo de comando da chave seccionadora será dimensionado para instalação sobre estrutura, com eixo na posição vertical. No caso de mecanismo motorizado, possuirão meios que permitam a sua operação manual sem que haja necessidade de retirar a tampa do cofre que os contém. O motor será alimentado em corrente contínua na tensão de 125 V (+10 % à -20 %). O circuito do motor possuirá disjuntor independente e específico para proteção de carga indutiva. As atuações dos disjuntores termomagnéticos serão supervisionadas remotamente. Deverá ser previsto comando elétrico (pulsante) local, a partir da casa de comando. Em cada painel que contém o mecanismo de acionamento, será montada uma chave com 12 contatos auxiliares, de 10 A, reversíveis, em caixa à prova de tempo.

Por questões de segurança o dispositivo de acionamento manual que for utilizado para manobrar a seccionadora só poderá ser inserido quando da posição local e, se inserido, deverá



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

impedir o acionamento elétrico local ou remoto automático desta, deverá ainda prover meios de ser intertravada com os disjuntores correspondentes.

O painel de comando conterà ainda circuito protegido por disjuntores, incluindo resistência blindada controlada para desumidificação, iluminação e tomada 2P+T, na tensão de 220 Vca e frequência de 60 Hz.

De modo geral, o painel de comando de uso externo possuirá pintura na cor Munsell N6,5, grau de proteção IP 54 (Norma NBR IEC 60529), flange de acabamento inferior – entrada dos eletrodutos, respiro ventilação protegido, trinco e maçaneta com chave Yale e ponto de conexão de aterramento.

Os circuitos de comando deverão serão equipados e supervisionados com relé de supervisão de tensão.

1.3.5.1.3 Isolador

O invólucro de porcelana atenderá os requisitos das Normas ABNT NBR 5032 e NBR 5417 e será fabricado por processo que utilize matéria prima úmida, e ser homogêneo. Não deverá conter fragmentos, cavidades ou outras imperfeições, porosidades e sua vitrificação deverá ser impermeável à umidade e livre de imperfeições, falhas e de cor marrom.

Todas as partes isolantes da bucha ou invólucro de porcelana serão projetadas de tal modo que nenhum esforço seja desenvolvido como decorrência das variações de temperatura.

1.3.6 Transformador de Potencial 34,5 kV – Instalação ao Tempo

1.3.6.1 Características construtivas e acessórios

1.3.6.1.1 Involucro

Todas as partes isolantes da bucha ou invólucro serão projetadas de tal modo que nenhum esforço seja desenvolvido como decorrência das variações de temperatura.

1.3.6.1.2 Caixa de Terminais Secundários

Todos os terminais secundários, devidamente identificados, serão levados a um bloco terminal do tipo parafuso passante, montado no interior de uma caixa terminal, com grau de proteção IP 54, conforme Norma NBR IEC 60529.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Os bornes terminais secundários serão providos de disjuntores termomagnéticos, adequadamente dimensionados em função da capacidade térmica dos enrolamentos secundários. A atuação desses disjuntores será supervisionada remotamente.

A caixa de terminais deverá ser dotada de tampa inferior removível, para facilitar a execução, na obra, das furações necessárias para a entrada de eletrodutos.

1.3.7 Disjuntor Tripolar – 34,5 kV – Instalação ao Tempo

Cada polo será idêntico e capaz de permitir intercambialidade, com modificações somente no circuito de controle.

Os contatos principais serão projetados com a adequada capacidade térmica e de condução de corrente nominal, de modo a não exceder a elevação de temperatura prevista na Norma NBR IEC 62271-100.

1.3.7.1 Características construtivas e acessórios

1.3.7.1.1 Painel de comando

De modo geral, o painel de comando de uso externo possuirá pintura na cor Munsell N6,5, flange de acabamento inferior – entrada dos eletrodutos, respiro ventilação protegido, trinco e maçaneta com chave Yale e ponto de conexão de aterramento.

O painel de comando conterà ainda circuito protegido por disjuntores, incluindo resistência blindada controlada de desumidificação, iluminação e tomada 2P+T, na tensão de 220 Vca e frequência de 60 Hz.

Além da proteção do circuito de comando e controle, o circuito do motor possuirá disjuntor independente e específico para proteção de carga indutiva. A atuação dos disjuntores termomagnéticos deverá ser supervisionada remotamente.

Os circuitos de comando serão equipados e supervisionados com relé de supervisão de tensão.

Com a chave seletora do disjuntor na posição local e a chave seccionadora à montante na posição fechada, nesta condição o disjuntor não poderá permitir o seu fechamento.

As tensões de suprimento para os serviços auxiliares devem ser:

- (i) para os circuitos do motor e comando: 125 Vcc (+8% a -15%);



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (ii) para os resistores de aquecimento e tomada: 220 V (\pm), 60 Hz.

1.3.7.1.2 Mecanismos de Operação dos Disjuntores

Possuirão mecanismos de acionamento a mola, com supervisão de pressão mínima de operação. O mecanismo de operação será instalado em armário com grau de proteção IP 54, conforme norma NBR/IEC 60529. O mecanismo operará a abertura ou fechamento de forma simultânea dos três polos e deverá ser provido com dispositivo antibombeamento “antipump”. Este também será projetado para controle à distância, em 125 Vcc.

Conterá mecanismo que iniba o carregamento motorizado da mola de acionamento quando da inserção da manivela de carregamento manual.

O disjuntor possuirá dispositivo de abertura (trip capacitivo), quando houver falta de energia auxiliar de 125 Vcc.

O disjuntor deverá ser provido de duas bobinas de abertura.

1.3.7.1.3 Isolador

O invólucro de porcelana atenderá os requisitos da Norma ABNT NBR 5032 e NBR 5417 e será fabricado por processo que utilize matéria prima úmida, e ser homogêneo. Não deverá conter fragmentos, cavidades ou outras imperfeições, e sua vitrificação deverá ser impermeável à umidade e livre de imperfeições.

Todas as partes isolantes da bucha ou invólucro de porcelana serão projetadas de tal modo que nenhum esforço seja desenvolvido como decorrência das variações de temperatura.

1.3.7.1.4 Base do Disjuntor

Cada disjuntor será implantado com placa de base para permitir a sua montagem na posição vertical, em cima de estrutura suporte de aço zincado à quente.

A estrutura suporte de aço zincado à quente deverá ser projetada de modo que, a altura mínima em relação ao solo das partes sob tensão não isoladas e desprotegidas será de 4,00 m.

Deverão ser implantados todos os parafusos, porcas e arruelas, necessários para a fixação da base do disjuntor à estrutura.



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.3.7.1.5 Acessórios

- (i) duas bobinas de abertura– 125 Vcc;
- (ii) bobina de fechamento – 125 Vcc;
- (iii) trip capacitivo;
- (iv) disjuntores de baixa tensão, com proteção termomagnética, para cada circuito de baixa tensão;
- (v) chave de contatos auxiliares com doze contatos intercambiáveis, além dos utilizados pelo fabricante em seu esquema de controle;
- (vi) indicador de posição de disjuntor (aberto ou fechado);
- (vii) chave seletora de operação “local” e “remoto”;
- (viii) botoeira para “abertura” e “fechamento local”, tipo pulsante;
- (ix) contador de operações;
- (x) iluminação, resistores blindados de aquecimento, controlados termostaticamente;
- (xi) conectores e terminais; Blocos de terminais, com 10% de contatos a mais da quantidade necessária;
- (xii) transformadores de corrente incorporados para medição e proteção
 - a. Função BF (falha e bloqueio fail-safe do disjuntor).

1.3.7.1.6 Meio extintor

O meio extintor utilizado será o gás SF6 ou a Vácuo. No caso do SF6 haverá supervisão da pressão do gás SF6 em dois estágios face a um eventual vazamento. No primeiro estágio será acionado o alarme e no segundo o desligamento com bloqueio que impeça o seu religamento. Seu sistema será projetado de forma que sejam mantidos o isolamento nominal e a manobra de usa corrente nominal, mesmo que a pressão interna do gás caia a nível de pressão atmosférica.

1.3.8 Transformadores de Corrente - 34,5 kV – Instalação ao Tempo

1.3.8.1 Características construtivas e acessórios



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.3.8.1.1 Invólucro

Todas as partes isolantes do invólucro serão projetadas de tal modo que nenhum esforço seja desenvolvido como decorrência das variações de temperatura.

1.3.8.1.2 Caixa de Terminais Secundários

Todos os terminais secundários, devidamente identificados, serão levados a um bloco terminal do tipo parafuso passante, montado no interior de uma caixa terminal, com grau de proteção IP 54, conforme Norma NBR IEC 60529.

Os bornes terminais serão do tipo curto-circuitável e permitirá o aterramento de cada terminal secundário, de todos os enrolamentos secundários.

A caixa de terminais deverá conter tampa inferior removível, para facilitar a execução na obra, das furações necessárias para a entrada de eletrodutos.

.

1.3.9 Chave Seccionadora Motorizada 15 kV – Instalação ao Tempo

1.3.9.1 Características construtivas e acessórios

1.3.9.1.1 Invólucro

As chaves seccionadoras serão do tipo vertical, para operação sob carga, instalação ao tempo em pórtico, e acionadas por mecanismo motorizado, 125 Vcc (+10 % a -20 %). O mecanismo possuirá dispositivo que permita o travamento com cadeado na posição aberta, de maneira a evitar manobras indevidas.

Na parte inferior do eixo vertical de comando, em posição acessível à leitura, existirá um dispositivo mecânico, indicando a posição aberta ou fechada das lâminas das seccionadoras.

Serão previstas cordoalhas flexíveis de aterramentos dos mecanismos de acionamentos.

Todas as ferragens deverão ser zincadas por imersão à quente para fixação do mecanismo de acionamento, da chave seccionadora e de comando, à estrutura suporte.

A chave será dotada de dispositivo mecânico que possibilite a operação manual de abertura e fechamento desta, independente do funcionamento do dispositivo motorizado, nesta condição quando da introdução deste dispositivo comande o desligamento do circuito. Por questões de segurança o dispositivo de acionamento manual que for utilizado para manobrar a seccionadora só poderá ser inserido quando da posição local e deve impedir o acionamento elétrico local ou remoto automático desta, devendo ainda prover meios de ser intertravada com



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

os disjuntores correspondentes. Na condição de acionamento motorizado, o equipamento permitirá de forma excludente, comando local ou remoto podendo este último ser realizado na IED do respectivo disjuntor, no console da subestação ou no CCO por meio do Sistema de Telecomando.

1.3.9.1.2 Terminal de Linha

Todos os equipamentos deverão ser implantados com terminal tipo barra chata, com furação NEMA (2 furos).

1.3.9.1.3 Operação

O mecanismo de operação será simultâneo para os polos da chave, podendo ser acionado com ou sem motor, sendo que para o primeiro caso, será previsto dispositivos que permita o comando local e remoto.

1.3.9.1.4 Mecanismo de Comando

O mecanismo de comando da chave seccionadora será dimensionado para instalação sobre estrutura, com eixo na posição vertical. No caso de mecanismo motorizado, possuirão meios que permitam a sua operação manual, nesta condição quando da introdução do dispositivo para comandar deverá desligar o circuito, sem que haja necessidade de retirar a tampa do cofre que os contém. O motor será alimentado em corrente contínua na tensão de 125 Vcc (+10 % a - 20 %). O circuito de alimentação será provido de proteção termomagnética. O circuito do motor possuirá disjuntor independente e específico para proteção de carga indutiva. As atuações dos disjuntores termomagnéticos serão supervisionadas remotamente. Deverá ser previsto comando elétrico (pulsante) local e remoto, a partir da casa de comando. Em cada painel que contém o mecanismo de acionamento, será montada uma chave com 12 contatos auxiliares, de 10 A, reversíveis, em caixa à prova de tempo.

Por questões de segurança o dispositivo de acionamento manual que for utilizado para manobrar a seccionadora só poderá ser inserido quando da posição local e, se inserido, deverá impedir o acionamento elétrico local ou remoto automático desta, deverá ainda prover meios de ser intertravada com os disjuntores correspondentes.

O painel de comando conterá ainda circuito protegido por disjuntores, incluindo resistência blindada controlada para desumidificação, iluminação e tomada 2P+T, na tensão de



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

220 Vca e frequência de 60 Hz.

De modo geral, o painel de comando de uso externo deverá possuir pintura na cor Munsell N6,5, grau de proteção IP 54 (Norma NBR IEC 60529), flange de acabamento inferior – entrada dos eletrodutos, respiro ventilação protegido, trinco e maçaneta com chave Yale e ponto de conexão de aterramento.

Os circuitos de comando serão equipados e supervisionados com relé de supervisão de tensão.

1.3.10 Para-raios de Média Tensão – Instalação ao Tempo

Os para-raios serão da mais moderna tecnologia, incluindo resistores de graduação não lineares, para garantir a função de descarga disruptiva correta, mesmo em ambientes poluídos.

Os para-raios serão de resistor não linear em Óxido de Zinco (ZnO), tipo estação, classe 2, serviço pesado, para instalação ao tempo, limitadores de sobretensões em circuitos de corrente alternada, autossuportados. Serão instalados na posição vertical, entre fase e terra e próprios para instalação ao tempo.

1.3.10.1 Características construtivas e acessórios

1.3.10.1.1 Invólucro

Os para-raios possuirão sistema de encapsulamento polimérico dos varistores de Óxido de Zinco a fim de melhorar a resistência às condições climáticas (invólucro estanque) e as características mecânicas, deverão possuir grande resistência à tração e torção.

O silicone utilizado nos para-raios será altamente resistente ao fogo e autoextinguível.

1.3.10.1.2 Terminal de Linha

Todos os para-raios serão implantados com terminal para cabo tipo NEMA 2N.

1.3.11 Transformador de Potência Serviços Auxiliares de Média Tensão

1.3.11.1 Características construtivas e acessórios

Os transformadores projetados e construídos para instalação abrigada a seco, encapsulados em epóxi sob vácuo, instalados no interior de um cubículo metálico para formar



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

um conjunto unitário com os cubículos de média tensão, será projetado e construído conforme recomendações da norma ABNT NBR 10295, com resfriamento natural.

O transformador de potência seco deverá ser compacto, seguro, confiável e ecológico, reunindo as vantagens como segue:

- (i) características de difícil combustão, autoextinguível e não produzir gases tóxicos;
- (ii) insensível à umidade ambiental;
- (iii) suportar sobrecargas e resistência elevada a curto-circuito;
- (iv) o transformador deverá possuir olhais para suspensão e rodeiros bidirecionais com bloqueios para movimentação e respectivos apoios para macaco.

Estes deverão ser fabricados e implantados obedecendo às seguintes características:

1.3.11.1.1 Núcleo

O núcleo dos transformadores será construído com chapas de aço silício de cristais orientados, laminadas a frio de baixas perdas, do tipo antienvelhecimento, com as seguintes características: perdas específicas a 60 Hz, 15.000 Gauss, não superiores a 0,60 W/lb. As chapas serão isentas de impurezas e escórias, com o necessário recozimento após seu corte. A montagem das chapas do núcleo permitirá um amplo resfriamento. Os núcleos serão fortemente prensados por meio de cintas ou parafusos passantes isolados. As culatras serão prensadas por meio de perfis de aço e sistema de tirantes e parafusos isolados. A parte ativa será provida de ganchos para o seu manuseio. As estruturas de fixação permitirão o transporte seguro do transformador, sem deslizamento das capas e uma elevada resistência mecânica no funcionamento e em condições de curto-circuito, reduzindo ao mínimo as vibrações. As correntes parasitas serão reduzidas ao mínimo em toda construção e nas estruturas de fixação. O campo magnético deverá distribuir-se uniformemente e simetricamente. Todos os parafusos, porcas, braçadeiras, entre outros materiais de fixação, serão devidamente travados, de modo que não se afrouxem ou soltem por vibrações resultantes do transporte ou operação. Será prevista a conexão rígida do núcleo (viga de aço) à terra, a fim de evitar o acúmulo de cargas eletrostáticas.

1.3.11.1.2 Enrolamentos

Os enrolamentos serão construídos em alumínio de elevada pureza e condutividade tanto quanto possível sem soldas e isolados com papel termo estabilizado de alta qualidade e



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

encapsulados em resina epóxi sob vácuo, sendo estes condizentes com as solicitações térmicas, elétricas e mecânicas previstas.

Os transformadores funcionarão com potência nominal, em serviço contínuo, sem ultrapassar a elevação de temperatura máxima prevista nas Normas para os materiais isolantes utilizados na sua fabricação.

A disposição dos condutores e do enrolamento será efetuada de modo a proporcionar uma distribuição sensivelmente linear das sobretensões. O isolamento dos enrolamentos será do tipo total. Os enrolamentos não deverão sofrer deformação de nenhuma espécie nas solicitações mecânicas permanentes ou transitórias de correntes de curto-circuito. Os terminais dos enrolamentos e as intermediárias serão fixadas de modo a evitar quaisquer danos ocasionados por vibrações. A secagem do núcleo completo com os enrolamentos será realizada a vácuo. O conjunto núcleo enrolamento será fixado em caixa de modo a evitar deslizamento durante o transporte do transformador.

Serão previstos canais de ventilação entre o núcleo e o enrolamento secundário, entre espiras do enrolamento secundário e também entre este e o enrolamento primário.

O resfriamento dos transformadores será feito naturalmente, pelo próprio ar ambiente.

Deverão ser empregados materiais isolantes da classe F.

Serão capazes de suportar os efeitos das sobrecorrentes, resultantes de curtos-circuitos nos terminais de qualquer um dos seus enrolamentos, com tensão e frequência nominal mantida constante no terminal do outro enrolamento durante um tempo de 2 segundos, com no máximo $I_{cc} = 25.I_n$.

O funcionamento do transformador de potência será silencioso e isento de vibrações excessivas, quaisquer que sejam as condições de carga. O nível de ruído do transformador de potência deverá estar em acordo com a Norma NBR 7277.

1.3.11.1.3 Comutador e Derivações

Os transformadores serão equipados com comutadores de derivação em vazio, com quatro derivações, além da nominal, no lado primário. Serão de construção mecânica e eletricamente robusta e provido com mecanismo de comutação manual e travamento, em cada posição. As derivações para comutação em vazio dos transformadores serão dimensionadas para a potência nominal, isto é, o transformador deverá fornecer esta potência com o comutador em qualquer um dos “taps” sem superar os limites de temperatura prescritos.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.3.11.1.4 Terminal Isolado

Lado primário: terminais de classe de isolamento 15 kV, serão em resina de epóxi e fixados no corpo do transformador.

Lado secundário: terminais de classe de isolamento 1,2 kV.

Os terminais de todos os enrolamentos dos transformadores serão preparados para interligação aos cubículos correspondentes.

Os terminais de saída dos enrolamentos primário e secundário do transformador serão devidamente identificados de acordo com as Normas ABNT, acompanhados cada um de seu respectivo e adequado conector. O tipo e a posição dos terminais de ligação serão em função do lado de acesso e quantidade por fase dos cabos alimentadores tanto no primário como no secundário, devidamente compatibilizados, a fim de evitar problemas quanto às distâncias mínimas de isolação, aos cruzamentos, aos espaços/folga para instalação de cabos e à fixação dos cabos.

1.3.11.1.5 Terminal de Linha

Todos os equipamentos deverão ser implantados com terminal tipo barra chata, com furação NEMA (2 furos).

1.3.11.1.6 Cubículo Metálico

O transformador será instalado em um invólucro metálico, de maneira a compor uma composição unitária com os cubículos.

O invólucro metálico de proteção possuirá isolação externa através de chapas de fechamento metálico (laterais e superior), dotado de portas de acesso com dobradiças e fechadura (com trinco e chave).

Também, nas partes acessíveis, possuirá grade de proteção interna para proteção contra contatos diretos (acidentais ou não) às partes energizadas, com dispositivo que comande a abertura do disjuntor alimentador do transformador quando da abertura desta grade.

Esta grade será fixada através de dobradiças e parafusos imperdíveis.

O invólucro metálico será provido de meios adequados de ventilação de ar natural e que assegurem a refrigeração conveniente do transformador de potência em quaisquer condições de



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

operação constantes nas normas, sem ultrapassar os limites de temperatura prescritos neste documento. Deverá atender aos requisitos definidos pela Norma da ABNT NBR IEC 62271-200.

O invólucro de proteção terá dois terminais para aterramento, acompanhados de conector apropriado para ligação a cabo de cobre nu com seção de 50 mm² a 95 mm².

O cubículo será provido de olhais para suspensão.

Possuirá guia para movimentação do transformador com dispositivo de travamento.

Será previsto compartimento de baixa tensão com porta independente onde deverá ser instalado o relé de temperatura e demais equipamentos auxiliares.

Proteção contra penetração de corpos estranhos sólidos granulados, grau de proteção IP 41, conforme Norma NBR IEC 60529.

Os transformadores de potência possuirão plaquetas de alerta com os seguintes dizeres: “Perigo de Morte – Alta Tensão” e os símbolos indicativos desse perigo.

1.3.11.1.7 Elevação de Temperatura

Nos transformadores sob condição de plena capacidade, a temperatura média de cada enrolamento não deverá ultrapassar 55 °C acima da temperatura ambiente, compreendida entre 0 °C e 50 °C. A elevação da temperatura no ponto mais quente dos enrolamentos não deverá ultrapassar 155 °C.

Será previsto relé e sensores de temperatura removíveis para alarme, desligamento e supervisão, inclusive contra defeito interno e dos sensores, nas três fases.

1.3.11.1.8 Acabamento e Pintura

Todas as superfícies metálicas, tanto interna como externa, do transformador e do cubículo, serão limpas, eliminando-se a poeira outras impurezas por meio de jato de areia ou outro meio eficaz. Todas as rebarbas e rugosidades serão removidas. Todas as partes metálicas do transformador receberão três demãos de tinta antiferruginosa, na cor cinza Munsell N6,5, cuja durabilidade deverá ser de 5 anos, no mínimo.

1.4 Equipamentos do sistema de tração – 3 kvcc

1.4.1 Retificador de Tração – 4 MW ou 6 MW



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Os valores das tensões e correntes acima estão vinculados às impedâncias de curto-circuito do transformador do retificador; assim, os valores efetivos a serem estabelecidos deverão ocorrer na fase do PROJETO EXECUTIVO.

O grupo retificador de silício terá resfriamento natural a ar. A temperatura ambiente máxima, como referência, é de 50 °C.

Cada grupo será construído por duas pontes de Gräetz trifásicas, montadas em série, sendo que cada uma destas deverá ser alimentada por um dos secundários do transformador de grupo.

O número de elementos semicondutores, por tramo, a serem conectados em paralelo, será determinado para satisfazer às prescrições da Norma e para que o retificador possa suportar as sobrecargas previstas pela norma IEC 60146. Preferencialmente limitado a 3 diodos em paralelo por ramo (N+1).

O grupo funcionará normalmente, obedecendo ao ciclo de sobrecarga mesmo com um diodo avariado por ramo; deverá existir um dispositivo de detecção que permitirá descobrir e sinalizar esta avaria, indicando qual o braço defeituoso do retificador.

A proteção contra as sobretensões de comutação deverá ser assegurada por circuitos com resistências e condensadores. A proteção contra sobretensões de manobra será assegurada por um conjunto de condensadores com resistência de amortecimento, montadas em derivações nas conexões de alimentação alternada da ponte de Gräetz, e também nas conexões do lado da corrente contínua, se o fabricante julgar necessário.

1.4.1.1 Características construtivas e acessórios

1.4.1.1.1 Ponte Retificadora

As duas pontes retificadoras serão em "Ponte de Graetz", trifásicas de onda completa e assegurará uma distribuição de corrente equalizada e equilibrada entre os diodos em paralelo por ponte e também entre os diodos das pontes.

O efeito das duas pontes de 6 pulsos defasadas de 30 graus na alimentação proporcionará uma tensão retificada "equilibrada" de 12 pulsos, e assim, não oferecendo ao sistema de corrente alternada harmônicos não característicos.

As pontes suportarão uma corrente de 100 % da corrente de curto-circuito para um curto aplicado nos terminais no lado de corrente contínua, por tempo não inferior à abertura do disjuntor de corrente lado corrente alternada do grupo e não inferior a 177 ms (10 ciclos), sem



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

danos para qualquer de seus componentes, diodos, fusíveis etc.

1.4.1.1.2 Diodos

Os diodos terão características adequadas contra tensão inversa nas extremidades de cada elemento semicondutor e entre grupos de elementos ligados em série.

O arranjo e escolha dos diodos, fusíveis e conexões, assegurarão uma distribuição de corrente equilibrada entre os diodos por braço e entre os componentes ligados em paralelo, limitando ao mínimo a quantidade de diodos em paralelo em cada ramo.

1.4.1.1.3 Equilíbrio de Corrente

Será assegurado um equilíbrio de corrente entre os diodos em paralelo em cada fase e a manutenção da corrente individual de cada diodo dentro dos limites de capacidade garantidos, bem como entre as duas pontes retificadoras de Graetz em quaisquer condições de carga e ciclo de sobrecarga especificado, e ainda de curto-circuito.

1.4.1.1.4 Barramentos

Os barramentos serão constituídos por perfis de cobre eletrolítico, de alta condutibilidade elétrica, adequadamente fixados e concebidos para resistir aos esforços criados pelas máximas correntes de curto-circuito especificadas.

O barramento será previsto para uma corrente permanente (mínima) de 4.000 A com uma sobre-elevação de temperatura de 65 °C sobre uma temperatura ambiente exterior de 50 °C.

A sobre-elevação de temperatura nas derivações às quais forem ligados os terminais dos cabos de energia de ca e cc será compatível com a temperatura máxima em regime desses cabos. As extremidades e derivações do barramento serão prateadas. As furações dos terminais dos barramentos atenderão aos requisitos e padrão NEMA, compatível com as seções e quantidades de cabos de potência dimensionados para entradas e saídas.

Os barramentos serão identificados através de cores normalizadas conforme Normas ABNT.

O projeto, a construção e os materiais dos barramentos, conexões e suportes isoladores levarão em conta as contrações e expansões dos materiais, devidas às variações de temperatura



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

dos diversos elementos, condutores ou não de corrente elétrica, e dos meios isolantes.

1.4.1.1.5 Características gerais

1.4.1.1.5.1 Proteção dos elementos semicondutores

Os fusíveis de proteção previstos para os diodos serão do tipo rápido, específico à proteção de elementos semicondutores, com curva de energia específica passante (I².t) compatível com os níveis de energia suportáveis para os diodos.

Serão instalados em cada diodo da ponte dupla de retificadores e determinar as seguintes sinalizações:

- (i) no local:
 - a. Indicação mecânica de ruptura para cada fusível;
- (ii) No local e remoto:
 - a. Sinalização de ruptura do primeiro fusível do retificador;
 - b. Sinalização de ruptura do segundo fusível num mesmo ramo do retificador.

A ruptura de um segundo fusível num mesmo ramo, num determinado ramo do retificador, deverá provocar a atuação do relé de bloqueio e o desligamento do grupo.

1.4.1.1.5.2 Proteção Contra Tensão Inversa e Sobretenção

Os elementos semicondutores terão características adequadas contra tensão inversa e outros transientes de tensão de origem interna e externa por meio de Snubber-Circuits ou similar.

Serão tomados os cuidados na seleção dos componentes do Snubber tendo em vista a operação indevida e até as condições danosas, isto devidos aos valores excessivos (a maior ou a menor) desses componentes no arranjo do circuito envolvido.

Também, a tensão retificada não pode superar o valor de 3,6 kVcc quando a carga solicitada for nula.

1.4.1.1.5.3 Temperatura na Junção

Cada ponte possuirá pelo menos dois termostatos que deverão ser instalados nos dissipadores dos diodos para supervisionar a temperatura de junção dos elementos



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

semicondutores em dois estágios: sinalização (local e remoto) e desligamento.

Os ramos com elementos semicondutores a serem supervisionados deverão ser aqueles que, em termos, de instalação, sejam os mais desfavoráveis à dispersão de calor.

1.4.1.1.5.4 Relé de Proteção Direcional

Será previsto relé direcional de potência em corrente contínua, com contatos auxiliares suficientes para alarmes e abertura do disjuntor do grupo no lado ca e dos disjuntores extra rápidos, além de atuação do relé de bloqueio do grupo.

1.4.1.1.5.5 Proteção de Defeito à Carcaça (Relé Função 64)

Será implantado relé para aterramento da estrutura metálica dos cubículos a polaridade negativa do 3 kVcc. O relé será provido com shunt de interligação da estrutura metálica ao sistema de aterramento. Serão providos transdutores com isolamento galvânica suficiente para os níveis de tração empregados, e deverão realizar conversão dos sinais medidos pelo shunt mV para uma grandeza a ser enviada para a Unidade de processamento (CPU) ou IED que deverá interpretar a informação para atuação (desligamento), alarme e sinalização da falta. A CPU ou IED deverá possuir protocolo adequado com o sistema digital para comunicação em rede.

A atuação deste relé deverá desencadear a abertura dos disjuntores de alta tensão e dos disjuntores de corrente contínua a fim de se isolar o defeito. O relé sensibilizado pela falta deverá permanecer bloqueado até que o defeito seja sanado, não impedindo que os demais circuitos voltem a operar, ou seja, o sistema deverá ter recursos operacionais para operar em condições degradadas.

1.4.1.1.5.6 Shunts, transdutores, relés e indicadores de corrente e tensão

Serão implantados todos os elementos Shunts, transdutores de tensão e corrente de modo a possibilitar a verificação a nível local das correntes e tensões dos equipamentos. Os transdutores terão isolamento suficientemente alta para que não haja falhas no sistema. Bem como, os shunts devem ter capacidade de suportar as cargas previstas no sistema. As definições dos valores de fundo de escala dos medidores, queda de tensão dos shunts, entre outros devem ser dados na fase do PROJETO EXECUTIVO.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.4.1.1.5.7 Fusíveis

Os fusíveis utilizados na proteção dos equipamentos serão adequados para ligação em 3.000 Vcc e incluir micro switch de mesma classe de tensão.

1.4.1.1.5.8 Relé para Detecção Arco Elétrico

Serão previstos dispositivos fotossensíveis para detecção de formação de arco elétrico interno aos invólucros dos retificadores para alarme e trip nos disjuntores.

O sistema será capaz de identificar a cela do cubículo onde ocorreu a falta e enviar sinalização local e remota da ocorrência de arco elétrico interno e ter capacidade de distinguir a luz natural e iluminação ambiente.

1.4.1.1.5.9 Dispositivos de Proteção Adicionais

Com a evolução da tecnologia, as proteções presentemente especificadas podem estar complementadas com outros dispositivos, que forem julgados necessários à proteção, ao desempenho e à integridade do sistema.

1.4.1.1.6 Medições de Tensão e Corrente de 3.000 Vcc

Serão previstos medidores com respectivos transdutores de tensão e de corrente para permitir as medições das grandezas no cubículo. Os transdutores terão uma isolamento galvânica suficiente, para segurança, entre a alta e a baixa tensão.

1.4.1.1.7 Dados complementares

Deverão ser implantados os seguintes dados:

- (i) curvas características direta e inversa aos diodos propostos;
- (ii) características elétricas dos diodos e de seus acessórios (fusíveis, resistências e condensadores);
- (iii) características de sobrecarga dos diodos (curva de corrente de crista máxima admissível, em função do tempo, para sobrecargas repetitivas e para serem sobrecargas acidentais);



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (iv) memória de cálculo justificativo do número de diodos montados em paralelo em cada braço da ponte;
- (v) curva de regulação tensão X corrente, incluindo o efeito do transformador.

1.4.2 Características dos Cubículos Metálicos para Abrigar o Retificador

1.4.2.1 Características construtivas e acessórios

Cada ponte do retificador será montada no interior de cubículo metálico que deverá abrigar seus diversos componentes. Este possuirá um compartimento em separado, de baixa tensão, destinado a alojar seus equipamentos auxiliares e dispositivo de proteção tipo IED, que deverá se comunicar com o sistema de proteção da subestação através de protocolo de comunicação (IEC 61850), redundante.

O cubículo deverá ser dotado de portas frontais compartimentadas que permitirão o acesso aos componentes e, separadamente, ao compartimento de baixa tensão. O acesso aos dispositivos poderá ser frontal e traseiro através de portas devidamente preparadas e distintas das demais. Todos os compartimentos permitirão o acesso seguro aos equipamentos durante sua manutenção através de sensores de abertura de porta (micro switch), que deverão atuar na abertura dos disjuntores de entrada e saída.

A estrutura será do tipo autoportante, perfeitamente rígida com base, perfis e chapas de aço obedecendo completamente os requisitos das Normas ANSI, IEC ou EN/CENELEC.

O invólucro do cubículo deverá ter grau de proteção IP 31, conforme NBR IEC 60529.

Possuirá tomada 2P+T e iluminação no compartimento de BT, em tensão auxiliar 220 Vca.

As bases dos cubículos, montadas devidamente isoladas do piso, serão providas de perfis "U" com furos adequados para os chumbadores a serem embutidos no concreto das obras civis.

Serão completamente fechados em todos os lados, com chapa metálica, exceto na parte superior e inferior (na altura do rodapé) - aberturas para circulação da ventilação. As aberturas de ventilação serão protegidas por grades metálicas/telas à prova de corrosão e eficientes para proteger os equipamentos contra a entrada de insetos ou animais, preservando o seu grau de proteção. O projeto deverá prever a instalação de uma cobertura superior para proteção contra respingos aos componentes instalados no seu interior, acima das saídas de ventilação - esta cobertura deverá estar a uma altura suficiente para permitir a saída do ar quente, sem alterar o



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

grau de proteção.

Todas as portas possuirão trincos e fechaduras com chaves. Para facilitar os trabalhos de inspeção e manutenção, as portas deverão ter travadores de posição que possam mantê-las abertas, quando desejado. Quando a porta do cubículo do retificador estiver aberta deverá existir uma grade de proteção removível supervisionada e fixada em dobradiças para impedir o contato acidental com partes energizadas.

Todas as partes metálicas deverão receber três demãos de tinta antiferruginosa e acabamento final na cor cinza Munsell N6,5.

Deverão ser previstas alças superiores nos cubículos dos retificadores para o seu içamento.

1.4.3 Cubículo com disjuntor extra rápido 3 KVCC

1.4.3.1 Cubículos Metálicos

1.4.3.1.1 Características construtivas e acessórios

Cada módulo do cubículo com disjuntor possuirá as seguintes dimensões máximas: largura 850 mm.

Cada cubículo dotado de portas frontais compartimentadas que permitirão o acesso ao disjuntor extra rápido e, separadamente, ao compartimento de baixa tensão. O acesso ao circuito de teste de linha poderá ser frontal ou traseiro através de portas devidamente preparadas e distintas das demais. Todos os compartimentos deverão permitir o acesso seguro aos equipamentos durante sua manutenção. Se necessário, deverá possuir no teto dispositivo ou tampa que possibilite a expansão e saída de gases.

Quando a porta posterior do cubículo estiver aberta existirá uma grade de proteção removível e fixada em dobradiças para impedir o contato acidental com partes energizadas.

Os cubículos serão projetados para a extração frontal do disjuntor extraível, montado em compartimento exclusivo.

A atuação dos obturadores será através de movimento do disjuntor, e nunca operada pela ação da gravidade ou de vibrações. O dispositivo de desconexão será colocado e construído de forma a não expor o operador às partes vivas. Este obstáculo será dotado de etiqueta de advertência de perigo.

Os cubículos possuirão uma chave de fim de curso acionada pelo carrinho do disjuntor,



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

cujos contatos sinalizarão remotamente a posição dos contatos principais do disjuntor, proporcionando as seguintes sinalizações luminosas:

Disjuntor inserido: aberto e fechado;

A característica construtiva dos cubículos deverá permitir que os disjuntores extra rápidos possam movimentar-se suavemente para qualquer uma das posições operacional ou teste. Deverão estar disponíveis todos e quaisquer equipamentos auxiliares necessários para inserção, extração e movimentação dos disjuntores.

Os barramentos possuirão revestimento total isolante, tipo termo retrátil, não propagante de chamas, para proteção contra toques acidentais e demais características dielétricas e mecânicas satisfatórias, na classe de tensão adequada para uso em 3 kVcc.

Todas as funções necessárias para o comando, controle e proteção do disjuntor correspondente serão incorporadas nos compartimentos exclusivos de baixa tensão dos respectivos cubículos de tração.

A estrutura será do tipo autoportante, perfeitamente rígida com base, perfis e chapas de aço obedecendo completamente os requisitos das Normas ANSI, IEC ou EN/CENELEC.

O invólucro do cubículo terá grau de proteção IP 41, conforme NBR IEC 60529.

Nas portas frontais dos cubículos serão providos de barras mímicas, simbolizando, em relevo, os diagramas unifilares dos circuitos de corrente contínua (potência).

Possuirá resistência blindada controlada para desumidificação, iluminação e tomada 2P+T, na tensão de 220 Vca.

As bases dos cubículos serão providas de perfis "U" com furos adequados para os chumbadores a serem embutidos no concreto das obras civis, devidamente isoladas em relação ao piso e entre cubículos contíguos, com a interposição de isoladores resistentes e adequados à classe de tensão.

Assim, esta isolação deverá discriminar o cubículo que estiver com problema envolvendo fuga à terra.

Serão completamente fechados em todos os lados, incluindo a parte superior, com chapa metálica, exceto nas aberturas de ventilação e janelas de inspeção. As aberturas de ventilação serão protegidas por grades metálicas à prova de corrosão e eficientes para proteger os equipamentos contra a entrada de insetos ou animais.

Para limitar ao mínimo os danos produzidos por arco elétrico devido às eventuais falhas internas nos cubículos, será previsto como método de proteção e desligamento através de



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

dispositivos detectores de luz produzidos por arco interno com trip nos disjuntores, além de dispositivos de descompressão claramente identificados como tampas e dutos prolongados de escape de gases na parte superior dos cubículos (garantir a segurança de pessoas e instalações adjacentes).

Todas as portas deverão possuir trincos e fechaduras com chaves. Para facilitar os trabalhos de inspeção e manutenção, as portas deverão ter travadores de posição que possam mantê-las abertas, quando desejado.

Os cubículos possuirão na parte superior olhais removíveis para içamento.

1.4.3.2 Disjuntores extra rápidos

1.4.3.2.1 Características construtivas dos Disjuntores

Os disjuntores extra rápidos serão extraíveis, unipolares, a seco, intercambiáveis para operação em corrente contínua 3 kVcc, sejam aqueles abrigados em compartimentos dos cubículos dos quais partem cabos para a catenária, sejam aqueles abrigados em cubículos que recebem cabos dos retificadores/reatâncias de alisamento, serão projetados e construídos para instalação sobre carrinho móvel e alojados em cubículos metálicos. Estes disjuntores terão abertura em ar, com câmara de extinção de arco. O fechamento será feito por bobina alimentada em 125 Vcc. Deverá possuir blocos de contatos auxiliares suficientes para controle, sinalização, intertravamentos e reservas.

O disjuntor permitirá sua colocação em três posições distintas: inserido, teste e extraído.

Serão movimentados suavemente para qualquer uma das posições, serem dotados de dispositivos de auto alinhamento e auto acoplamento, e possuir um dispositivo de acoplamento final através manivela ou alavanca.

Posição Disjuntor "INSERIDO":

- (i) os contatos principais e os contatos auxiliares deverão estar conectados aos respectivos circuitos e operando normalmente;
- (ii) posição Disjuntor "TESTE":
- (iii) os contatos principais deverão estar totalmente extraídos e os contatos auxiliares deverão estar conectados aos respectivos circuitos, a fim de se poderem realizar testes dos circuitos de comando;
- (iv) posição Disjuntor "EXTRAÍDO":



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (v) os contatos principais e auxiliares deverão estar totalmente extraídos, isto é, isolados de todo o conjunto.

O conjunto cubículo-disjuntor também possuirá sistema de bloqueio mecânico que impeça a movimentação do carrinho do disjuntor. Este bloqueio estará intertravado com a posição dos contatos principais, quer seja:

- (i) contatos principais fechados - carrinho bloqueado;
- (ii) contatos principais abertos - carrinho livre.

Este bloqueio deverá funcionar tanto no sentido de extração como no sentido de inserção do disjuntor.

O disjuntor e seu respectivo carrinho possuirá intertravamento que somente permita a extração ou inserção com o disjuntor aberto. O cubículo possuirá indicação de estado para cada uma das três posições possíveis do disjuntor e também deverá permitir o comando dos circuitos de controle do disjuntor quando na posição de teste, a fim de auxiliar no diagnóstico de defeitos.

Será garantido o perfeito contato elétrico entre as partes metálicas do disjuntor (carrinho e estrutura) para a garantia do correto aterramento do conjunto. Será garantido o perfeito contato entre as conexões do disjuntor e os barramentos do cubículo evitando o sobreaquecimento dos pontos de contato. Todas estas condições serão garantidas para as posições de inserido e de teste.

Deverá ser garantida toda a intercambialidade entre os carrinhos disjuntores e os cubículos de tração permitindo que sejam utilizados em qualquer uma das subestações/cabines, novas ou reformadas.

Possuirão sistema de isolamento dos contatos do barramento tipo obturador (guilhotina), isolando completamente o barramento do cubículo impedindo o acesso externo quando na posição de teste ou de extração do disjuntor.

Os disjuntores extra rápidos serão providos de proteção de sobrecorrente, intrínseca (relé direto) que deverá atuar num tempo bastante reduzido, conforme norma, caso a corrente ultrapasse o valor ajustado para atuação.

Os valores máximos de corrente e de gradiente (di/dt) deverão ser de acordo com as características técnicas dos equipamentos do grupo retificador. Essa será uma característica intrínseca do disjuntor e deverá ser garantida mesmo quando da não disponibilidade do dispositivo de proteção.

O disjuntor deverá ser equipado com um contador do número de manobras realizadas.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

O disjuntor deverá possuir um dispositivo de abertura do disjuntor (trip capacitivo ou equivalente), quando houver falta de energia auxiliar de 125 Vcc.

1.4.3.2.2 Acessórios

Será implantado um carrinho especial para deslocamento dos disjuntores no recinto interno da subestação/cabine.

Deverá ser provido de rodas, possuir assento guiado e com ajuste de altura do carro através de manivela e ter um perfeito acoplamento com o cubículo quando da operação de inserção/extração dos disjuntores e respectivo nivelamento com a suas bases.

Para cada Subestação ou Cabine, deverá ser implantado 01 carrinho para atender todo o conjunto de disjuntores.

O detalhamento do carrinho deverá ser feito quando do PROJETO EXECUTIVO.

1.4.4 Chave Seccionadora Manual – 3 kVcc – 4.000 A

1.4.4.1 Características construtivas e acessórios

A chave será dotada de dispositivo mecânico que possibilite a operação manual de abertura/fechamento, por meio de alavanca extraível. Cada chave deverá permitir o intertravamento mecânico e elétrico. Todas as chaves seccionadoras terão bloco de contatos auxiliares. Os contatos (lâminas) da chave de abertura e fechamento deverão ser visíveis através de visor transparente, podendo ser bloqueados na posição aberta/fechada através de chave.

Além do impedimento eletromecânico a ser previsto, na tentativa de operar em carga possuirá contato auxiliar que atue o desligamento do disjuntor a montante na saída do retificador.

As lâminas serão construídas em cobre eletrolítico, laminadas e prateadas, com contatos principais revestidos de prata, de modo a assegurar pontos de contatos de alta pressão e condutibilidade. A disposição dos contatos será tal que possibilite fácil substituição e a autolimpeza.

1.4.5 Cubículo com Reatância de Alisamento

A reatância de alisamento será projetada e construída para instalação em cubículo metálico.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

O cubículo da reatância será instalado contiguamente ao cubículo do retificador isolado do piso.

A reatância de alisamento será conectada ao retificador através de barramento rígido.

Será do tipo “Self-Lissage” em ar, sem circuito magnético, em alumínio, dimensionado para suportar as correntes de sobrecargas dos grupos retificadores correspondentes à classe VI “tração pesada” – e Normas NEMA e IEC 60146. Além disso, possuirá filtros para manter o nível de harmônicos característicos, gerados pelo sistema de retificação, abaixo dos limites especificados pela Concessionária de Energia Elétrica e norma IEEE 519. Os harmônicos não característicos do sistema deverão ser suprimidos.

1.4.5.1 Características construtivas e acessórios

1.4.5.1.1 Enrolamentos

O reator será composto de uma bobina cilíndrica do tipo helicoidal cujas espiras serão construídas com condutores de alumínio extrudado, de seção retangular e bordas arredondadas. A seção total do feixe condutor será dimensionada para suportar a corrente nominal em regime de funcionamento contínuo e as solicitações térmicas e dinâmicas da corrente de curto-circuito indicada na placa de características fixada no reator.

Os condutores serão isolados entre espiras e espaçados uniformemente. O projeto deve otimizar o aproveitamento das superfícies ativas de resfriamento, reduzindo a carga térmica por unidade de superfície a ser dissipada por circulação natural de ar.

Os enrolamentos possuirão sensores de supervisão de temperatura no ponto mais quente e relés com dois contatos reversíveis (alarme e desligamento).

1.4.5.1.2 Conjunto

A estabilidade mecânica do conjunto será feita através de bandagens de fibra de vidro e impregnado com resina epóxi sem carga mineral, formando desta maneira dois tubos rígidos, um interno e outro externo de alta resistência mecânica.

1.4.5.2 Características do Cubículo Metálico

O cubículo será dotado de portas frontais compartimentadas que permitirão o acesso a bobina, cujo acesso poderá ser frontal e traseiro através de portas. Todos os compartimentos



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

deverão permitir o acesso seguro aos equipamentos durante sua manutenção através de sensores de abertura de porta (micro switch), que deverão atuar na abertura dos disjuntores de entrada e saída.

A estrutura será do tipo autoportante, perfeitamente rígida com base, perfis e chapas de aço obedecendo completamente os requisitos das Normas ANSI, IEC ou EN/CENELEC.

O invólucro do cubículo deverá ter grau de proteção IP 41, conforme Norma NBR IEC 60529.

As bases dos cubículos serão providas de perfis "U" com furos adequados para os chumbadores a serem embutidos no concreto das obras civis.

Serão completamente fechados em todos os lados, incluindo a parte superior, com chapa metálica, exceto nas aberturas de ventilação e janelas de inspeção. As aberturas de ventilação deverão ser protegidas por grades metálicas à prova de corrosão e eficientes para proteger os equipamentos contra a entrada de insetos ou animais, preservando o seu grau de proteção. Em específico quando o projeto solicitar uma ventilação na parte superior, deverá ser instalado uma cobertura para proteção contra respingos aos componentes instalados no seu interior, esta cobertura deverá estar a uma altura suficiente para permitir a saída de ar quente, sem alterar o grau de proteção.

O cubículo será isolado eletricamente do piso, com interposição de relé para aterramento (função 64) da estrutura metálica do cubículo à polaridade negativa do 3 kVcc.

Este cubículo deverá possuir indicação de presença de tensão através de revelador de tensão.

O compartimento de BT, possuirá resistência blindada controlada para desumidificação, iluminação e tomada 2P+T, na tensão de 220 Vca.

Todas as portas deverão possuir trincos e fechaduras com chaves. Para facilitar os trabalhos de inspeção e manutenção, as portas deverão ter travadores de posição que possam mantê-las abertas, quando desejado.

Para o trabalho da manutenção, serão previstas alças superiores nos cubículos e no núcleo da indutância para o seu içamento.

Quando a porta posterior do cubículo estiver aberta deverá existir uma grade de proteção removível e fixada em dobradiças para impedir o contato acidental com partes energizadas.

Nas portas frontais dos cubículos serão providos de barras mímicas, simbolizando, em relevo, os diagramas unifilares dos circuitos de corrente contínua (potência).



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Os barramentos possuirão revestimento total isolante, tipo termo retrátil, não propagante a chamas, para proteção contra toques acidentais e demais características dielétricas e mecânicas satisfatórias, na classe de tensão adequada para uso em 3 kVcc.

1.4.5.2.1 Relé de detecção de arco elétrico

Serão previstos dispositivos fotossensíveis para detecção de formação de arco elétrico interno aos invólucros da reatância de alisamento para fins de alarme e trip nos disjuntores. O sistema será capaz de identificar a cela do cubículo onde ocorreu a falta e enviar sinalização local e remota da ocorrência de arco elétrico interno e ter capacidade de distinguir a luz natural e iluminação ambiente.

1.4.5.2.2 Pintura

O enrolamento do reator será limpo e desengordurado seguido de uma demão de primer de alta aderência a base de epóxi curada com isocianato e uma demão de tinta de acabamento na cor cinza Munsell N6,5 a base de poliuretano de alta resistência química, física e ao intemperismo. Meios ambientes poluídos com gases moderadamente corrosivos e alto índice de umidade devem ser tolerados.

1.4.6 Cubículo com Filtro de Harmônica - 720/1.440 Hz

1.4.6.1 Características construtivas do filtro

Será necessário tomar todos os cuidados necessários com as harmônicas características e não características injetadas no sistema, tanto do lado de corrente alternada como do lado de corrente contínua, resultados da comutação das pontes retificadoras.

Os filtros deverão ser protegidos por fusíveis para cada frequência e deverão dispor de micro switch para indicação de fusão, com respectiva abertura dos disjuntores.

O filtro deverá possuir chave de seccionamento para isolamento do circuito pelo qual é alimentado, com manobra manual e capacidade de corrente adequada ao seu funcionamento e proteção em caso de curtos.

O filtro no 3 kVcc para frequências de 720 Hz e 1440 Hz, deve ser projetado e construído para instalação em Cubículo Metálico. Este deve ser instalado contíguo aos cubículos de 3 kVcc e conectado a este através de barramento rígido; deverá possuir indicação de presença de



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

tensão através de revelador de tensão e possuir resistência blindada para desumidificação, tomada 2P+T e iluminação em tensão auxiliar de 220 Vca. As demais especificações são detalhadas nos subitens que seguem.

Caso uma terceira frequência deva ser eliminada por necessidades do sistema de sinalização/telecomunicação, o filtro deverá contemplá-la também; essa necessidade decorrerá dos resultados dos estudos/simulações a serem apresentados durante o PROJETO EXECUTIVO, conforme descrito anteriormente.

1.4.6.2 Características do cubículo Metálico Para Abrigar o Filtro de Harmônica

O cubículo será dotado de portas frontais compartimentadas que permitirão o acesso aos componentes, cujo acesso poderá ser frontal e traseiro através de portas. Todos os compartimentos permitirão o acesso seguro aos equipamentos durante sua manutenção através de sensores de abertura de porta (micro switch), que deverão atuar na abertura dos disjuntores de entrada e saída.

A estrutura deverá ser do tipo autoportante, perfeitamente rígida com base, perfis e chapas de aço obedecendo completamente os requisitos das Normas ANSI, IEC ou EN/CENELEC.

O invólucro do cubículo deverá ter grau de proteção IP 41, conforme norma NBR IEC 60529.

As bases dos cubículos serão providas de perfis "U" com furos adequados para os chumbadores a serem embutidos no concreto das obras civis.

Deverão ser completamente fechados em todos os lados, incluindo a parte superior, com chapa metálica, exceto nas aberturas de ventilação e janelas de inspeção. As aberturas de ventilação deverão ser protegidas por grades metálicas à prova de corrosão e eficientes para proteger os equipamentos contra a entrada de insetos ou animais.

O cubículo deverá ser isolado eletricamente do piso, com a interposição de isoladores resistentes e adequados à classe de tensão e discriminar o problema quando envolver fuga à terra.

Todas as portas deverão possuir trincos e fechaduras com chaves. Para facilitar os trabalhos de inspeção e manutenção, as portas deverão ter travadores de posição que possam mantê-las abertas, quando desejado.

Deverá ser dotado de relé tipo 64 (carcaça a negativo) e relé de supervisão do estado



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

de isolamento dos cabos seguindo especificação descrita neste documento

Os barramentos possuirão revestimento total isolante, tipo termo retrátil, não propagante a chamas, para proteção contra toques acidentais e demais características dielétricas e mecânicas satisfatórias, de classe de tensão adequada.

Nas portas frontais dos cubículos serão providos de barras mímicas, simbolizando, em relevo, os diagramas unifilares dos circuitos do filtro de harmônicas (potência).

1.4.6.3 Pintura

O enrolamento do reator será limpo e desengordurado seguido de uma demão de primer de alta aderência a base de epóxi curada com isocianato e uma demão de tinta de acabamento na cor cinza Munsell N6,5 a base de poliuretano de alta resistência química, física e ao intemperismo. Meios ambientes poluídos com gases moderadamente corrosivos e alto índice de umidade devem ser tolerados.

1.4.7 Cubículo Metálico com Chave Seccionadora Manual Monopolar 3 kVcc – 4.000 A

1.4.7.1 Chave Seccionadora Manual – 3 kVcc – 4.000 A

Esta chave tem por objetivo isolar a saída dos retificadores, no barramento do negativo, para fins de sua manutenção, não devendo esta ser motorizada.

A chave será dotada de dispositivo mecânico que possibilite a operação manual (por meio de alavanca removível) de abertura e fechamento desta, e meios para o seu travamento. Cada chave permitirá o intertravamento mecânico e elétrico. Todas as chaves seccionadoras terão bloco de contatos auxiliares. Os contatos (lâminas) da chave de abertura e fechamento serão visíveis através de visor transparente, podendo ser bloqueados na posição aberta/fechada através de chave.

Na tentativa de operar em carga, possuirá contato auxiliar que atue o desligamento do disjuntor a montante na saída do retificador.

As lâminas serão construídas em cobre eletrolítico, laminadas e prateadas, com contatos principais revestidos de prata, de modo a assegurar pontos de contatos de alta pressão e condutibilidade. A disposição dos contatos será tal que possibilite fácil substituição e a autolimpeza.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.4.7.2 Características Construtivas do Cubículo Blindado

O Cubículo conterà uma chave seccionadora monopolar, sem carga (abertura e fechamento), e barramentos do negativo, projetada e construída para instalação abrigada e alojada em compartimentos do cubículo metálico. Construtivamente, o cubículo deverá apresentar o maior grau possível de segurança para o pessoal de manutenção e operação, de acordo com as Normas EN 50123-3 e IEC 61992-3. Serão do tipo blindado, com chapas de aço adequadas, perfeitamente rígidas. Será instalado isolado dos cubículos de 3 kVcc e os barramentos rígidos da polaridade negativa interligados através de cabos.

Cada cubículo deverá possuir largura mínima de 850 mm.

Os cubículos devem apresentar IP 41 ou superior.

Será completamente fechado em todos os lados, incluindo a parte superior, com chapas metálicas, exceto nas aberturas de ventilação e janelas de inspeção que deverão ser protegidas por grades metálicas à prova de corrosão e eficientes para proteger os equipamentos contra a entrada de poeiras, insetos ou animais, preservando o grau de proteção.

O acesso às partes internas dos cubículos será através de portas ou painéis removíveis, projetados de modo a facilitar a manutenção ou eventual remoção dos componentes.

Todas as portas terão trincos e fechaduras com chaves idênticas, padrão Yale. Deverá haver uma chave para cada cubículo. Para facilitar os trabalhos de inspeção e manutenção, as portas deverão ter travadores de posição que as possam manter abertas, quando desejado. As portas d possuirão guarnições de borracha sintética.

Todas as partes vivas ficarão completamente protegidas por placas isolantes, de características elétricas e mecânicas adequadas, de modo a não poderem ser tocadas quando energizadas.

Será equipado de um relé tipo 64 conforme já especificado neste documento.

Será prevista a isolação entre cubículos e dos cubículos em relação ao piso, com a interposição de isoladores adequados, ou materiais isolantes não higroscópicos, com tensão de isolamento maior que 3.000 V.

Na fabricação dos cubículos serão empregados elementos modulares metálicos, que permitam uma fácil alteração dos circuitos elétricos e dos equipamentos instalados.

Serão construídos com base em perfis de aço e chapas de aço obedecendo completamente os requisitos da subseção 2.6.6 da Norma ANSI C-37.20, entre outras Normas



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

IEC e EN/CENELEC.

Serão previstos reforços adequados para as portas ou painéis que eventualmente forem usados como suportes para equipamentos.

As barras serão de cobre eletrolítico fortemente prensadas para resistir às solicitações mecânicas mais violentas que se manifestarem durante os curtos-circuitos, e as extremidades e derivações deverão ser prateadas.

O barramento suportará as correntes nominais de sobrecarga com uma sobre-elevação de temperatura de 64 °C sobre uma temperatura ambiente exterior de 40 °C.

Possuirá resistência blindada controlada para desumidificação, iluminação e tomada 2P+T, na tensão de 220 Vca.

1.4.8 Cubículo de Equalização de Potencial entre Trilho e Terra Externo (Contator de Aterramento)

Este dispositivo será utilizado para a proteção dos usuários limitando a diferença de potencial entre o trilho de rolamento e o terra externo nos casos de falhas elétricas do sistema. Tal falha pode ser caracterizada devido ao surgimento de um defeito entre o positivo do sistema e o terra externo e/ou a uma concentração de trens num tramo da alimentação elétrica da rede aérea, bem como decorrente de falha de isolamento em motor de tração

1.4.8.1 Características construtivas do contator e acessórios

Será aceito equipamento contator equipado com mecanismo de operação através de mola pré-carregada motorizado, desde que este também atenda as demais características técnicas citadas nesta especificação, em especial as de tensão, corrente e tempo compatíveis com as normas de referência. Este também possibilitará ser manobrado, tanto abertura como fechamento, quando da falta de tensão auxiliar. Neste caso o dispositivo será comandado e mantido fechado na falta de tensão auxiliar.

O dispositivo possuirá níveis de ajuste, para que se possam escolher os valores ideais de operação, e deverá ainda ser previsto com um dispositivo de atuação instantânea como retaguarda (tiristores). Além dos ajustes dos níveis de tensão (ca e cc), deverá ainda ser possível o ajuste dos tempos de atuação, da quantidade de ciclos, do bloqueio, de corrente e das condições operacionais.

O dispositivo deverá permitir registro do tempo de atuação (data e horário), bem como



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

das amplitudes das sobretensões, suas durações e quantidades, através de um contador e totalizador de operações. Os registros dos últimos eventos também deverão ser mostrados em tela, tipo display. Deverá ser utilizado equipamento de uso consagrado no mercado.

As seguintes situações de operações deverão ser indicadas, no mínimo, como segue:

- (i) curto-circuitador na posição off;
- (ii) manobras repetidas na posição off;
- (iii) operações de relés de tensão (ca e cc);
- (iv) operação do relé de sobrecorrente;
- (v) posição bloqueada;
- (vi) falha no curto-circuitador.

Deverá ser previsto ainda um instrumento indicador que mostre a tensão que está sendo medida entre o trilho e o terra, bem como a corrente passante pelo dispositivo. Este instrumento deverá ser dimensionado para suportar os picos de sobretensão oriundos da rede aérea.

Para permitir o acesso de modo seguro às barras do circuito negativo (trilho) pela manutenção, o status de aterramento do dispositivo deverá ser visível do exterior e pode ser bloqueado nesta posição através de chave.

O dispositivo de proteção deverá também possuir um canal de comunicação serial específico, para comunicação com Sistema Digital de Comando e Controle, conforme descrito em item específico deste documento

As informações envolvendo comando, controle, sinalização e alarmes a partir do painel de comando e controle / CCO deverão ser detalhadas quando do PROJETO EXECUTIVO.

1.4.8.2 Características construtivas do Cubículo de Equalização de Potencial entre Trilho e Terra Externo (Contator de Aterramento)

O cubículo do dispositivo de equalização de potencial, projetado e construído para instalação abrigada, apresentará, construtivamente, o maior grau possível de segurança para o pessoal da manutenção e operação. Serão do tipo blindado, com chapas de aço adequadas, perfeitamente rígidas, previstos para a instalação afastada da parede.

O cubículo será instalado nas salas técnicas da subestação/cabine e aterrado a malha de terra.



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

A estrutura será do tipo autoportante, perfeitamente rígida com base, perfis e chapas de aço obedecendo completamente os requisitos das Normas ANSI, IEC ou EN/CENELEC.

O cubículo possuirá na parte superior olhais removíveis para içamento.

Na porta frontal do cubículo será provido de barras mímicas, simbolizando, em relevo, o diagrama unifilar dos circuitos de corrente contínua (potência).

O invólucro do cubículo terá grau de proteção IP 41, conforme NBR IEC 60529.

As bases dos cubículos serão providas de perfis "U" com furos adequados para os chumbadores a serem embutidos no concreto das obras civis. O cubículo será montado isolado do piso e de outras partes do potencial de terra

Serão completamente fechados em todos os lados, incluindo a parte superior, com chapa metálica, exceto nas aberturas de ventilação e janelas de inspeção. As aberturas de ventilação serão protegidas por grades metálicas à prova de corrosão e eficientes para proteger os equipamentos contra a entrada de poeiras, insetos ou animais.

Todas as portas possuirão trincos e fechaduras com chaves. Para facilitar os trabalhos de inspeção e manutenção, as portas deverão ter travadores de posição que possam mantê-las abertas, quando desejado. Quando a porta de entrada é aberta, o fechamento terra- trilha será realizado de forma rápida.

Será previsto dispositivo para-raios com tensão de operação 3,6 kVcc, tensão nominal 4 kVcc, corrente de descarga 10 kA, conforme já especificado em item específico neste documento.

Deverão ser atendidas pelo dispositivo, porém não limitadas a estas, as seguintes características:

- (i) tensão de alimentação auxiliar: 125 Vcc (-15 % a +8 %)
- (ii) equipamento de detecção de potencial terra-trilha
- (iii) equipamento de proteção contra falhas à estrutura
- (iv) faixa de medição ajustável (adequada ao sistema de 3 kVcc)
- (v) instrumentos de medição
- (vi) controlador lógico programável
- (vii) conjunto de equipamentos para controle e sinalização.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (viii) deverão ser realizados em fábrica todos os ensaios/testes de acordo com as normas citadas anteriormente.
- (ix) deverão ser implantados todos os documentos de referência dos equipamentos constantes deste, incluindo relatórios de ensaios de tipo, catálogos, folhas de dados e memoriais de dimensionamento.
- (x) prever resistência blindada controlada para desumidificação, iluminação e tomada 2P+T, na tensão de 220 Vca.

1.4.9 Chave Seccionadora Motorizada Sob Carga 3 kVcc – 4.000 A – Instalação ao Tempo

1.4.9.1 Características construtivas da chave e acessórios

As chaves seccionadoras serão capazes de manobrar aberturas e fechamentos em carga dos alimentadores até as seções da rede aérea, bem como da interconexão entre seções distintas da rede aérea.

As lâminas serão construídas em cobre eletrolítico, laminadas e prateadas, com contatos principais revestidos de prata, de modo a assegurar pontos de contatos de alta pressão e condutibilidade. A disposição dos contatos será tal que possibilite fácil substituição e a autolimpeza.

A chave será dotada de dispositivo mecânico que possibilite a operação manual de abertura e fechamento desta, independente do funcionamento do dispositivo motorizado, nesta condição quando da introdução deste dispositivo comande o desligamento do circuito. Na condição de acionamento motorizado, o equipamento permitirá de forma excludente, comando local ou remoto podendo este último ser realizado no console da subestação/cabine ou no CCO por meio do Sistema de Telecomando.

Cada chave permitirá o intertravamento mecânico e elétrico. Todas as chaves seccionadoras terão bloco de contatos auxiliares.

Na parte inferior do eixo vertical de comando, em posição acessível à leitura, existirá um dispositivo mecânico, indicando a posição aberta ou fechada das lâminas das seccionadoras e meios de travamento mecânico por cadeados.

Serão previstas cordoalhas flexíveis de aterramentos dos mecanismos de acionamentos.

Todas as ferragens deverão ser zincadas por imersão à quente para fixação do mecanismo de acionamento, da chave seccionadora e de comando, à estrutura suporte.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Todos os equipamentos serão implantados com terminal tipo barra chata, com furação NEMA (6 furos).

1.4.9.1.1 Mecanismo de Comando

O mecanismo de comando da chave seccionadora será dimensionado para instalação sobre estrutura metálica, com eixo na posição vertical. O motor-redutor blindado será alimentado em corrente contínua na tensão de 125 V (+10 % a -20 %). O circuito de alimentação será provido de proteção termomagnética. O circuito do motor possuirá disjuntor independente e específico para proteção de carga indutiva. As atuações dos disjuntores termomagnéticos serão supervisionadas remotamente. Será previsto comando elétrico (pulsante) local, a partir da casa de comando. Em cada painel que contém o mecanismo de acionamento, será montada uma chave com 10 contatos auxiliares, de 10 A, reversíveis, em caixa à prova de tempo.

Por questões de segurança o dispositivo de acionamento manual que for utilizado para manobrar a seccionadora só poderá ser inserido quando da posição local e, se inserido, deverá impedir o acionamento elétrico local ou remoto automático desta, deverá ainda prover meios de ser intertravada com os disjuntores correspondentes.

O painel de comando deverá conter ainda circuito protegido por disjuntores, incluindo resistência blindada controlada para desumidificação, iluminação e tomada 2P+T, na tensão de 220 Vca e frequência de 60 Hz.

De modo geral, o painel de comando de uso externo (montagem próxima de 1 m do piso) possuirá pintura na cor Munsell N6,5, grau de proteção IP 54 (Norma NBR IEC 60529), flange de acabamento inferior – entrada dos eletrodutos, respiro ventilação protegido, trinco e maçaneta com chave yale e ponto de conexão de aterramento.

Os circuitos de comando deverão ser equipados e supervisionados com relé de supervisão de tensão.

1.4.10 Para-raios 4 kVcc com Chave de Seccionamento – Instalação ao Tempo

1.4.10.1 Para-raios

1.4.10.1.1 Características construtivas e acessórios

Os para-raios deverão ser do tipo polimérico, óxido de zinco, projetados, construídos e ensaiados para instalação ao tempo, com os respectivos acessórios para Chaves de seccionamento de para-raios 3 kVcc - 300 A



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.4.10.2 Chave seccionadora com carga

Estas chaves seccionadoras com carga deverão ser projetadas, construídas e ensaiadas segundo as Normas EN 50123-4 e IEC 61992-4, para instalação externa e devem ser prateados.

1.5 Equipamentos do sistema de proteção, controle e medição

1.5.1 Painel de Comando, Controle e Proteção, nas Tensões: 88/138 kV; 34,5 kV, 1,25 / 6,6 / 13,2 / 13,8 kV e 3 kVcc

Os painéis deverão ser do tipo "Control Switchboard" de acordo com a Norma ANSI C37.20, entre outras Normas IEC e EN/CENELEC.

Os painéis deverão conter todos os dispositivos e equipamentos destinados ao comando, controle, medição, supervisão e proteção do lado da Subestação

1.5.1.1 Características construtivas: Generalidades

Os cubículos do tipo autoportante serão de construção adequada para instalação abrigada, completamente fechados em todos os lados, inclusive na parte superior, com chapa metálica de aço carbono, exceto nas aberturas de ventilação e janelas de inspeção. Na parte inferior, será previsto flange adequado para permitir o acabamento e passagem dos condutores.

Os dispositivos de comando, controle e supervisão estarão visíveis através de portas frontais com visores transparentes resistentes a impactos, e montados em molduras internas e independentes (gabinetes fixos ou basculantes conforme utilização e projeto).

Os cubículos terão grau de proteção para invólucro elétrico adequado, no mínimo de IP 41, conforme Norma ABNT NBR IEC 60529 (Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos), sendo que as aberturas de ventilação serão protegidas por grades metálicas (filtros com tela aço inox) à prova de corrosão e eficientes para proteger os dispositivos contra a entrada de poeira, animais ou insetos, e as entradas de cabos deverão ter o mesmo requisito de proteção.

O acesso às partes internas dos cubículos será através de portas, projetadas de modo a facilitar, de maneira simples, racional e segura, a manutenção ou eventual remoção dos dispositivos, garantindo facilidade de modificações e ampliações sem necessidade de ferramentas especiais.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Todas as portas dos compartimentos (frontal e posterior), com guarnições de borracha sintética, montadas bem firme com dobradiças invioláveis, de abertura reversível mínima de 120º, terão trincos e fechaduras com chaves, de acionamento tipo cremona.

Para facilitar os trabalhos de inspeção e manutenção, as portas terão travadores de posição que as possam manter abertas, quando desejado.

As carcaças dos cubículos serão concebidas para aterramento sólido, e para tanto providas de barra de terra. Os módulos, as portas etc. deverão ser aterrados com condutores de terra dedicados e não serão aceitos aterramentos através de partes móveis como dobradiças ou outras superfícies de contatos.

A placa de identificação, confeccionada em aço inox e localizada na porta do lado interno, conterá as informações de fabricação dos cubículos conforme Norma NBR IEC 60439.

Os ensaios de rotina e de tipo a serem realizados nos cubículos e nos dispositivos internos, satisfarão e deverão estar em conformidade com as prescrições descritas nas normas aplicáveis.

Os cubículos serão previstos para instalação afastada da parede da sala técnica (mínimo de 1,50 m), de modo a possibilitar o acesso à manutenção de qualquer parte dos cubículos.

Os módulos assinalados como reservas no PROJETO EXECUTIVO, de acordo com as funções determinadas, serão implantados completamente acabados (tampas metálicas frontais) e preparados para interligações de condutores e dispositivos futuros.

Deverão ser instaladas tomadas universais 220 Vca e 125 Vcc (2P+T), na parte inferior do compartimento do cubículo. Cada cubículo conterá em seu interior lâmpadas fluorescentes de tensão de 220 Vca, partida rápida, instalada internamente na parte superior e controlada por uma chave fim de curso.

Serão incluídos, também, resistores desumidificadores (tipo blindado) com respectivos umidostatos em tensão de 220 Vca, em circuitos com disjuntores independentes de proteção.

Os cubículos e seus dispositivos possuirão etiquetas de identificação indelévels fixadas de forma visível com as mesmas designações dos esquemas elétricos funcionais, de modo a permitir fácil identificação e evitar erros de montagens, operações e manutenções.

A placa de identificação será de acrílico transparente apropriado, fundo de cor preta sobre legenda em letras de cor branca (baixo relevo), com 3,0 mm de espessura, rigidamente fixados.

Serão gravadas em língua portuguesa, após a apresentação dos arranjos dos cubículos



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

e a liberação das listas de gravações (dizeres), que poderá incluir as identificações com nomenclaturas operacionais.

Nos cubículos, onde aplicáveis, será providenciada a devida sinalização de segurança para atender a NR 10.

Os circuitos de comando, controle e supervisão serão todos alimentados em corrente contínua com tensão nominal de 125 Vcc, faixa de operação de +8% a -15%. Estes circuitos deverão ser protegidos por disjuntores termomagnéticos (entradas e saídas), dispositivos supressores de surtos (DPS) de origem atmosférica e dispositivos para supervisão de falta de tensão contínua.

Para os serviços auxiliares, estará disponível uma alimentação em tensão de 220 Vca, 60 Hz, trifásica ou bifásica.

A tensão alternada poderá variar de $\pm 10\%$ em seu valor e de $\pm 5\%$ em sua frequência.

Os cubículos blindados do sistema de comando, controle e supervisão deverão ser projetados, construídos, ensaiados e instalados, basicamente, de acordo com as prescrições das normas NBR IEC 60439 (Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão) e NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão).

Circuitos de comando, controle e proteção:

- (i) Tensão nominal de alimentação em cc: 125 Vcc (+8 % a -15 %)
- (ii) Tensão nominal de alimentação em ca: 220 Vca ($\pm 10\%$), 60 Hz
- (iii) Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 minuto:
- (iv) Valor comum: 2000 Vca

1.5.1.2 Características construtivas: Estruturas Metálicas

As estruturas metálicas serão do tipo autoportante, perfeitamente rígidas e previstas para permitir ampliações fáceis, e montadas de modo a se obter perfeito alinhamento e nivelamento do conjunto.

Serão utilizadas chapas de aço-carbono, bitola 2,65 mm (12 MSG) na estrutura e 2 mm (14 MSG) para fechamentos/portas.

Serão previstas, na parte superior, cantoneiras ou olhais removíveis para içamento e transporte.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.5.1.3 Características construtivas: Cabos, Fiações e Acessórios

Serão empregados elementos modulares que permitam ampliações de dispositivos e alterações futuras dos circuitos elétricos e manutenção dos dispositivos instalados.

Serão construídas com perfis de aço e fechadas com chapas de aço, assim como as paredes divisórias entre as seções principais de cada cubículo, ou de cubículos imediatamente adjacentes.

As bases dos cubículos do tipo soleira serão providas de perfis em "U" com furos adequados para parafusos e chumbadores para serem embutidos no concreto das obras civis.

As entradas e saídas dos cabos de comando, controle e supervisão serão feitas pela parte inferior dos cubículos, dotadas de fechamentos convenientes no mesmo grau de proteção especificado e vedadas contra poeira, animais ou insetos.

Para estes cabos, serão previstos terminais, conectores e todos os acessórios de fixação, de seções e quantidades adequadas ao PROJETO EXECUTIVO.

Todas as conexões e interligações internas e externas serão feitas através de blocos terminais adequados, totalmente instalados em fábrica.

As fiações e veias dos cabos elétricos externos aos cubículos, com numeração identificável e indelével, serão executadas com cabos de cobre de seção não inferior a 1,5 mm² (comando e controle em cc) e 2,5 mm² (cabos para serviços auxiliares de baixa tensão em ca).

Para os circuitos de sinais internos (entradas e saídas nos módulos digitais), poderão ser utilizados cabos com seções mínimas de 1 mm².

Esses cabos correrão ordenados e reunidos em dutos (dotados de espaço reserva de ocupação) especialmente previstos para fins de utilização dentro do cubículo. Nos locais de articulação (por exemplo: porta), toda a fiação deverá apresentar flexibilidade adequada e devidamente encoberta e acabada por fitas plásticas espiraladas.

Os cordões ópticos de comunicação nos cubículos, para interligação de equipamentos com terminação óptica, preferencialmente serão de cor laranja, e deverão correr em canaletas diferenciadas dos demais condutores.

A instalação da fiação óptica interna deverá evitar cantos vivos da chaparia dos cubículos, assim como esforços de tração e cisalhamento prejudiciais ao meio óptico.

As interfaces ópticas externas aos cubículos, principalmente quando passarem pelo



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

porão de cabos ou canaletas de piso, serão executadas com cabos ópticos com capa de proteção e elemento de tração longitudinal para proteger as fibras ópticas de choques e vibrações mecânicas. As fibras ópticas entre os equipamentos internos e equipamentos do pátio ou painéis de interfaces da subestação/cabine serão obrigatoriamente protegidas com condutos fechados.

A instalação dos cabos e dos cordões ópticos deverá obedecer aos raios mínimos de curvatura prescritos por normas pertinentes e pelo Fabricante.

As ligações internas dos cubículos, totalmente executadas na fábrica, serão feitas com conectores adequados, ser clara e indelevelmente identificadas com etiquetas ou luvas imperdíveis em cada extremidade do condutor, com as mesmas designações dos bornes terminais.

As ligações externas aos cubículos e entre os cubículos deverão ser realizadas por meio de réguas de bornes terminais, clara e indelevelmente identificadas, a fim de eliminar a possibilidade de erro quando da ligação no campo.

Essas identificações (individual para cada condutor, em ambas as extremidades e em intervalos regulares) serão compostas por conjuntos de identificadores e luvas, sendo cada identificador uma peça única na cor branca, com caracteres gravados na cor preta de forma indelével e as luvas serem transparentes do tipo imperdível (passante por cabo).

Em postos locais onde não são previstos sistemas de transmissão óptica (como STO e DGO interligados ao CCO), deverá ser providenciada a instalação de todos os equipamentos, condutores ópticos e acessórios, desde a subestação/cabine até a área de abrangência mais próxima da respectiva subestação/cabine.

A fiação elétrica interna dos cubículos será executada com condutores de cobre, extraflexível, isolamento 750 V, não propagante de chamas, baixa emissão de fumaça, obedecendo aos requisitos das normas NBR NM 247-3 (Cabos isolados com policloreto de vinila) e NBR 7289 (Cabos de controle com isolamento extrudada de PE ou PVC para tensões até 1 kV - Requisitos de desempenho).

Todos os contatos auxiliares disponibilizados como reservas nos diversos dispositivos serão levados através de fiações até as borneiras correspondentes.

1.5.1.4 Características Construtivas Complementares

O presente item fixa os requisitos técnicos, que serão obedecidos nos painéis de comando, controle e proteção do lado de alta tensão e tração, a serem instalados na respectiva



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Subestação/cabine, incluindo os estudos de seletividade e calibração das proteções

Os dispositivos de controle, comando e proteção, serão instalados no interior de painéis, com acesso pela parte frontal. Os equipamentos de conversão e adaptação de sinais deverão ser instalados na parte interna, assim como as régua terminal e a fiação. Todos os componentes deverão ser facilmente acessíveis.

Os conversores Digital-Analógico e Analógico-Digital serão providos de interfaces elétricas compatíveis para interface futura com o Posto de Controle Centralizado.

Os conversores Digital-Analógico e Analógico-Digital dos equipamentos pertencentes aos Painéis de Comando, Controle e Proteção de Alta Tensão estarão aptos a efetuar a transferência de informações de comando e indicação com o Posto de Controle Centralizado, a partir de interfaces elétricas entre os Painéis. Desta forma, deverá haver compatibilidade elétrica entre os equipamentos.

Nos locais previstos, os switches serão instalados em compartimentos específicos com portas dotadas de visores transparentes.

A arquitetura da rede padrão Ethernet será baseada em switches ópticos, de padrão modular e industrial, gerenciáveis e interligados em anel auto reconfigurável através de cabos de fibras ópticas com utilização do protocolo de comunicação IEC 61850. Todas as sinalizações de falhas ou defeitos serão visualizadas na parte frontal e também supervisionadas remotamente

Os painéis deverão ser de construção adequada para instalação abrigada, completamente fechados em todos os lados com chapas metálicas, os relés deverão ser previstos para instalação na parte frontal.

Para o acesso às partes internas dos painéis de comando, controle e proteção, serão previstas portas localizadas na parte anterior e posterior.

Os painéis deverão ser projetados e fabricados de modo a permitir ampliações pela simples adição de painéis idênticos nas extremidades.

A entrada e saída dos cabos de força e de controle deverão ser feitas pela parte inferior dos painéis. Portanto, os painéis deverão ter na sua parte inferior uma placa removível, de material não magnético e incombustível, de modo a facilitar a execução, na obra, das furações necessárias para a entrada e saída de cabos.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.6 Equipamentos do sistema auxiliar, materiais e serviços

1.6.1 Painel de Distribuição de Corrente Alternada – PDCA – 220/127 Vca

. Todos estes painéis deverão ser projetados, construídos e ensaiados de acordo com as prescrições das Normas ABNT e ANSI C-37.20, entre outras normas IEC e EN/CENELEC.

1.6.1.1 Características Construtivas Gerais

O painel terá construção adequada, tipo autoportante, para instalação abrigada e afastada da parede (mínimo 1,50 m), será completamente fechado em todos os lados por chapas metálicas, exceto nas aberturas de ventilação e janelas de inspeção. As aberturas de ventilação serão protegidas por grades metálicas (tela aço inox) à prova de corrosão e eficientes para proteger os equipamentos contra a entrada de poeiras, insetos ou roedores (manter o mesmo grau de proteção especificado).

O acesso às partes internas do painel será feito através de portas traseiras com dobradiças e parafusos imperdíveis e frontal com dobradiças/trinco com chave, tipo Cremona, com abertura de 120°, de modo a permitir a manutenção dos barramentos ou eventual remoção dos componentes.

Os armários possuirão, na parte superior, alças removíveis para seu levantamento em caso de transporte.

O painel será projetado e fabricado de modo a ser possível sua ampliação pela simples adição de outras seções idênticas nas extremidades, e de tal modo que não permita, em caso de incêndio, que as chamas se propaguem às seções adjacentes e outros compartimentos da própria seção.

O painel apresentará, construtivamente, o maior grau possível de segurança para o pessoal da manutenção e operação. Todas as partes vivas ficarão completamente protegidas por chapas (barreiras), de modo a não poderem ser tocadas quando energizadas.

Na parte anterior do painel, estarão alojados os disjuntores, relés de supervisão, instrumentos de medição (tensão e corrente) e proteção. Na parte posterior serão fixadas as barras, os transformadores para instrumentos, os terminais para os circuitos auxiliares e os terminais dos cabos de potência, provenientes da base do painel. Entre a parte posterior e anterior do painel, será colocada uma chapa de aço, na qual deverão ser montadas as bases dos disjuntores.

Os disjuntores de cada ramal de alimentação e as respectivas saídas poderão ser



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

alojados em um único compartimento. As entradas e as saídas dotadas de disjuntores de maior capacidade ocuparão um compartimento individual. Os compartimentos independentes conterão os equipamentos e dispositivos de medição, controle e proteção, incluindo as fiações em baixa tensão

Como saídas especiais para alimentação elétrica, são consideradas as cargas referidas aos retificadores auxiliares, aos painéis de iluminação e tomadas, e a tomada específica da manutenção (trifásica, 40 kVA).

Os barramentos principais de energia do painel (fases e neutro) serão protegidos com a utilização de dispositivos protetores contra surtos (DPSs), de origem atmosférica.

Bloqueios e intertravamentos mecânicos e elétricos automáticos evitarão contatos acidentais com qualquer parte que esteja sob tensão.

As entradas e saídas dos cabos serão possíveis pela parte inferior dos painéis. Para tanto, serão previstas, nestas partes, chapas de aço dotadas de guarnições de borracha sintética, presas à estrutura dos painéis por meio de parafusos, de modo a permitir a sua retirada, na obra, para a execução dos furos necessários para a conexão de eletrodutos ou prensa-cabos.

Serão previstos blocos terminais e todos os acessórios de fixação necessários para os cabos de força e controle de entrada ou saída previstos para os painéis, (ligação tipo C, classe II da NBR IEC 60439-1).

As ligações internas dos painéis, totalmente executadas na fábrica, serão claramente identificadas com etiquetas ou luvas imperdíveis, gravadas com caracteres indelévels, em cada extremidade, com as mesmas designações dos bornes terminais. Não serão aceitas identificações do tipo anilhas. Estes cabos deverão correr em canaletas especialmente previstas para este fim.

Os terminais de cada bloco serão com parafuso, do tipo protegido e com fixação indireta tipo prensa fio. As ligações entre painéis realizadas através de blocos terminais, clara e igualmente identificados, a fim de eliminar a possibilidade de erro quando da ligação na obra. Não deverão ser ligados mais que dois condutores em cada ponto de ligação do borne.

Em todos os blocos de terminais serão implantados 20 % (vinte por cento) de bornes em excesso para cada tipo utilizado, com um mínimo de 4 (quatro), deixados à disposição.

A fiação de controle será executada com cabos de cobre trançados com seção de 1,5 mm². Para os circuitos derivados dos secundários de TCs, a seção dos cabos será de 4,0 mm². Para os circuitos de alimentação em CC e CA, a seção dos cabos será de 4,0 mm². A codificação das cores dos condutores obedecerá a Norma ABNT.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Os cabos terão isolamento compatível com a tensão de trabalho, de material não propagante de chamas e baixa emissão de fumaça em caso de incêndio e temperatura máxima em regime contínuo não inferior a 70 °C.

Serão previstas resistências blindadas de aquecimento, montadas em bases isoladas, controlados por termostatos ajustáveis, com potência suficiente para eliminar a umidade e a sua condensação nos equipamentos instalados, na tensão de 220 Vca.

O painel possuirá em seu interior, iluminação com lâmpadas fluorescentes compactas para tensão 220 Vca, partida rápida, controlada por uma chave micro switch, localizada na parte interna de cada porta e tomada (2P+T) – 220 Vca. Os circuitos auxiliares correspondentes à alimentação de resistências blindadas, tomadas e iluminação serão protegidos por disjuntores termomagnéticos, em tensão de 220 Vca.

Os estados das sinalizações aberto e fechado serão conectados aos blocos terminais de saída do painel para sua possível transmissão à distância. O PDCA permitirá também a aquisição de dados e comunicação com equipamentos integrantes do sistema de alimentação elétrica da Subestação ou Cabine, via rede de comunicação de dados especificada da Subestação ou Cabine para possibilitar a supervisão e o comando local e remoto.

O painel e todos os dispositivos neles montados possuirão placas de Identificação com as mesmas designações dos desenhos, de modo a permitir fácil Identificação.

As plaquetas de identificação serão de acrílico transparente, de fundo na cor preta, com legendas na cor branca e com 3,0 mm de espessura, e fixadas rigidamente através de rebites de plásticos. A gravação será realizada em baixo relevo, no lado posterior, em língua portuguesa, após a liberação dos arranjos e dizeres.

Prever etiquetas de advertência quanto ao risco de choque elétrico, a fim de atender ao disposto na Norma NR 10. As dimensões, as cores, as figuras e os dizeres destas placas deverão ser submetidos à liberação.

Todas as partes iguais do quadro deverão ser intercambiáveis.

1.6.1.2 Transferência automática

O Painele de distribuição PDCA 220/127 Vca, possuirá um (1) barramento que suprido de energia pelos transformadores ou outras fontes de serviços auxiliares, através de disjuntores em caixa moldada (extraíveis e motorizados) correspondentes aos circuitos de alimentação de um e de outro transformador.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Estes disjuntores possuirão um sistema de intertravamento (elétrico e mecânico) de maneira a impedir o paralelismo dos transformadores de serviços auxiliares.

Os circuitos de comando serão desenvolvidos para realizar a transferência de alimentação, obedecendo aos seguintes critérios:

O painel distribuidor de corrente alternada será suprido sempre pelo primeiro transformador/fonte que entrar em serviço.

Estando em serviço os dois transformadores/fontes e for desligado o que estiver suprido o painel distribuidor de corrente alternada, a transferência se fará para o transformador/fonte que permanecer em serviço automaticamente. Para desligamento geral das fontes de energia, os dois disjuntores poderão ser desligados.

Sem prejuízo dos critérios acima, por meio de chave seletora, deverá ser possível transferir o suprimento de energia auxiliar de um transformador/fonte para o outro, quando os dois estiverem em serviço. Também, deverá ser previsto o funcionamento considerando o modo local e remoto, em obediência à hierarquia de comando.

No caso de abertura do disjuntor de entrada de um dos alimentadores, pela atuação de suas proteções de sobrecorrente, deverá ser bloqueado o fechamento do outro disjuntor.

Prever intertravamento do disjuntor do PDCA com o disjuntor ou chave seccionadora de média tensão à montante e relé de temperatura do transformador de potência, função 49.

1.6.1.3 Sinalizações

Na parte frontal do painel deverão possuir, no mínimo, indicação de sinalização:

- (i) estado dos disjuntores de entrada: fechado e aberto;
- (ii) relé de subtensão atuado (falta de tensão da rede);
- (iii) disjuntores de entrada atuados.

Prever teste de lâmpadas.

1.6.1.4 Estruturas Metálicas

Serão do tipo autoportante, perfeitamente rígidas e previstas para permitir ampliações fáceis e ser construídas com perfis de aço de 2,66 mm (12 MSG) e fechadas com chapas de aço de 2 mm (14 MSG) de espessura, aplicadas nas paredes divisórias de cada compartimento, ou



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

entre painéis adjacentes. O invólucro do painel terá grau de proteção IP 50, conforme Norma NBR IEC 60529.

A base do painel será provida de perfis "U", com furos adequados para os chumbadores embutidos no piso.

A cor padrão da pintura será cinza Munsell N6,5.

1.6.1.5 Barramentos

Os barramentos serão construídos de barras de cobre eletrolítico adequadamente fixados para resistir aos esforços eletrodinâmicos decorrentes das máximas correntes de curto-circuito especificadas. O barramento será previsto para uma corrente permanente mínima de 300 A, com máxima elevação de 40 °C sobre uma temperatura ambiente de 40 °C. As junções serão prateadas, bem como as junções das extremidades previstas para acoplamento de outros painéis.

Os barramentos, bem como os diversos elementos de ligação aos equipamentos primários, juntas e derivações deverão ser eletricamente isolados, para classe de 600 V, por um composto à base de epóxi ou material termo retrátil. As emendas e derivações apresentarão o mesmo nível de isolamento do barramento.

O material isolante a ser utilizado deverá ter propriedades elétricas e mecânicas comprovadamente satisfatórias, será não propagador de chamas e resistente à formação de depósitos de carbono quando exposto à descarga elétrica e adequado às condições ambientais da instalação.

Os barramentos devem ser identificados através de cores conforme recomendações da Norma NBR IEC 60439-1 da ABNT.

No projeto e construção devem ser consideradas as contrações e expansões dos materiais utilizados, devido às variações de temperatura, sejam condutores ou não da corrente elétrica.

1.6.1.6 Aterramento

Será prevista uma barra contínua, de cobre eletrolítico, ao longo de cada conjunto com seção transversal de 100 mm², para permitir o aterramento do painel. Esta barra será provida de conectores adequados, tipo alta pressão, aparafusados, próprios para cabos de cobre nu de seção até 95 mm².



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.6.1.7 Equipamentos Internos ao Painel

1.6.1.7.1 Disjuntores Tipo Caixa Moldada

Os disjuntores serão projetados, constituídos e ensaiados conforme prescrições das normas ABNT.

Os disjuntores secos do tipo caixa moldada, deverão possuir características termomagnéticas - equipados com relés (sensores) térmicos de sobrecorrente, com contatos auxiliares em número suficiente para sinalização, e comando manual por meio de manoplas própria. Nas entradas do PDCA, serão previstos disjuntores em caixa moldada, extraíveis e motorizados, com comando de abertura e desligamento elétrico para o modo local e remoto, e intertravados mecânica e eletricamente. Os disjuntores terão as seguintes características básicas:

- | | | |
|-------|--|--|
| (i) | Tensão nominal: | 220/127 Vca |
| (ii) | Tensão de comando: | 125 Vcc |
| (iii) | Classe e isolamento: | 600 V |
| (iv) | Frequência nominal: | 60 Hz |
| (v) | Corrente de curto-circuito nominal simétrica (eficaz): | conforme calculado. |
| (vi) | Corrente nominal: | Conforme dimensionamento do PROJETO EXECUTIVO. |

1.6.1.7.2 Relé de Subtensão (27)

Serão do tipo eletrônico, trifásico com ajustes de falta e desequilíbrio de tensão e mínima tensão.

Cada relé será protegido por uma caixa de plástico, perfeitamente estanque a pó.

Os relés serão de tensão nominal 115 Vca, 60 Hz e dispor de no mínimo um contato "NAF" (reversível).

1.6.1.7.3 Instrumentos Indicadores e Medidores

As medições em corrente alternada (corrente e tensão) serão alimentadas pelos secundários dos transformadores de potencial e de corrente. Os valores nominais de tensão e



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

da corrente serão de 115 V e de 5 A.

A escala dos instrumentos deverá ser referida às grandezas primárias medidas.

Os instrumentos indicadores serão do tipo embutidos perfeitamente estanques ao pó e dotados de vidros frontais.

A escala dos instrumentos deverá ser escolhida de forma que a indicação do valor nominal de operação se encontre na faixa de 70 % a 80 % da escala.

Para os circuitos trifásicos serão empregados amperímetros e voltímetros, munidos de comutadores de quatro posições sendo três para a leitura das três fases e a quarta posição para a exclusão do instrumento.

Nos circuitos de medição de tensão e corrente, serão previstos blocos de testes para utilização da manutenção.

1.6.1.7.4 Transformadores de Corrente

Os transformadores de corrente serão monofásicos, do tipo seco, com resfriamento natural, completamente herméticos e previstos para instalação no interior de painéis.

Dados elétricos:

Os transformadores de corrente deverão obedecer aos requisitos das Normas NBR 6856 e NBR 6821 e às características a seguir especificadas:

(i)	Classe de isolamento:	600 V
(ii)	Corrente primária:	300 A
(iii)	Corrente secundária nominal:	5 A
(iv)	Classe de exatidão e carga nominal:	0,6C25

1.6.1.7.5 Transformadores de Potencial

Os transformadores de potencial serão monofásicos, do tipo seco, com resfriamento natural, completamente herméticos e previstos para instalação no interior dos painéis, com proteção por disjuntor no lado primário, sendo este último provido de contatos auxiliares para sinalização. Obedecer aos requisitos da Norma NBR 6855.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Dados elétricos:

Os transformadores de potencial obedecerão aos requisitos das normas NBR-6855 e às características a seguir especificadas:

(i)	Tensão Primária:	220/ $\sqrt{3}$ V
(ii)	Ligação primária:	fase-terra
(iii)	Tensão secundária:	115/ $\sqrt{3}$ V
(iv)	Classe de exatidão e carga nominal:	0,6P25
(v)	Potência térmica mínima:	400 VA

1.6.1.7.6 Chaves Seccionadoras

As chaves seccionadoras serão tripolares, para operação sob carga, e previstas para montagem nos compartimentos dos painéis.

Os contatos serão de cobre prateado ou material equivalente, do tipo de alta pressão, projetados de forma a suportar os efeitos térmicos e eletrodinâmicos decorrentes das correntes de curto-circuito a que estará sujeito o barramento principal.

Cada chave seccionadora será equipada com contatos auxiliares, em quantidade suficiente para atender os esquemas de comando e sinalização, sendo que serão previstas, com contato auxiliar "NA" e "NF".

O acionamento das chaves seccionadoras será manual, através de manopla acionável externamente ao compartimento.

Dados de projeto

As chaves seccionadoras serão projetadas, construídas e ensaiadas conforme as prescrições das normas IEC-408 e VDE-0660 nas suas edições mais recentes, e possuir as características a seguir especificadas:

(i)	Tensão nominal:	500 V
(ii)	Frequência nominal:	60 Hz
(iii)	Corrente de curto-circuito nominal simétrica (eficaz):	10 kA
(iv)	Corrente nominal:	conforme dimensionamento



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

1.6.1.7.7 Proteções

Para os circuitos de comando, controle e sinalização, as proteções serão do tipo disjuntor termomagnético, padrão IEC.

Dados de projeto:

- | | | |
|------|-------------------|--------------------------|
| (i) | Tensão nominal: | 500 V |
| (ii) | Corrente nominal: | conforme dimensionamento |

1.6.1.7.8 Contatores

Os contatores serão de construção robusta, com contatos prateados, auto limpantes e não soldáveis. Terão uma vida útil de 10 milhões de manobras, com frequência de 1.000 manobras por hora. A bobina de comando será apropriada para operação na tensão de 125 Vcc (+8 % a -15 %). Os contatos e bobinas serão facilmente substituíveis, sem a necessidade de remoção do contator. Os contatores deverão operar livres de vibração e ruídos, na condição energizada.

Dados de projeto

- | | | |
|-------|--|--------------------------|
| (i) | Classe de isolamento: | 600 V |
| (ii) | Frequência nominal: | 60 Hz |
| (iii) | Tensão nominal da bobina: | 125 Vcc |
| (iv) | Faixa de operação da bobina: | 0,8 Vn a 1,1 Vn |
| (v) | Corrente nominal: | conforme dimensionamento |
| (vi) | Deverão possuir supressores de surtos de tensões, com indicações de estados. | |

1.6.1.7.9 Relés Auxiliares

Quando aplicados:

Os relés auxiliares serão de altíssima confiabilidade, tipo “plug in”, em caixas fechadas à prova de poeira e umidade, de alta qualidade, robustos, para suportar teste de vida mecânica de, no mínimo, 30 milhões de atuações com corrente e tensão nominal, dotados de supressores de surtos de tensão e com LED indicador de estado. Possuirão contatos auxiliares suficientes para realizar todas as funções definidas no diagrama funcional, incluindo as reservas. Suas bobinas deverão ser projetadas para a condição permanentemente energizada. Tensão nominal



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

da bobina de 125 Vcc (+8 % a -15 %).

1.6.1.7.10 Sinaleiros

Onde aplicados, serão para furação Ø 22,5 mm, com canoplas coloridas (cores compatíveis com cada função), classe de tensão 600 V, grau de proteção frontal IP 54 e lâmpadas de estado sólido, tipo diodo “LED”, alto brilho, baixa emissão térmica e base BA9s, de vida útil longa superior a 100.000 h, imune à vibração mecânica, e possuir meios adequados para proteção contra queimas indevidas de lâmpadas. O painel será previsto chave comutadora com sistema para teste de lâmpadas (teste/Ø/desligado).

1.6.2 Painel de Distribuição de Corrente Contínua – PDCC – 125 Vcc

O painel de distribuição de 125 Vcc (PDCC) será projetado, construído e ensaiado de acordo com as prescrições da norma ANSI C37.20 e VDE 0660, na edição mais recente.

(i)	Tensão nominal:	125 Vcc
(ii)	Classe de Isolamento:	600 V
(iii)	Corrente nominal do Barramento:	200 A
(iv)	Corrente de curto-circuito mínima:	10 kA

Será prevista uma barra de cobre eletrolítico, contínua, no interior do painel, com seção transversal de 100 mm², para permitir o aterramento do painel. Esta barra será provida de conectores adequados, tipo alta pressão, aparafusados, próprios para cabos de cobre nu de bitola até 95 mm².

1.6.2.1 Características Construtivas Gerais

O painel terá construção adequada, tipo autoportante, para instalação abrigada e afastada da parede (mínimo 1,50 m), deverá ser completamente fechado em todos os lados por chapas metálicas, exceto nas aberturas de ventilação e janelas de inspeção. As aberturas de ventilação serão protegidas por grades metálicas (tela aço inox) à prova de corrosão e eficientes para proteger os equipamentos contra a entrada de poeiras, insetos ou roedores (manter o mesmo grau de proteção especificado).

O acesso às partes internas do painel será feito através de portas traseiras com dobradiças e parafusos imperdíveis e frontal com dobradiças/trinco com chave, tipo Cremona,



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

com abertura de 120°, de modo a permitir a manutenção dos barramentos ou eventual remoção dos componentes.

Os armários possuirão, na parte superior, alças removíveis para seu levantamento em caso de transporte.

O painel será projetado e fabricado de modo a ser possível sua ampliação pela simples adição de outras seções idênticas nas extremidades, e de tal modo que não permita, em caso de incêndio, que as chamas se propaguem às seções adjacentes e outros compartimentos da própria seção.

O painel apresentará, construtivamente, o maior grau possível de segurança para o pessoal da manutenção e operação. Todas as partes vivas deverão ficar completamente protegidas por chapas (barreiras), de modo a não poderem ser tocadas quando energizadas.

Na parte anterior do painel, estarão alojados os disjuntores, relés de supervisão, instrumentos de medição (tensão e corrente) e proteção. Na parte posterior deverão ser fixadas as barras, shunts, os transformadores para instrumentos, os terminais para os circuitos auxiliares e os terminais dos cabos de potência, provenientes da base do painel. Entre a parte posterior e anterior do painel, será colocada uma chapa de aço, na qual serão montadas as bases dos disjuntores.

Os disjuntores de cada ramal de alimentação e as respectivas saídas poderão ser alojados em um único compartimento. As entradas e as saídas dotadas de disjuntores de maior capacidade deverão ocupar um compartimento individual. Os compartimentos independentes conterão os equipamentos e dispositivos de medição, controle e proteção, incluindo as fiações em baixa tensão.

Os barramentos principais de energia do painel serão protegidos com a utilização de dispositivos protetores contra surtos (DPS), de origem atmosférica.

Bloqueios e intertravamentos elétricos automáticos evitarão contatos acidentais com qualquer parte que esteja sob tensão.

As entradas e saídas dos cabos serão possíveis pela parte inferior do painel. Para tanto serão previstas, nestas partes, chapas de aço dotadas de guarnições de borracha sintética, presas à estrutura do painel por meio de parafusos, de modo a permitir a sua retirada, na obra, para a execução dos furos necessários para a conexão de eletrodutos ou prensa-cabos.

Serão previstos blocos terminais e todos os acessórios de fixação necessários para os cabos de força e controle de entrada ou saída previstos para o painel, (ligação tipo C, classe II, da NBR IEC 60439-1).



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

As ligações internas dos painéis, totalmente executadas na fábrica, serão claramente identificadas com etiquetas ou luvas imperdíveis, gravadas com caracteres indelévels, em cada extremidade, com as mesmas designações dos bornes terminais. Não serão aceitas identificações do tipo anilhas. Estes cabos deverão correr em canaletas especialmente previstas para este fim.

Os terminais de cada bloco serão com parafuso, do tipo protegido e com fixação indireta tipo prensa fio. As ligações entre painéis serão realizadas através de blocos terminais, clara e igualmente identificados, a fim de eliminar a possibilidade de erro quando da ligação na obra. Não deverão ser ligados mais que dois condutores em cada ponto de ligação do borne.

Em todos os blocos de terminais serão implantados 20 % (vinte por cento) de bornes em excesso para cada tipo utilizado, com um mínimo de 4 (quatro), deixados à disposição.

A fiação de controle será executada com cabos de cobre trançados com seção de 1,5 mm². Para os circuitos derivados dos secundários de shunts, a seção dos cabos deverá ser de 2,5 mm². Para os circuitos de força auxiliar em CC e CA, a seção dos cabos deverá ser de 2,5 mm². A codificação das cores dos condutores obedecerá a Norma ABNT.

Os cabos terão isolamento compatível com a tensão de trabalho, de material não propagante de chamas e baixa emissão de fumaça em caso de incêndio e temperatura máxima em regime contínuo não inferior a 70 °C.

Serão previstas resistências blindadas de aquecimento, montadas em bases isoladas, controlados por termostatos ajustáveis, com potência suficiente para eliminar a umidade e a sua condensação nos equipamentos instalados, na tensão de 220 Vca.

O painel possuirá em seu interior iluminação com lâmpadas fluorescentes compactas para tensão 220 Vca, partida rápida, controlada por uma chave *micro switch*, localizada na parte interna de cada porta, resistência blindada com acionamento através de termostato e tomada (2P+T) – 220 Vca. Os circuitos auxiliares correspondentes à alimentação de resistências blindadas, tomadas e iluminação deverão ser protegidos por disjuntores termomagnéticos, em tensão de 220 Vca.

Os estados das sinalizações aberto e fechado, comandos e supervisões serão conectados à saída do painel para sua transmissão à distância. O PDCC permitirá também a aquisição de dados e comunicação com equipamentos integrantes do sistema de alimentação elétrica da Subestação/Cabine, via rede de comunicação de dados especificada da Subestação/Cabine para possibilitar a supervisão e o comando local e remoto.

O painel e todos os dispositivos neles montados possuirão placas de Identificação com



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

as mesmas designações dos desenhos, de modo a permitir fácil Identificação.

As plaquetas de identificação serão de acrílico transparente, de fundo na cor preta, com legendas na cor branca e com 3,0 mm de espessura, e fixadas rigidamente através de rebites de plásticos. A gravação será realizada em baixo relevo, no lado posterior, em língua portuguesa.

Prever etiquetas de advertência quanto ao risco de choque elétrico, a fim de atender ao disposto na Norma NR 10.

Todas as partes iguais do quadro deverão ser intercambiáveis.

1.6.2.2 Estruturas Metálicas

Serão do tipo autoportantes, perfeitamente rígidas e previstas para permitir ampliações futuras.

Serão construídas com perfis de aço e chapas de aço de 2,66 mm (12 MSG) e fechadas com chapas de aço de 2 mm (14 MSG) de espessura. O invólucro do painel terá grau de proteção de IP 50, conforme norma NBR IEC 60529.

A base do painel será provida de perfis em "U" com furos adequados para a passagem dos chumbadores.

A preparação, tratamento e pintura das peças metálicas atenderão o definido neste documento. A cor padrão da pintura será cinza Munsell N6,5.

1.6.2.3 Barramentos

Os barramentos serão constituídos de barras de cobre eletrolítico, adequadamente fixadas para resistir aos esforços das máximas correntes de curto-circuito especificadas. O barramento será previsto para uma corrente permanente mínima de 200 A, com máxima elevação de 30 °C sobre uma temperatura ambiente de 40 °C.

As pontas e derivações dos barramentos serão prateadas. Os barramentos, bem como os diversos elementos de ligação aos equipamentos primários, juntas e derivações serão completamente isolados eletricamente, na classe de 600 V, com material adequado tipo epóxi ou material termo retrátil. As emendas e derivações serão isoladas com o mesmo nível de isolamento do barramento.

O material isolado a ser utilizado terá propriedades elétricas e mecânicas comprovadamente satisfatórias, não propagador de chamas, resistente à formação de depósitos



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

de carbono quando exposto à descarga elétrica e adequado às condições ambientais da instalação.

O projeto, a construção e os materiais dos barramentos, conexões e isolamento levarão em conta as contrações e expansões dos materiais, devido às variações de temperatura dos diversos elementos, condutores ou não da corrente elétrica e dos meios isolantes.

Os barramentos serão identificados através de cores conforme recomendações da Norma ABNT.

1.6.2.4 Equipamentos Internos do Painei

1.6.2.4.1 Disjuntores Tipo Caixa Moldada

Os disjuntores serão do tipo a seco em caixa moldada, uso em corrente contínua, com de ionização magnética, equipados com relés (sensores) térmicos de sobrecorrente, com comando manual por meio de manoplas própria. Nas entradas do PDCC, serão previstos disjuntores em caixa moldada, extraíveis e motorizados, intertravadas eletricamente, com comando de abertura e desligamento elétrico para o modo local e remoto.

Os disjuntores serão implantados com contatos auxiliares em quantidade suficiente para possibilitar a sinalização local e remota de “aberto”, “fechado” e “proteção atuada”, bem como para atender aos esquemas de automatismo, intertravamentos elétricos e bloqueios sem a necessidade de utilização de relés auxiliares.

Serão projetados, construídos e ensaiados conforme as prescrições e os métodos das normas da ABNT ou da norma NEMA AB.1, na edição mais recente.

Dados do projeto

(i)	Tensão nominal:	125 Vcc
(ii)	Tensão máxima de operação:	135 V
(iii)	Corrente de curto-circuito mínima:	conforme calculado
(iv)	Corrente nominal: Adequada à capacidade de cada circuito conforme PROJETO EXECUTIVO.	

1.6.2.4.2 Contatores

Os contatores serão de construção robusta, com contatos prateados, auto limpantes e



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

não soldáveis. Terão uma vida útil de 10 milhões de manobras, com frequência de 1.000 manobras por hora. A bobina de comando será apropriada para operação na tensão de 125 Vcc +8 % a -15 %. Os contatos e bobinas deverão ser facilmente substituíveis, sem a necessidade de remoção do contator. Os contatores operarão livres de vibração e ruídos, na condição energizada.

Dados de projeto

(i)	Tensão nominal:	125 Vcc
(ii)	Tensão máxima de operação:	135 Vcc
(iii)	Corrente de curto-circuito nominal mínima:	10 kA
(iv)	Tensão de alimentação da bobina:	125 Vcc
(v)	Faixa de operação da bobina:	0,8 Vn a 1,1 Vn
(vi)	Corrente nominal: Adequada à capacidade de cada circuito conforme PROJETO EXECUTIVO.	
(vii)	Deverão possuir supressores de surtos de tensões, com indicações de estados.	

1.6.2.4.3 Instrumentos Indicadores

Os instrumentos indicadores necessários (tensão e corrente) poderão ser do tipo embutido, perfeitamente estanque ao pó, dotados de vidro de tipo "non glare".

A escala dos instrumentos será escolhida de forma que a indicação do valor nominal de operação se encontre de 70 % a 80 % da escala.

Para as medições em corrente contínua, os instrumentos inseridos serão providos de "Shunts" adequados nos valores de corrente e de tensão.

1.6.2.4.4 Sinaleiros

Onde aplicados, serão para furação Ø 22,5 mm, com canoplas coloridas (cores compatíveis com cada função), classe de tensão 600 V, grau de proteção frontal IP 54 e lâmpadas de estado sólido, tipo diodo "LED", alto brilho, baixa emissão térmica e base BA9s, de vida útil longa superior a 100.000 h, imune à vibração mecânica, e possuir meios adequados para proteção contra queimas indevidas de lâmpadas. O painel será previsto chave comutadora com sistema para teste de lâmpadas (teste/Ø/desligado).



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.6.2.4.5 Relés Auxiliares

Quando aplicados, os relés auxiliares serão de altíssima confiabilidade, tipo “plug in”, em caixas fechadas à prova de poeira e umidade, de alta qualidade, robustos, para suportar teste de vida mecânica de, no mínimo, 30 milhões de atuações com corrente e tensão nominal, dotados de supressores de surtos de tensão e com LED indicador de estado. Possuir contatos auxiliares suficientes para realizar todas as funções definidas no diagrama funcional, incluindo as reservas. Suas bobinas serão projetadas para a condição permanentemente energizada. Tensão nominal da bobina de 125 Vcc (+8 % a -15 %).

1.6.2.5 Critérios Operacionais

Nas condições normais de operação, os consumidores vitais da subestação ou cabine serão alimentados pelos retificadores, que manterão cada qual as duas baterias em flutuação ou nos regimes de carga.

Os dois retificadores poderão trabalhar em paralelo com desequilíbrio de corrente, e alimentando as cargas através de duas entradas do PDCC.

Na presença de tensão normal em uma entrada, o disjuntor geral respectivo deverá fechar (podendo haver simultaneidade de fechamento e alimentação – entradas em paralelo com 2 disjuntores fechados).

Na falha de tensão em uma das entradas, deverá provocar a abertura do disjuntor correspondente após tempo pré-ajustado, e no retorno da tensão o respectivo fechamento automático. Se ocorrer 3 aberturas seguidas em um mesmo disjuntor, deverá bloquear o seu fechamento.

Na falta de tensão nas duas entradas, provocará aberturas correspondentes de disjuntores automaticamente.

Se somente um dos disjuntores estiver fechado e alimentando as cargas, e o outro adjacente aberto, a transferência de alimentação para essa entrada, seja por comando ou atuação por falha de tensão, deverá ser feita de modo temporizado com paralelismo momentâneo entre entradas ou retardo na abertura (sem perda de comutação).

No caso de abertura do disjuntor de entrada de um dos alimentadores, pela atuação de suas proteções de sobrecorrente, será bloqueado o fechamento do outro disjuntor.

Deverá ser previsto o funcionamento considerando o modo de seleções local e remoto,



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

e operação manual e automático. As posições de seleção local e remoto, manual e automático deverão participar da hierarquia de comando previsto para a Subestação ou Cabine.

Na falta de alimentação cc do retificador que estiver alimentando, o outro retificador irá assumir as cargas do consumidor, e na falta deste último, os consumidores passarão a ser alimentados pelas baterias. Neste instante, com o sinal emitido pelo carregador, o PDCC desencadeará uma contagem regressiva que desligará o circuito de alimentação de emergência após um tempo regulável de 0 a 60 minutos. Caso os retificadores sejam reparados ou ocorra o retorno da rede antes deste tempo, o sistema deverá ser restabelecido automaticamente.

O PDCC será previsto com uma chave que permita ligar ou desligar a temporização deste circuito de emergência.

1.6.2.6 Sinalizações

Na parte frontal do painel possuirão indicação de sinalização:

- (i) estado dos disjuntores de entrada: fechado e aberto;
- (ii) relé de subtensão atuado (falta de tensão da rede);
- (iii) disjuntores de entrada atuados;
- (iv) balizamento: temporizando, ligado e desligado.
- (v) prever modo para teste de lâmpadas.

1.6.3 Sistema de 125 Vcc – Carregador de Baterias

1.6.3.1 Descrição Geral

Os carregadores alimentarão as seguintes cargas essenciais da subestação/cabine:

- (i) circuitos de Comando, supervisão e proteção dos equipamentos;
- (ii) iluminação de balizamento e emergência;

Cada carregador será composto por um retificador supervisionado pela unidade correspondente de supervisão USCC, que também acomodará além das saídas para as baterias, as unidades de diodos de queda para o controle de tensão dos consumidores.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

Para a aplicação do regime de carga profunda, o sistema deverá, além da escolha dos barramentos (+) e (-) normais referidos à bateria, permitir e condicionar à isolamento do consumidor através da abertura e supervisão do disjuntor de caixa moldada termomagnético correspondente.

O retificador e a USCC/UDQ (incluindo diodo de bloqueio) deverão ser acomodados em armário específico e apropriado, juntamente com as saídas para o Painel de distribuição de corrente contínua e caixas porta fusível/baterias.

O carregador de baterias deverá dispor dos seus principais alarmes e estados levados a bornes, em contatos secos e livres de tensões, e permitir também a aquisição e comunicação com equipamentos integrantes do sistema de alimentação elétrica da Subestação ou Cabine com características digitalizadas de dados, via rede IEC 61850 (saídas de comunicação redundantes) da Subestação ou Cabine para possibilitar a supervisão remota.

Para “retificador com defeito”, prever condição para realização de lógica no painel PDCC da subestação/cabine (redução da iluminação de emergência) e supervisão de atuação para “fusível rompido” da caixa porta fusível.

Para distribuição da alimentação dos consumidores, existirá o Painel de distribuição (PDCC), que fará a transferência entre carregadores de forma manual e automática, através de duas entradas protegidas por dois disjuntores de caixa moldada, motorizada, extraível, conforme especificado no documento correspondente.

Haverá em cada circuito de conexão do carregador, as saídas para as baterias e uma caixa porta-fusíveis com chave reversível, dotadas de fusíveis NH supervisionados por micro switches, que deverá fazer a proteção dos cabos e permitirá manobras mais flexíveis e seguras.

Na saída do carregador para o consumidor, no barramento positivo, estão previstos dispositivos tipo diodo de bloqueio.

No circuito de entrada do retificador em corrente alternada (nas fases e neutro) e da saída para o consumidor (no positivo e negativo), serão previstos dispositivos protetores contra surtos (sobretensões) com origem atmosférica, compatíveis com o sistema.

O carregador de bateria será projetado de tal forma que um retificador danificado, possa ser elétrica e fisicamente desvinculado para reparos, enquanto o restante do sistema não tenha qualquer tipo de descontinuidade operacional. Nesse sentido, foi adotado um sistema redundante de retificadores com possibilidade de funcionamento em paralelo com desequilíbrio de corrente. Na ocorrência de anormalidade em um dos retificadores, o outro assumirá a carga total dos consumidores.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.6.3.2 Características Construtivas

1.6.3.2.1 Retificadores e USCC

Tanto a USCC/UDQ como os retificadores serão montados em armários metálicos, que deverão ser instalados no interior de salas técnicas apropriadas e construídos com base nas Normas NBR 11468, NBR9112 “Conversor a Semicondutores” correspondente ao IEC 60146 e IEC 60478 “Stabilized Power Supliar, DC Output” e características indicadas a seguir:

(i) Características Gerais:

- a. serão de tipo autoportantes, para instalação afastada da parede (mínimo de 1,5 m), com acesso da cablagem pela parte inferior;
- b. possuirão dispositivos de comando, sinalização, medição etc., instalados na parte frontal e relés auxiliares, circuitos retificadores, fiação, circuitos de proteção etc., instalados na parte interna;
- c. serão construídos de modo a permitir um acesso fácil a todos os componentes. Na medida do possível, os circuitos e componentes eletrônicos deverão ser acomodados em compartimentos termicamente isolados dos compartimentos de força e sujeitos, tanto uns quantos os outros, a uma eficiente refrigeração;
- d. o acesso a qualquer componente será possível sem a necessidade de remover outros componentes, ou de desmanchar partes mecânicas ou estruturas;
- e. o quadro deverá apresentar, construtivamente, o maior grau possível de segurança para o pessoal da manutenção e operação, tanto na parte frontal como na parte posterior. Todas as partes vivas ou ativas deverão ficar completamente protegidas por chapas metálicas ou barreiras isolantes e incombustíveis, de modo a não poderem ser tocadas quando energizadas.

(ii) Dimensões:

- a. tanto o armário da USCC como o dos retificadores terão, no máximo, 2.000 mm de altura, 850 mm de largura e 900 mm de profundidade.

(iii) Estruturas Metálicas:

- a. na fabricação serão empregados elementos modulares metálicos, que permitam uma fácil alteração dos circuitos elétricos e dos equipamentos instalados.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Serão construídos em base a perfis de aço de espessura de 2,66 mm e fechadas com chapas de aço aparafusadas, estas últimas de espessura de 2 mm, no mínimo, com grau de proteção mínimo IP 41, conforme Norma NBR IEC 60529.

A cor padrão da pintura será cinza Munsell N6,5.

O acesso à parte interna será feito pela parte frontal, onde deverá ser prevista uma porta provida de dobradiças e fechadura (com chaves) Cremona e com guarnições de borracha sintética. A porta traseira com dobradiça poderá ser presa através de parafusos imperdíveis.

Os armários serão totalmente fechados, com exceção da parte inferior, que deverá ter aberturas para saída de cabos. Para a vedação de tais aberturas, quando da instalação, deverão ser disponibilizadas peças de material isolante, incombustível e antimofo, em quantidade e tamanho suficientes.

Serão previstas janelas de ventilação nas paredes laterais e posterior do armário, de tal modo que ofereçam um bom arrefecimento aos equipamentos.

Estas aberturas serão protegidas por grades metálicas (tela inoxidável) à prova de corrosão e eficientes para proteger o equipamento contra a entrada de poeiras, animais ou insetos (manter o mesmo grau de proteção especificado).

Os armários possuirão, na parte superior, alças removíveis para seu levantamento em caso de transporte.

A base será constituída por uma viga de ferro "U", com furos para fixação e parafusos para fundação ou ancoragem.

Os barramentos poderão ser acomodados internamente aos armários. Como alternativa, os barramentos poderão interligar os armários pela sua parte superior. Neste caso, serão previstas, proteções adequadas contra queda de objetos e contatos involuntários com isolações adequadas nas transposições das estruturas dos armários.

Os barramentos (terra, polos positivo e polo negativo) serão construídos de barras de cobre eletrolítico, de alto grau de pureza e condutividade, adequadamente fixados para resistir aos esforços das máximas correntes de curto-circuito especificadas e eletricamente isolados com isoladores e material termo retrátil (classe 600 V). Prever também barramento para aterramento.

Os barramentos deverão ser identificados através de cores e sinais conforme recomendações da Norma ABNT.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.6.3.2.2 Composição dos Retificadores

Os retificadores possuirão entre os componentes necessários, os seguintes equipamentos e dispositivos:

- (i) voltímetro na alimentação de corrente alternada (incluindo chave de seleção entre fases);
- (ii) amperímetro na alimentação de corrente alternada (incluindo chave de seleção para cada fase);
- (iii) voltímetro na saída do retificador;
- (iv) amperímetro na saída do retificador;
- (v) disjuntor caixa moldada na entrada de corrente alternada, consumidor e baterias;
- (vi) circuito retificador de estado sólido;
- (vii) circuito regulador da tensão fornecida pelo retificador;
- (viii) circuito de limitação automática da corrente de saída do retificador, de 100 % a 110 % de sua corrente nominal;
- (ix) circuito de limitação automática da corrente para bateria, ajustável de 10 % a 50 % da somatória das capacidades nominais das baterias correspondentes expressas em ampères;
- (x) alarmes e sinalizações óticas locais, com retenção, botão de reposição, teste de lâmpadas e contato auxiliar para alarme remoto:
 - a. Defeito do retificador;
 - b. Falta de rede ou falha de fase;
 - c. Subtensão e sobretensão na saída do consumidor;
 - d. Positivo à terra;
 - e. Negativo à terra;
 - f. Bateria em descarga;
 - g. Sobre temperatura.
 - h. Sinalizações óticas locais:
 - i. Retificador ligado e desligado;
 - j. Flutuação;



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- k. Equalização;
- l. Carga profunda.

Na falta de fase, incluindo sub e sobretensão, ou sobretensão na saída para o consumidor, o retificador que estiver causando esse desvio deverá ser imediatamente desligado da rede de corrente alternada mediante controle dos disparos dos tiristores da coluna retificadora.

Nos diversos dispositivos aplicados ao retificador/USCC/UDQ, deverão ser tomados os cuidados nos alimentadores, além das proteções, quanto ao atendimento à característica de isolamento galvânica.

Os recursos de sinalização, diagnóstico e alarmes operacionais dos retificadores deverão ser tratados em tecnologia microprocessada e apresentada de forma digitalizada exibidas no frontal do dispositivo através de tela tipo display de LCD e interface tipo IHM, teclas para ajustes e comandos e supervisão e medição.

As grandezas de medições, condicionadas às escolhas feitas pelo operador, poderão também ficar disponíveis para leitura constante na tela do display.

Todos os cabos de sinais possuirão blindagens aterradas.

Todos os equipamentos e acessórios utilizados nos retificadores serão de características técnicas conforme definido neste documento.

Serão previstas resistências blindadas de aquecimento, montadas em bases isoladas, controlados por termostatos ajustáveis, com potência suficiente para eliminar a umidade e a sua condensação nos equipamentos instalados, na tensão de 220 Vca.

Cada retificador possuirá em seu interior, iluminação com lâmpadas fluorescentes compactas para tensão 220 Vca, partida rápida, controlada por uma chave micro switch, localizada na parte interna de cada porta, resistência blindada controlada por termostato e tomada (2P+T) – 220 Vca. Os circuitos auxiliares correspondentes à alimentação de resistências blindadas, tomadas e iluminação serão protegidos por disjuntores termomagnéticos, em tensão de 220 Vca.

1.6.3.2.3 Composição da USCC

A USCC deverá possuir, entre outros, os seguintes componentes:

- (i) Voltímetro cc (da tensão do barramento das baterias);
- (ii) Voltímetro cc (da tensão de saída para o consumidor);



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (iii) Amperímetro cc (da corrente de consumidor);
- (iv) Amperímetro cc (com "0" central) para indicação da corrente das baterias.

Identificação: A USCC bem como os retificadores e todos os equipamentos neles instalados possuirão placas de identificação, com as mesmas designações dos desenhos da CONCESSIONÁRIA, de modo a possibilitar fácil localização dos componentes, entendimento funcional e operação segura do equipamento.

As plaquetas de identificação serão de acrílico transparente, de fundo na cor preta, com legendas na cor branca e com 3,0 mm de espessura, e fixadas rigidamente através de rebites de plásticos. A gravação será realizada em baixo relevo, no lado posterior, em língua portuguesa.

Prever etiquetas de advertência quanto ao risco de choque elétrico, a fim de atender ao disposto na norma NR 10.

No painel do retificador e da USCC/UDQ deverá ser previsto um esquemático simplificado da configuração do sistema de 125 Vcc.

1.6.3.2.4 Terminais e fiação interna:

A fiação interna deverá ser executada totalmente na fábrica e não deverá conter quaisquer emendas ou derivações.

As ligações serão claramente identificadas com etiquetas ou luvas imperdíveis, gravadas com caracteres indelévels, em cada extremidade e dispostas de acordo com os respectivos diagramas de fiação. Não serão aceitas identificações do tipo anilhas.

Para as ligações com o circuito externo, deverão ser previstos blocos terminais de capacidade de corrente adequada à função de cada um deles, sendo que os blocos de força deverão ficar separados dos de controle.

Os terminais de cada bloco serão com parafuso, do tipo protegido e com fixação indireta tipo prensa fio. Não deverá ser ligado mais de um fio em cada ponto de ligação do borne.

Os terminais serão de tipo maciço, em liga anticorrosiva, adequados para garantir contatos perfeitos e seguros mesmo em caso de vibrações, deslocamentos e variações térmicas. Será evitada a possibilidade de curtos-circuitos contra terra e entre terminais.

Em todos os blocos de terminais serão implantados 20 % (vinte por cento) de bornes em excesso para cada tipo utilizado, com um mínimo de 4 (quatro), deixados à disposição.

Tanto nos retificadores como na USCC/UDQ, serão utilizados cabos de ligação interna



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

de força e controle com isolamento compatível com a tensão de trabalho, de material não propagador de chama, próprio para clima tropical e resistente à umidade.

A fim de facilitar a identificação dos circuitos, serão usados os códigos de cores conforme ABNT.

1.6.3.2.5 Circuito de Terra

Todas as estruturas metálicas serão interligadas com uma barra de cobre de 100 mm² no mínimo, provida de terminais de aterramento nos dois extremos, adequados para cabos de cobre nu de seção até 70 mm². Tais terminais serão instalados em qualquer um dos extremos inferiores de cada armário.

1.6.4 Banco de Baterias -125 Vcc

Os serviços auxiliares em corrente contínua, deverão ser alimentados por meio de dois bancos de baterias (conjunto de duas baterias), duas caixas porta fusíveis e de dois retificadores de corrente alternada. Os bancos baterias deverão ser independentes, a fim de poder isolar um dos bancos caso de defeito ou para fins de manutenção das células. Estes bancos se destinam à alimentação de motores e dos equipamentos, painéis de controle, equipamentos de telecomunicação e telecontrole e iluminação de emergência.

As baterias deverão ser ventiladas do tipo alcalinas ou chumbo-ácidas, para instalação estacionária no interior de salas técnicas apropriadas e deverão ser fabricadas com base nos seguintes dados de projeto:

Se alcalinas, deverão ser do tipo com eficiência alta e resistência interna baixa para atender as solicitações de pico das cargas previstas para o sistema;

Se chumbo ácidas, deverão ser do tipo de placas tubulares, com grades com liga chumbo-antimônio, para igualmente atender os consumidores previstos para o sistema;

O número de elementos deverá ser compatível com a filosofia operacional do sistema, de modo a se obter no consumidor a faixa de tensão admissível de 125 Vcc +8 % a -15 %;

Não sendo permitidas baterias seladas.

Cada bateria (conjunto de duas baterias) deverá obedecer às dimensões das salas específica para sua instalação conforme desenho orientativo.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.6.4.1 Características Construtivas

1.6.4.1.1 Banco de Baterias

Cada bateria será constituída por um conjunto de elementos contidos em recipientes que façam parte do elemento, resistentes ao eletrólito, fechados superiormente com tampa e providos de válvulas de gases ante explosão.

Os polos dos terminais serão devidamente identificados, isolados e vedados mediante anéis adequados, sendo rosqueados com porcas e arruelas para ligação entre os diversos elementos.

O tipo e a forma das placas permitirão a máxima utilização do material ativo, tanto em descargas rápidas quanto lentas e evitar qualquer tipo de deformação.

A isolamento entre as placas de polaridades diferentes será feita com isoladores plásticos, de material resistente ao eletrólito.

Os elementos deverão ser do tipo de baixa resistência interna e de alta eficiência, compatível com os serviços e requisitos acima especificados.

Os polos dos elementos serão claramente identificados por meio de símbolos (+) e (-), de forma legível, indelével e inconfundível. Não serão aceitas etiquetas adesivas de identificação.

Plaquetas de aço inox por bateria com dados técnicos característicos, marcados de forma legível e indelével, incluindo informações sobre o fabricante. Idem para identificação de cada bateria.

Cada elemento deverá ter gravado no seu vaso:

- (i) nome do fabricante;
- (ii) tipo do elemento/capacidade em Ah;
- (iii) ano, mês e número de série de fabricação;
- (iv) marcas de nível máximo e mínimo de eletrólito;
- (v) densidade nominal;
- (vi) tensão nominal;
- (vii) polo positivo (+) e negativo (-);
- (viii) massa do elemento, em quilogramas;
- (ix) número do elemento no conjunto.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Particularmente, se as baterias forem chumbo-ácidas, deverão ter as seguintes características:

- (i) recipientes - deverão ser do tipo termoplástico transparente de alta resistência mecânica e resistente à ação de ácido;
- (ii) válvulas - serão à prova de explosão, em material apropriado, com comprovada eficiência na retenção da névoa ácida e escape de gás, ou vapores corrosivos;
- (iii) tampas - serão do tipo plástico, de alta resistência mecânica, que permitam perfeita vedação na selagem com o recipiente e nas regiões de buchas e válvulas;
- (iv) polos - serão de liga de chumbo, resistente à ação do eletrólito, garantindo a não necessidade de sua substituição ou reparo durante a vida útil do elemento;
- (v) buchas - serão completamente estanques à passagem de gases ou eletrólito, de forma a não permitir que oxidações provoquem danos às tampas;
- (vi) placas - As placas positivas serão do tipo tubular e as negativas do tipo empastada. A liga deverá ser de chumbo-antimônio, em proporções que garantam maior durabilidade ao longo do tempo, com consumo compatível de água. Não serão aceitas ligas chumbo-cálcio;
- (vii) separadores - serão de material de comprovada durabilidade para toda vida útil;
- (viii) região para sedimentação - os elementos terão região para sedimentação de massa ativa, ao longo do tempo, com dimensões compatíveis com a capacidade do elemento, impedindo o curto-circuito entre as placas;
- (ix) interligações completas (barras, terminais e cabos) - serão de material de boa condutibilidade, protegidas contra corrosão e deverão permitir uma queda de tensão de no máximo 10 mV entre elementos de mesma fila e 20 mV entre elementos de filas diferentes.

Em ambos os casos, quando aplicáveis, serão previstos dispositivos completos de enchimento automático de água, de modo a simplificar e minimizar os procedimentos de manutenção.

1.6.4.1.2 Estantes

As estantes para os bancos de baterias, serão metálicas, de alta resistência mecânica,



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

reforçadas para ser imune a trinca e a ácidos, devidamente protegidas com pintura antioxidante e resistente ao eletrólito (espessura mínima da tinta de 90 micrometros, na cor Munsell N6,5).

Os elementos de cada bateria serão acomodados em estantes de aproximadamente 600 mm de largura e comprimento entre 2.700 mm e 3.000 mm.

Os dois conjuntos de baterias serão montados em estantes independentes. As estantes deverão ser em dois níveis (tipo degrau), de ergonomia adequada. Não deverá ser feita montagem com sobreposição de elementos.

As longarinas metálicas serão cobertas por uma canaleta de PVC (os elementos são apoiados nestas canaletas).

As estantes poderão ser providas de pinos de encaixe ou outro método eficiente para fixar firmemente os elementos sobre elas, evitando quaisquer deslocamentos.

A construção será feita de modo a facilitar ao máximo, a manutenção e inspeção das baterias.

Os pés das estruturas de suporte serão isolados do piso por meio de material isolador resistente e ao eletrólito, evitando qualquer contato direto da estante com eventuais resíduos de eletrólito remanescentes no piso.

A superfície de contato entre o conjunto e o piso será de tal forma que não concentre demasiado esforço mecânico à estrutura do piso.

1.6.4.1.3 Infraestrutura

As baterias serão instaladas no interior de salas técnicas exclusivas e apropriadas, considerando como segue:

Dispor as paredes (total, do piso até o teto) e pisos de material de acabamento, tipo cerâmico, adequado para a utilização em ambientes contendo vapores corrosivos e com facilidade de limpeza.

O piso da sala será dotado de um sistema de dreno e caixa, perto da estante, para eventual canalização à prova de ácido (isolado da drenagem hidráulica da subestação/cabine).

Na sala, prever lavatório tipo cuba de aço inox para utilização da manutenção.

Considerar iluminação normal e emergencial à prova de explosão na sala de baterias.

Além de meios para ventilação natural (venezianas metálicas com molduras para entradas de ar) da sala de baterias, prever sistema com painel de comando (comando manual e



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

automático), exaustor adequado (anti-faísca, IP 55, balanceado, serviço contínuo, classe isolamento F, a prova de explosão etc.) e dutos/grelhas metálicos de ar para a Sala de Baterias.

Em condições normais de operação, os equipamentos de exaustão serão controlados e monitorados localmente no painel, e remotamente a partir da IHM da subestação/cabine e a partir do CCO.

1.6.4.1.4 Ferramentas

Deverão estar disponíveis as seguintes ferramentas especiais obrigatórias para cada Subestação ou Cabine: 1 (um) multímetro digital, 3 (três) termômetros, 3 (três) densímetros, 3 (três) pipetas, 3 (três) funis de plástico, 1 (um) jogo de chaves combinada, 2 (dois) potes de pasta de lubrificação, 2 (duas) jarras e 1 (uma) bombona de plástico.

1.7 Cabos de alta tensão, energia de média, baixa tensão e tração

1.7.1 Marcação de dados na cobertura dos cabos

A cobertura de todos os cabos deverá ser marcada a intervalos regulares, de forma legível e indelével, com no mínimo os seguintes dizeres:

- (i) nome do fabricante;
- (ii) nome comercial do produto;
- (iii) número de condutores e seção nominal em mm²;
- (iv) classe de isolamento;
- (v) norma de construção ou fabricação aplicável;
- (vi) ano de fabricação.

Os cabos deverão atender às seguintes características:

1.7.2 Seções dos cabos

Deverão ser definidas no PROJETO EXECUTIVO em função da tensão, ampacidade do circuito, nível de curto-circuito, temperatura, modo de instalação e outros fatores estabelecidos em normas.

A princípio podem ser citados algumas características a serem obedecidas:



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (i) cabos de cobre dos alimentadores, desde o disjuntor de 3k Vcc até as chaves seccionadoras sob carga externas bem como desta até a catenária: classe de tensão 3,6/6 kVcc; secção mínima de 400 mm² por condutor; ampacidade de cada alimentador de 3.000 A. As seções e quantidades de condutores em paralelo para cada um dos alimentadores deverão ser calculados quando do PROJETO EXECUTIVO;
- (ii) cabos de cobre de interligação entre o barramento negativo e os trilhos (cabos de “retorno”) através dos “impedance bond” - classe de tensão 1 kVcc – secção mínima de 400 mm² por condutor; ampacidade total mínima de 4.000 A. As seções e quantidades de condutores em paralelo deverão ser calculados quando do PROJETO EXECUTIVO;
- (iii) cabos de cobre interligando cada conjunto retificador aos barramentos de 3 kVcc: seja para a polaridade positiva quanto negativa devem ser dimensionados para a tensão nominal de 3 kVcc e corrente correspondente à potência nominal do grupo retificador multiplicada pelo fator 1,5 (situação de sobrecarga do grupo). As seções e quantidades de condutores em paralelo deverão ser calculados quando do PROJETO EXECUTIVO.
- (iv) cabos de cobre isolado para Sistema de Sinalização - classe de tensão 7,2 kVca ou 15 kVca – secção mínima de 50 mm². As seções e quantidades de condutores deverão ser calculados quando do PROJETO EXECUTIVO.
- (v) cabos de cobre isolado para Sistema de potência - classe de tensão 36 kVca - secção mínima de 70 mm². As seções e quantidades de condutores deverão ser calculados quando do PROJETO EXECUTIVO.

1.7.3 Emendas

As emendas deverão ser, de preferência, de material termo contrátil, com tubo defletor de campo elétrico constituído de material com alta constante dielétrica, estanque, de forma a impedir a penetração de umidade, resistente às intempéries e aos ataques químicos, e serem ainda de fácil instalação.

As conexões deverão ser apropriadas para operar à temperatura de curto-circuito de 250 °C.

As emendas deverão superar os ensaios elétricos especificados na IEEE Std 48, para classe de tensão específica de cada cabo utilizado, como também os ensaios, durante e após



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

instalação especificados para cada cabo utilizado.

As emendas deverão ser completas, com todos os materiais necessários à sua execução.

As emendas deverão ser minimizadas através da utilização dos lances máximos permitidos pelos cabos.

1.7.4 Terminais

Os terminais deverão ser do tipo polimérico, com tubo defletor de campo elétrico constituído com material de alta constante dielétrica.

Deverão ser resistentes ao "tracking", estanques para impedir a penetração de umidade, resistentes às intempéries, apropriados para trabalho em local poluído, que possam ser curvados e, ainda, serem de fácil instalação.

Os conectores deverão ser apropriados para temperatura de 250 °C durante as condições de curto-circuito. Os terminais deverão superar os ensaios elétricos especificados na IEEE de 150 kV, bem como os ensaios durante e após instalação especificados para cada cabo.

Os terminais deverão ser implantados completos, com todos os materiais necessários à sua execução.

1.7.5 Características Construtivas

1.7.5.1 Condutores de Cobre

Os condutores de cobre eletrolítico, pureza 99,9 %, têmpera mole, deverão ser redondos com condutores compactos e bloqueados, conforme recomendações da NBR 7286, conforme NBR NM 280 ou IEC 60228 com classe 2 de encordoamento. Os fios componentes do condutor encordoado, antes de serem submetidos às fases posteriores de fabricação, deverão seguir os requisitos da NBR-5368.

1.7.5.2 Resistividade dos Condutores

A resistividade elétrica máxima dos condutores, referida a 20 °C, deverá ser de 0,017241 Ω mm²/m, correspondente a 100 % de condutibilidade IACS



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

1.7.5.3 Blindagem sobre o Condutor

A blindagem do condutor deverá ser constituída por camada extrudada de composto semicondutor termo fixo justaposta sobre o condutor, porém facilmente removível.

A espessura média da camada extrudada deverá ser igual ou superior a 0,4 mm e a espessura mínima em qualquer ponto da seção transversal deverá ser igual ou superior a 0,32 mm.

As características físicas deverão estar de acordo com os requisitos estabelecidos no Anexo B, Tabela 2, da Norma NBR 7286.

1.7.5.4 Isolamento

O isolamento deverá ser do tipo sólido constituído por um composto termo fixo de borracha etilenopropileno aderente à blindagem do condutor.

A espessura média mínima da isolação deverá estar de acordo com os requisitos da NBR-7286.

As características físicas deverão estar de acordo com os requisitos estabelecidos no Anexo B, Tabela 3 da Norma NBR 7286, acrescido das características dadas na Tabela 1 da mesma.

O valor mínimo da constante de isolamento (k_i) deverá ser 3.700 M Ω .km a 20 °C.

Tabela 1 – Características Físicas Adicionais da Isolação

Ensaio	Método de Ensaio	Requisito
Índice de oxigênio, mínimo	NES-714	25 %
Índice de fumaça, máximo	NES-711	90,0

1.7.5.5 Blindagem Metálica sobre a Isolação

A blindagem metálica deverá ser constituída por fios de cobre de resistividade máxima 0,018312 Ω mm²/m a 20 °C e deverão estar completamente cobertos por fita de cobre de espessura mínima de 0,08 mm, aplicada helicoidalmente sobre eles. Nos condutores de tração 3 kVcc, quando protegidos por relés de blindagem de baixa impedância, esta blindagem deverá ser capaz de permitir a circulação de corrente de curto-circuito de 2.500 A durante um segundo.

Em todos os casos, as blindagens dos cabos deverão ser objetos de estudo de



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

suportabilidade decorrente das correntes de curtos-circuitos fase/terra ou positivo/negativo envolvidos em cada situação de instalação.

1.7.5.6 Capa Externa de Proteção

A capa externa de proteção deverá ter alta resistência mecânica à abrasão, aos agentes atmosféricos, à luz solar, ao calor, à chama, à umidade, aos agentes químicos do terreno, ao ozônio, à raspagem e ao corte com características físicas conforme os requisitos da Norma NBR 6251.

A capa deverá ser constituída por material à base de borracha sintética com baixa emissão de gases tóxicos e fumaça, isenta de halogênios, com características físicas obedecendo aos requisitos do Anexo B, Tabela 6, da norma NBR 7286, acrescidas das características dadas na sua Tabela 2.

Requisitos Físicos Adicionais da Capa Externa de Proteção.

1.8 Cabos de energia de alta tensão – 145 kV

Os cabos deverão atender às seguintes características:

1.8.1 Características Construtivas - Cabos de 145 kV

1.8.1.1 Condutores de Cobre

O condutor de cobre eletrolítico, pureza 99,9 %, têmpera mole, deverão ser singelos, redondos com condutores compactos e bloqueados, com classe 2 de encordoamento. Os fios componentes do condutor encordado, antes de serem submetidos às fases posteriores de fabricação, deverão seguir os requisitos da NBR 5368.

O condutor deve ser constituído por fios de cobre, tempera mole, encordoados concêntricamente e compactados de classe 105°C, conforme recomendações da Norma NBR 5111.

O condutor deverá ser do tipo bloqueado a passagem de água, e os interstícios dos fios deverão ser preenchidos com matéria química e termicamente compatível com os demais componentes do cabo.

A seção nominal do condutor deve ser compatível com a potência a ser transmitida e calculada de acordo com a IEC 60287 e a IEC 60853.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.8.1.2 Resistividade dos Condutores

A resistividade elétrica máxima dos condutores, referida a 20 °C, deverá ser de 0,017241 Ω mm²/m, correspondente a 100 % de condutibilidade IACS.

1.8.1.3 Blindagem sobre o Condutor

A blindagem sobre o condutor deverá ser constituída por camada extrudada de composto semicondutor termo fixo justaposta sobre o condutor, porém facilmente removível e não aderente.

1.8.1.4 Isolamento – 145 kV

A isolação deverá ser constituída por compostos termo fixos a base de polietileno reticulado (XPLE), deverá ser concêntrica, continua e homogênea, ao longo de todo o seu comprimento e aplicada sob tríplice extrusão, ou seja, aplicação simultânea da blindagem do condutor, isolação e blindagem semicondutora sobre a isolação. Deverá ainda, estar suficientemente aderente às blindagens semicondutoras de modo a não permitir a existência de vazios na interface semicondutora/isolação.

1.8.1.5 Blindagem Semicondutora Sobre a Isolação

A blindagem semicondutora deverá ser constituída por uma camada extrudada de composto termo fixo sobre a isolação, mantendo um contato perfeito com sua externa, porém, removível a quente.

Com a remoção da blindagem semicondutora extrudada da isolação, a superfície exposta da isolação não deverá apresentar danos, nem resíduos de material semicondutor de difícil remoção.

1.8.1.6 Blindagem Metálica

A blindagem metálica deve ser de fios de cobre de resistividade máxima 0,018312 Ω mm²/m a 20 °C e deverão estar completamente cobertos por fita de cobre de espessura mínima de 0,08 mm, aplicada helicoidalmente sobre a camada semicondutora da isolação e os mesmos não deverão romper-se quando o cabo for curvado com raio mínimo ou



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

igual a 20 vezes o diâmetro nominal externo do cabo.

A blindagem será aterrada em uma das extremidades do cabo e deverá suportar a corrente de curto-circuito fase-terra da Subestação por um tempo de 500 ms sem prejudicar as características do cabo e sua vida útil.

1.8.1.7 Capa Externa de Proteção

A capa externa de proteção deverá ter alta resistência mecânica à abrasão, aos agentes atmosféricos, à luz solar, ao calor, à chama, à umidade, aos agentes químicos do terreno, ao ozônio, à raspagem e ao corte com características físicas do material da cobertura de polietileno devem estar de acordo com os valores especificados nas Normas NBR 6251 e IEC 60840 correspondentes à temperatura de trabalho do cabo, para material ST 7.

A cobertura de todos os cabos deverá ser marcada a intervalos regulares, de forma indelével, com no mínimo os seguintes dizeres:

- (i) nome do fabricante;
- (ii) nome comercial do produto;
- (iii) número de condutores e seção nominal em mm²;
- (iv) classe de isolamento;
- (v) norma de construção ou fabricação aplicável;
- (vi) ano de fabricação.

1.8.1.8 Terminação Externa para Cabos de 145 kV

Terminação externa para uso em conexão direta com barramento aéreo, e que devido a total exposição às condições climáticas, deve se próprios para atmosferas poluídas, conforme Normas IEC 60840 e IEC 60137.

O defletor de campo deverá ser do tipo pré-moldado e o isolador poderá ser em porcelana ou polimérico. Todas as terminações deverão ser rígidas, não sendo aceitos terminais poliméricos flexíveis.

Todos os invólucros da terminação devem ser projetados de forma a não acarretarem esforços indevidos em quaisquer peças, devido a mudanças de temperatura e pressão.

O terminal de ligação ao barramento deverá ser com barra chata e furação NEMA 4.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

É parte integrante da terminação o suporte metálico, com acabamento através de zincagem por imersão a quente.

1.9 Cabos de controle e fibra óptica

1.9.1 Cabos de controle blindado

Os cabos deverão atender às seguintes características:

1.9.1.1 Condutor

Os fios dos condutores devem ser de cobre eletrolítico, pureza 99,9 %, têmpera mole, com resistividade elétrica máxima de $0,01741 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$, correspondente a 100 % de condutividade IACS.

Os fios componentes devem possuir revestimento metálico antes de serem submetidos às fases posteriores de fabricação e devem atender aos requisitos da NBR 5368.

Classe de encordoamento

Os condutores deverão ser encordoados de acordo com a "classe 2" da Norma NBR 6880, com quantidade mínima de sete fios, formato circular e não compactados, ver tabela abaixo - Características Construtivas dos Cabos de Controle.

Tabela 2

Seção nominal mm ²	Condutor		Espessura nominal da isolação mm	Número de veias	Comprimento mínimo por bobina m
	Formação número mínimo de fios x ϕ mm	ϕ Nominal mm			
1,5	7 x 0,52	1,56	1,0	3; 5; 7; 9; 12; 15; 20; 25	500
2,5	7 x 0,67	2,01	1,0	3; 5; 7; 9; 12; 15	500
4	7 x 0,85	2,55	1,0	3; 5; 7; 9; 12; 15	500
6	7 x 1,04	3,12	1,0	3; 5; 7; 9	500

NOTA: O raio mínimo de curvatura dos cabos não deve ser inferior a dez vezes o seu diâmetro externo.

A resistência elétrica deve estar de acordo com a Tabela 3, Anexo A, da Norma NBR 7290.

Para cabos com mais de uma coroa de veias, os valores de resistência elétrica deverão ser acrescidos de 1,5 %.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

1.9.1.2 Isolação

A isolação deve ser constituída de borracha etilenopropileno, seguindo a norma NBR 7290, com características físicas de acordo com a Tabela 5, Anexo B, da Norma NBR 7290, acrescida das características mostradas na Tabela a seguir - Características Físicas Adicionais da Isolação.

Tabela 3

Ensaio	Método de Ensaio	Requisito
Índice de oxigênio, mínimo	NES-714	25 %
Índice de fumaça, máximo	NES-711	90,0

A espessura nominal da isolação deve estar de acordo com os valores da Tabela 4, Anexo A, da Norma NBR 7290 e reproduzida na Tabela 7, dessa Norma.

A espessura média da isolação em qualquer seção transversal, não deve ser inferior ao valor nominal especificado.

1.9.1.3 Blindagem

Os cabos de controle com blindagem deverão ser constituídos de fitas de cobre nu, com sobreposição, de espessura adequada de modo a não comprometer a flexibilidade do cabo. Essa blindagem deverá ser colocada sobre a reunião das veias.

1.9.1.4 Cobertura

A cobertura deverá ter alta resistência mecânica à abrasão, aos agentes atmosféricos à luz solar, ao calor, à chama, à umidade, aos agentes químicos do solo, ao ozônio, à raspagem e ao corte, com características físicas conforme os requisitos da Norma NBR 6251.

A cobertura deve ser constituída de borracha sintética com baixa emissão de fumaça e isento de halogênios, com características físicas obedecendo aos requisitos do Anexo B, Tabela 6, da norma NBR 7286, acrescidos das características dadas na Tabela abaixo - Requisitos Físicos Adicionais da Cobertura.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

Tabela 4

Ensaio	Método de Ensaio	Requisito
Índice de oxigênio, mínimo	NES-714	25 %
Índice de Temperatura, mínimo	NES-715	250 oc.
Índice de Toxidade, Máximo	NES-713	5,0
Teor de halogênio	IEC-8652 e UTE-20.451	Isento
Índice de Fumaça, Máximo	NES-711	20

A espessura nominal da cobertura deve ser calculada conforme indicado em 5.9.2. da Norma NBR 7290.

1.9.1.5 Enchimentos

Quando necessário, o enchimento deverá ser composto de borracha sintética, com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos e isentos de halogênios.

1.9.1.6 Identificação dos Condutores

Os condutores, todos na cor preta, deverão ser identificados através de números sequenciais gravados na superfície da isolação, distanciados no máximo de 90 mm, em cor contrastante ou, em alternativa, por meio de fita numerada.

1.9.1.7 Marcação na Cobertura

A cobertura dos cabos deve ser marcada a intervalos regulares de até, 50 cm, com no mínimo os seguintes dizeres:

- (i) nome do fabricante;
- (ii) nome comercial do produto;
- (iii) número de condutores e seção nominal em mm²;
- (iv) classe de isolamento;
- (v) ano de fabricação.

1.9.2 Fibra Óptica

1.9.2.1 Características dos Cabos Ópticos



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

Para garantir a eficiência e confiabilidade no Sistema de Transmissão, os cabos de Fibras ópticas, deverão ter características construtivas que, no mínimo, atendam as práticas e recomendações da TELEBRÁS e as aqui especificadas.

Tipo de cabo: Dielétrico;

Proteção das Fibras: construção tipo "loose" com geleia composta por "absorvedores" de Hidrogênio;

Enfeixamento do núcleo protegido contra penetração de umidade;

Capa externa: material resistente a "ozona" e composto não propagador de chamas além de ser próprio para lançamento direto no solo;

Número mínimo de fibras: 36 fibras.

Os cabos são para lançamento diretamente enterrados e devem obedecer às normas especificadas para este tipo de aplicação.

1.9.2.2 Características das Fibras Ópticas

Para garantir a eficiência e confiabilidade do Sistema de Transmissão, as fibras ópticas deverão ter características construtivas que, no mínimo, atendam as normas e recomendações TELEBRÁS aqui especificadas:

Fibra Óptica monomodo para operar em 1300 nm e 1550 nm;

Índice de refração: tipo da casca casado;

Atenuação;

Para 1310 nm: $\leq 0,40$ dB/km;

Para 1550 nm: $\leq 0,25$ dB/km;

Devido a não linearidade: $\leq 0,10$ dB/km;

Devido às descontinuidades localizadas: $\leq 0,05$ dB/km;

Devido à diferença entre pontas: $\leq 0,10$ dB/km;

Devido à sensibilidade à macro curvatura: $\leq 0,10$ dB/km;

Comprimento da onda de corte: 1100 nm – 1330 nm;

Diâmetro do campo modal a 1310 nm: $9,0 \pm 0,9$ μ m;



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

Dispersão cromática: (PS/nm².km):

Entre 1285 nm – 1330 nm:	3,5 PS/nm ² .km;
Entre 1525 nm – 1575 nm:	3,0 PS/nm ² .km;
Comprimento da onda de dispersão zero:	1300 nm – 1330 nm;
Inclinação da curva:	≤0,092 PS/nm ² km;

Características físicas das Fibras ópticas.

Diâmetro do núcleo:	8 ±1 µm;
Diâmetro da casca:	125 ±2 µm;
Não concentricidade:	≤1 µm;
Não circularidade da casca:	≤2 %;
Diâmetro do revestimento:	250 ±10 µm;
Proof teste:	1,0 %;
Revestimento da Fibra óptica:	acrilato.

1.10 Projeto, documentação e manuais para o sistema de energia

Documentos necessários à complementação e entendimento das especificações técnicas:

1.10.1 Documentação de Projeto de Fabricação

Descrição do Circuito Eletrônico

Descreve detalhadamente o funcionamento do circuito eletrônico, com formas de onda, níveis de tensões, correntes, interrupções e processamento de sinais.

Diagrama de Interligação

Representação detalhada das interligações internas e externas dos equipamentos, com identificações de sinais, pontos de ligação, cabos condutores, borneiras, terminais e conexões de pontos de aterramento, inclusive entre equipamentos ou sistema de fornecimentos distintos.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Desenhos Dimensionais

Representação dimensional do equipamento e componentes com identificações, detalhes de montagem / instalação, fixação, identificações de torque e peso (onde aplicável), cotas, tolerâncias, tipos de materiais, tratamentos superficiais e pontos de aterramento.

Lista de Material

Relação detalhada de todos os materiais que são utilizados nas instalações, especificando o tipo, característica, quantidade, código, nome do fabricante e equivalência.

Especificação de Material

Documento que define qualitativamente os detalhes e características dos materiais designados, de acordo com sua natureza, contendo, no mínimo, propriedades específicas, tratamentos de superfícies, ensaios e testes, fabricantes e desenhos de referência.

Especificação do Processo

Documento que fixa sequência e cuidados a serem observados para a correta aplicação dos materiais e as técnicas de fabricação, incluindo ferramentas e equipamentos empregados, bem como a qualificação do pessoal envolvido.

1.10.2 Procedimento de Instalação e Montagem

1.10.2.1 Procedimento de Instalação e Montagem do Equipamento/Sistema

Documento que fixa as informações necessárias para instalar e montar um determinado sistema, equipamento, componente ou subcomponente, descrevendo detalhadamente a sequência adequada de atividades. Deverá incluir ferramentas, dispositivos, instrumentos de medição e materiais a serem empregados, bem como os recursos humanos envolvidos e as condições a serem observadas, referenciando os documentos técnicos inerentes ao trabalho, tais como: desenhos, layout do canteiro de obras (NR 18), esquemas, normas técnicas, especificações e outros procedimentos. Deve destacar ainda, as recomendações mínimas quanto à segurança do trabalho, transporte, movimentação, manuseio e armazenagem de cargas



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.10.2.2 Procedimento de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho

Documento que estabelece condições, pré-requisitos e orientações preventivas para executar com segurança os serviços e atividades de implantação de sistema.

Deve conter instruções específicas, recursos humanos e materiais, sugestões de dispositivos, Equipamentos de Proteções Individuais - EPIs e Equipamentos de Proteções Coletivas - EPCs, ações de resgate e esquemas de remoção e encaminhamento para atendimento médico aplicáveis a cada caso.

1.10.2.3 Procedimento de Transporte, Movimentação, Manuseio e Armazenagem de Cargas

Documento que fixa a sequência de ações e orientações necessárias para o transporte, a movimentação, o manuseio e a armazenagem de cargas, considerando cada uma das diversas situações reais de percursos, acessos e áreas de armazenagens. Deve incluir as dimensões gerais dos equipamentos embalados e desembalados, seus respectivos pesos, ferramentas, materiais, recursos humanos e dispositivos especiais aplicáveis a cada caso, bem como, instruções específicas quanto à segurança do trabalho.

1.10.3 Simulador Metroferroviário para Resolução de Redes de Tração

Este programa tem como objetivo possibilitar a simulação elétrica do sistema de tração de todas as suas linhas, auxiliando sua manutenção, definição de proteções, estratégias de operação, modernização e ampliação do sistema.

O programa deverá calcular todos os valores de tensão, corrente e potência do sistema de alimentação elétrica de tração da ferrovia, tanto nas instalações fixas, como subestações e cabines seccionadoras, ao longo da via permanente, na rede aérea e no trilho de retorno, como no material rodante, os trens.

1.10.3.1 Perspectivas do Produto

Este programa deve ser independente, autônomo da operação, bancos de dados, entradas e saídas, e funcionamento dos demais sistemas de controle operacional de tráfego e alimentação elétrica e dos demais sistemas, devendo operar em ambiente distinto, sem nenhum tipo de interface, troca de informações com estes ou demais sistemas.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.10.3.2 Interfaces do Sistema

Os dados de entrada e saídas do programa, no formato de listagens, tabelas, gráficos, relatórios, entre outros, devem ser capazes de serem importados e exportados para outros programas, tanto para visualização e impressão, como para edição e análise em ferramentas mais adequadas/amigáveis.

1.10.3.3 Interface de Usuário

Como interface com o usuário, o programa deve possuir interface amigável, de fácil operação para usuários com bom nível de conhecimento do sistema metroferroviário.

Deve possuir ao menos três níveis de usuários diferentes, sendo um para consulta aos dados de saída do programa, um que possibilite a execução e simulações no sistema, como a entrada de informações de características de simulação, e outro mais avançado que permita a edição dos bancos de dados de todo o sistema.

1.10.4 Critérios Gerais de Apresentação da documentação

Toda documentação deve ser padronizada e titulada de acordo com critérios estabelecidos e deve estar na língua portuguesa.

Os seguintes critérios devem ser observados:

Documentação de Projeto

Para a apresentação de documentos técnicos de projeto ou fabricação ou montagem/instalação, deverão ser observados os seguintes critérios:

- (i) os descritivos originais e cópias deverão ser apresentados em folhas de papel tipo padrão A4, e os Diagramas elétricos, unifilares, layouts, etc., devem ser implantados nos formatos A0, A1, A2 ou A3, conforme a necessidade e requisitos mínimos de visualização;
- (ii) a edição definitiva constituir-se-á dos serviços gráficos de encadernação dos documentos;



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

- (iii) na edição definitiva, devem ser implantados (quatro) conjuntos completos, incluindo textos, memoriais e desenhos em cópias heliográficas ou similar;
- (iv) toda a parte relativa a textos deve ser apresentada, também em mídia óptica, em discos do tipo CD ROM (700 Mbytes) para operação em microcomputadores do tipo PC, com edição de texto em programa MS WORD na versão de software mais atual na ocasião da emissão.
- (v) toda parte relativa a desenhos deve ser apresentada também em mídia magnética e editada em programa AUTOCAD versão 2010 ou mais atualizada na época da emissão.
- (vi) devem ser disponibilizadas também as folhas de estilo e formatação utilizadas na elaboração da documentação. Os desenhos implantados, que façam parte de documentos textuais, devem ser transportáveis para este, isto é, os desenhos devem ser transportáveis para o texto formando um único volume integral.

1.11 Projetos e fabricação de pórticos e estruturas “outdoor”

1.11.1 Projeto de pórticos e Estruturas “OUTDOOR”

Os pórticos de 88/138 kV e 36 kV serão em “outdoor” compacto. As estruturas e suportes dos equipamentos de “outdoor” serão constituídos de estruturas em concreto com a armação das costelas e estribos constituídos por ferragens zincadas por imersão a quente; a composição do concreto será de maneira a minimizar a sua porosidade, para evitar a oxidação da armadura. Poderão ser implantados, como alternativa, estruturas e suportes dos equipamentos em perfis laminados, zincados por imersão a quente, ligados entre si por meio de parafusos, porcas e arruelas, em aço zincado. Os suportes dos equipamentos serão providos de placas de apoio, soldadas, completas com parafusos, arruelas e os acessórios necessários.

No projeto e construção das estruturas, será observado o maior grau de padronização possível, de forma a assegurar uma elevada homogeneidade e intercambialidade.

1.11.1.1 Dados de Projeto

A estrutura e suportes de equipamentos serão dimensionados de forma a suportar o peso próprio e dos equipamentos e a ação do vento sobre estes. O projeto deverá estar de acordo com as prescrições deste documento e também com os dados a seguir:

Velocidade do vento máximo:	110 km/h;
-----------------------------	-----------



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

Pressão de vento máximo nos cabos	60 kg/m ² ;
Pressão, com vento máximo, nas peças dos pilares das vigas e suportes de equipamentos (a ser aplicada sobre 1,5 vezes a área projetada das peças)	108 kg/m ² .

Os esforços e flechas de projeto serão calculados referindo-se às condições de temperatura mínima e com vento máximo especificados; o coeficiente de segurança a ser adotado, em relação ao limite de escoamento do material, não será inferior a dois. Os coeficientes de esbeltez máximos admitidos são os seguintes:

Peças principais:	150
Peças secundárias:	200
Peças redundantes:	250

1.11.1.2 Pórticos, Estruturas e Suportes

Os pórticos e estruturas da subestação serão de concreto pré-moldado dimensionados adequadamente para suportar os esforços de curto-circuito e a ação dos ventos e outros agentes que poderão influenciar no seu dimensionamento.

1.11.1.2.1 Furações

Os reforços transversais da alma dos postes do tipo duplo “T” serão equipados com furações para descida dos cabos de aterramento;

Nas laterais serão embutidas placas metálicas com rosca para possibilitar a fixação dos parafusos dos conectores dos cabos de descida;

No topo, furações para fixação das hastes para-raios e cabo guarda.

Também faz parte das estruturas suportes em concreto pré-moldado (capitéis) para: para-raios, chaves seccionadoras, isolador de pedestal, transformadores de corrente e potencial.

Os pórticos, estruturas e suportes devem atender às recomendações das Normas ABNT; NBR 8451 e NBR 8452.

Para compor o arranjo dos equipamentos da subestação serão utilizados, tanto quanto necessários, os Isoladores de pedestal e multicorpo.

Todos os pórticos, estruturas e suportes novos, após a sua implantação, serão



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

recuperados todos os pontos onde houve danificação no concreto e/ou recuperados. Concluídas estas etapas, aplicar duas demãos de impermeabilizantes adequados e mais duas demãos de pintura acrílica na cor concreto.

No caso de ampliação de subestações existentes e onde partes das estruturas de concreto existente serão reaproveitadas e apresentarem ferragem exposta, estas serão recuperadas com limpeza e aplicação de inibidor de oxidação e, posteriormente, o recobrimento da superfície afetada. Após a execução da recuperação, será aplicada uma proteção em toda a estrutura, conforme acima descrito.

1.11.1.3 Pórtico da Rede Aérea em 13,2/13,8/6,6 kV e 3 kVcc

1.11.1.3.1 Pórtico de aérea de 3 kVcc

Devem ser previstas as Estruturas Metálicas para Sustentação das seccionadoras da rede aérea e para-raios e os respectivos acessórios para instalação destes itens, bem como o seccionamento e derivação da rede aérea.

1.11.1.3.2 Pórtico de 13,2/13,8/6,6 kV

Devem ser previstas, da mesma forma, as Estruturas Metálicas para Sustentação de seccionadoras de linha e para-raios do sistema de sinalização e os respectivos materiais e acessórios para instalação destes itens, bem como o seccionamento e derivação da linha de sinais.

1.11.1.3.3 Procedimento de Fabricação

O Pórtico será confeccionada para instalação ao tempo e atender às Normas NBR 8158, NBR 6323 e outras aplicáveis.

Serão aplicados os processos convencionais de corte e furação para execução das Estruturas.

Todos os furos de fixação serão executados através de gabaritos, garantindo a Padronização do Processo e a Intercambialidade entre as peças, eliminando as causas de interferência durante a montagem dos equipamentos. Não será permitida a execução de furos ou cortes extras em campo.

Os serviços de soldagem, onde requeridos, serão executados por profissionais



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

qualificados em processo de soldagem Mig-Mag, na posição plana.

Serão emitidos relatórios de Monitoramento dos “Parâmetros de Processo e verificações de rotina”.

Os insumos utilizados nos processos serão rastreados e obedecerão às condições específicas de armazenamento e manuseio.

1.11.1.3.4 Revestimento

Toda a estrutura, bem como as peças que compõem o conjunto, serão submetidas a tratamento com base de Zinco, por imersão a quente, de acordo com NBR 6323

1.11.1.3.5 Comprovação de Qualidade

Serão necessários, junto com os equipamentos, os seguintes certificados e relatórios:

- (i) certificados de matéria-prima utilizada na fabricação dos componentes;
- (ii) certificado do processo de Zincagem a Quente;
- (iii) certificado de qualidade e garantia do fabricante;
- (iv) laudo de inspeção e testes realizados para comprovação da qualidade e liberação do produto;
- (v) certificado de qualificação dos soldadores e processo de soldagem “EPS”.

1.11.1.4 Pórtico de Seccionamento e Derivação da linha de 34,5 kV e conexão com a subestação

As estruturas de sustentação das seccionadoras, transformadores de potencial, para-raios e os respectivos acessórios para instalação destes itens, bem como o seccionamento e derivação da rede aérea e interligação com a subestação, são parte integrante deste sistema.

Este sistema de estrutura será composto de estrutura de concreto pré-moldado em concreto e travessas em estrutura metálica galvanizada a quente.

Este pórtico será montado em campo e estar preparado com saídas/entradas futuras de 34,5 kV, possibilitando a instalação de equipamentos elétricos em ocasião oportuna, quando o circuito do tipo passante nesta classe de tensão sofrer ampliação e continuidade na rede de distribuição.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.11.1.5 Seccionamento de Linhas

Este item descreve os requisitos necessários envolvendo a interligação eletromecânica das Linhas de 34,5 kVca, 13,8 kVca, 13,2 kVca ou 6,6 kVca e 3 kVcc às Subestações ou Cabines. Para cumprir essa exigência, as linhas, que passam em frente a esses locais, serão seccionadas e interconectadas por circuitos de derivação.

1.11.1.5.1 Seccionamento e Derivação da Linha 34.5 kV

Para a execução do seccionamento elétrico e derivação da linha de Distribuição Aérea em 34,5 kVca que passa frente à Subestação, serão instalados pórticos, cabos, barramentos tubulares e outros materiais, de forma a interconectar a linha aos equipamentos de manobra da Subestação (seccionadoras, disjuntores, barramentos, etc.).

Todos os elementos do seccionamento elétrico deverão suportar os esforços eletrodinâmicos decorrentes da máxima corrente de curto-circuito prevista nessa rede. Toda a documentação de projeto, lista de materiais, arranjo, memoriais de cálculo, etc.

1.11.1.5.2 Seccionamento e Derivação da Linha 13,2 kV, 13,8 kV e 6,6 kV

Da mesma forma como descrito e especificado para o seccionamento elétrico e derivação da linha de 34,5 kV, deverá fazer parte o seccionamento e derivação da linha de 13,2 kVca, 13,8 kVca ou 6,6 kVca (dependendo da particular configuração da Subestação), linha esta destinada a suprir os equipamentos do sistema de sinalização ao longo da via férrea.

Valem, portanto, as mesmas características e descrições sobre os pórticos estruturais descritos em item anterior deste documento, bem como o descrito no item precedente (Seccionamento e Derivação da Linha 34,5 kVca)

1.11.1.5.3 Seccionamento da Rede Aérea de 3 kVcc

Na implantação de Subestações e Cabines, os cabos isolados de 3 kVcc correspondentes aos disjuntores alimentadores, deverão chegar até a rede aérea em 2 trechos de percurso, a saber: do disjuntor até a chave seccionadora sob carga, instalação ao tempo (chave de chifres), 4.000 A, e desta, até a rede aérea na via.

Nos 2 trechos a corrente para dimensionamento dos cabos isolados de cada alimentador



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

será de 3.000 A, conforme estabelecido em item específico deste documento.

Para cada via, a estrutura mecânica de sustentação das 3 chaves seccionadoras sob carga de 4.000 A, 2 de alimentadores e 1 de interconexão (by-pass) da via.

O seccionamento da rede aérea em 3 kVcc em cada via corresponde à instalação e montagem da totalidade de equipamentos/materiais necessários à realização física da interrupção da rede aérea no local: fio de contato, cabo mensageiro, isoladores, postes, pórticos, ancoragens eletromecânicas, estais, tensionamentos, adequações para continuidade da linha e outras atividades afins. Como resultado, a via estará eletricamente interrompida no local, mas permitirá a passagem dos pantógrafos dos trens com mínimas perturbações eletromecânicas.

Os seccionamentos deverão estar localizados o mais próximo possível das subestações e cabines, otimizando as soluções de caminhamento dos cabos.

No que segue, são complementados os descritivos do sistema:

- (i) seccionamento mecânico e elétrico das redes aéreas em 3 kVcc, em todas as vias existentes, defronte as subestações ou cabines, de modo a implantar seccionamentos à lâmina de ar;
- (ii) pórticos de alimentação sobre os respectivos seccionamentos para sustentação e caminhamento dos cabos;
- (iii) interligação através de cabos isolados entre as chaves de saída dos pórticos das subestações/cabines e as redes aéreas seccionadas, com cabos, muflas acessórios, suportes e conexões elétricas;
- (iv) implantação de postes, estruturas metálicas e respectivos acessórios de rede aérea para execução destes seccionamentos;
- (v) lançamento de cabos necessários para execução destes seccionamentos;
- (vi) execução de travessias subterrâneas, onde necessário;
- (vii) todos os componentes de rede aérea tais como isoladores, conectores, estruturas auxiliares de fixação, postes, pórticos, deslocamento, muflas, caixas de passagem, bases de sustentação civis e outros deverão fazer parte do conjunto do seccionamento elétrico, bem como eventuais instalações provisórias necessárias ao processo gradativo de sua implantação no sistema de rede aérea em operação.
- (viii) os cabos e suas infraestruturas para o retorno do circuito negativo, deverão ter isolação de 1 kV.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.11.1.6 Requisitos Gerais

Serão evitados cortes ou furos desnecessários nos barramentos, devendo serem apresentados os desenhos de arranjo com a indicação dos conectores a serem utilizados, bem como a memória contendo o cálculo das solicitações nos barramentos decorrentes das forças eletrodinâmicas por ocasião de curtos-circuitos.

Estruturas Suportes da Rede Aérea, dos Equipamentos e Estruturas Auxiliares do Pátio da Subestação:

- (i) todas as estruturas suportes da Rede Aérea, dos equipamentos e estruturas auxiliares serão construídas em aço galvanizado ou concreto;
- (ii) as estruturas suportes dos equipamentos serão constituídas por tubos de aço galvanizado com chapas soldadas em suas extremidades, ou estruturas de concreto com capitel convenientemente dimensionadas e dotadas das furações necessárias para a fixação dos equipamentos. As estruturas suportes serão dotadas de conectores para fixação dos cabos de aterramento dos equipamentos e da própria estrutura, quando for o caso, à malha de Terra;
- (iii) para as cargas decorrentes da ação do vento, este será considerado como tendo a velocidade de 130 km/h (NBR 6123).
- (iv) cabos e/ou Hastes Para-raios Contra Descargas Atmosféricas no Pátio da Subestação

Serão previstos cabos e/ou hastes a fim de obter uma subestação eficazmente blindada, para proteção geral de equipamentos e pessoas.

Conectores:

Para o acoplamento entre os tubos de alumínio e terminais de cobre serão utilizados conectores bimetalicos. Os conectores serão dimensionados para atender os esforços eletrodinâmicos decorrentes da corrente de curto-circuito. Serão utilizados conectores, convenientemente empregados, de modo a evitar esforços nos terminais dos equipamentos e permitir a expansão térmica dos barramentos.

Será aplicada pasta apropriada em todas as conexões de alumínio.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.11.1.7 Malha de Terra

A finalidade da malha de terra é a de possibilitar que as correntes de falha entre as partes energizadas dos circuitos e a massa dos equipamentos, ou componentes metálicos das instalações, escoem para a terra sem provocar danos a equipamentos e sem oferecer risco de acidentes provocados por choques elétricos a pessoas que estejam dentro da área da subestação/cabine e na região externa à mesma, próxima da cerca que a circunda.

Para tanto, a malha de terra deverá conduzir para o solo as correntes citadas acima até que as proteções da subestação/cabine atuem no sentido de interrompê-las. Para que a malha de terra cumpra corretamente as suas funções, o seu projeto e instalação serão executados de forma que o valor de sua resistência ôhmica bem como os potenciais de toque e de passo na região de influência da malha, estejam dentro de limites prescritos e aceitáveis por Normas técnicas de reconhecida aplicação.

Serão ligados à malha de terra da subestação ou cabine:

- (i) todos os elementos metálicos não destinados à condução de corrente nas condições normais de operação da subestação/cabine;
- (ii) os cabos de guarda destinados à proteção dos equipamentos da área externa da subestação/cabine contra descargas atmosféricas;
- (iii) os para-raios, tanto dos circuitos de corrente alternada quanto dos circuitos de corrente contínua;
- (iv) as massas metálicas (tensão reduzida a zero) de todos os equipamentos da subestação na área externa e na área abrigada.

1.11.1.8 Projeto

Para execução do projeto, os parâmetros do solo deverão ser obtidos mediante ensaios e medições em campo, no local em que a subestação/cabine está implantada.

O projeto será realizado em consonância com Normas brasileiras e internacionais que regem o assunto, tanto no que diz respeito aos materiais empregados quanto aos aspectos de metodologia de cálculo e critérios de segurança de equipamentos, instalações e pessoas, devendo as tensões de toque e de passo estarem dentro de valores estabelecidos na IEEE 80, em sua versão mais recente.

A corrente a ser considerada no projeto da malha de terra será a obtida junto à Concessionária de energia forma oficial, que deverá informar a capacidade de curto-circuito da



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

linha de alimentação no local estabelecido para implantar a subestação. Esta capacidade de curto-circuito deverá contemplar as ampliações futuras no sistema de suprimento de energia da CONCESSIONÁRIA.

A malha de terra será projetada para suportar as correntes de curto-circuito à terra durante o tempo necessário à atuação das proteções da subestação/cabine no sentido de interromper as correntes de falta à terra.

A seção mínima dos cabos da malha de terra será de 120 mm² por questões de robustez mecânica, independentemente da seção determinada a menor pelo dimensionamento elétrico.

No memorial de cálculo da malha de terra, todos e quaisquer cálculos utilizados para o dimensionamento e quantificação dos materiais serão evidenciados e demonstrados na sequência lógica em que forem realizados.

Serão confeccionados desenhos mostrando, no mínimo, a malha de terra em planta, com a localização de todos os cabos que a constituem, locais de cravação de hastes e de poços de inspeção além de detalhes de conexões da própria malha e desta com os equipamentos da subestação/cabine.

Em volta da casa de equipamentos, o projeto deverá estabelecer a instalação de quatro tomadas de terra constituídas de três hastes de aço cobreado enterrados no solo, com 3/4" de diâmetro e 4 m a 5 m de comprimento. As extremidades superiores das hastes serão conectadas entre si por barras ou cabos de cobre com seção mínima de 250 mm². As tomadas de terra também serão ligadas entre si e o restante da malha de terra mediante conexões realizadas com soldas exotérmicas ou conexões prensadas. Serão previstos poços para inspeção e medição de resistência da malha de terra.

Deverão ser minimizadas as tensões de passo e toque perigosos no entorno/acessos da Subestação/Cabine, onde poderão acontecer a circulação de usuários em suas proximidades.

1.11.1.9 Instalação

A instalação do reforço, adequação e ampliação da malha de terra será realizada mediante a cravação de hastes e lançamento de cabos, em valetas dispostas longitudinal e transversalmente no terreno da subestação/cabine, em profundidade a ser determinada pelo projeto.

As conexões entre os cabos principais, secundários e de derivação para os equipamentos, serão realizadas pelo processo de soldas exotérmicas ou conexões prensadas.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Todas as hastes da malha de terra serão conectadas aos cabos por meio de soldas exotérmicas ou conexões prensadas.

As conexões dos cabos de derivação da malha com os equipamentos serão realizadas com conectores apropriados que possuam pelo menos dois parafusos.

Após a instalação da malha de terra, ou seja, lançamento de todos os cabos, cravação de todas as hastes e execução das conexões, o fechamento das valas será realizado com a deposição e apiloamento de sucessivas camadas de terra limpa e isenta de detritos.

Concluído o fechamento e compactação das valas, o terreno será nivelado e preparado para receber como acabamento em toda área da subestação, uma camada de brita número 2 com espessura mínima de 15 cm.

1.11.1.10 Testes da Malha de Terra

Antes da subestação ou cabine ser colocada em serviço, a malha de terra será submetida aos testes listados abaixo, com o objetivo de verificar se ela foi projetada e construída segundo as prescrições das Normas utilizadas. (Os testes serão realizados segundo a IEEE 81 em sua versão mais recente).

- (i) medição de resistência ôhmica da malha de terra, utilizando o método volt-amperimétrico;
- (ii) medição de potencial de toque nas estruturas metálicas dos equipamentos e cercas metálicas quando houver;
- (iii) medição de potencial de passo nas proximidades dos portões de entrada e nas submalhas da malha principal;
- (iv) medição do gradiente de potencial, considerando pelo menos 8 (oito) pontos (ou mais) nos diferentes sentidos (longitudinal, transversal e diagonal) em relação à malha principal. os pontos de medição serão tomados a cada 1 (um) metro a partir da malha principal;
- (v) medição da resistividade do solo em 4 (quatro) pontos da malha principal (método Wenner);
- (vi) medição do potencial de transferência nos equipamentos localizados a uma distância de até 4 (quatro) vezes a maior diagonal da malha principal.

Para a realização dos testes na malha de terra, os seguintes cuidados serão tomados:



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (i) o cabo guarda da linha de transmissão que supre a subestação deverá estar desligado do cabo guarda da subestação;
- (ii) a subestação deverá estar desligada para evitar interferência nas leituras.

1.12 Sistema de alimentação para iluminação e tomadas indoor

Deverão ser previstas iluminação e tomadas, toda a infraestrutura necessária para o sistema de telefonia externa, interna, informática e intercomunicador.

1.12.1 Descritivo Funcional

1.12.1.1 Sala técnica

O sistema de iluminação interna normal e de emergência, basicamente, será constituído de luminárias para lâmpadas fluorescentes (normal) e incandescentes (balizamento/emergência), do tipo aparente ou embutido, do tipo pendente ou não, de acordo com o PROJETO EXECUTIVO.

Na sala de baterias da sala técnica, serão utilizadas luminárias à prova de explosão (normal e balizamento/emergência) e o interruptor ficará localizado no lado de fora da área classificada, devendo a tubulação (na entrada desta área) ser protegida através de selo à prova de explosão.

Na sala do depósito de inflamáveis, prever somente iluminação à prova de explosão.

1.12.1.2 Área externa

Para iluminação das áreas externas (a prova de tempo, gases, vapores e pó), deverão ser utilizadas luminárias com lâmpadas vapor de sódio (controladas por relés fotoelétricos) e luminárias para balizamento/emergência, montadas em postes metálicos, e/ou diretamente nos pórticos de montagem dos equipamentos de alta ou média tensão.

1.12.1.3 Tomadas

De modo geral, nas diversas áreas da sala técnica, deverão ser previstas tomadas de uso geral, bifásicas e monofásicas de 10 A e 16 A, tensão de 220 Vca e 127 Vca, respectivamente, conforme estabelecidas na norma NBR 5410.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Na sala de ferramentas e sala de equipamentos, para uso da manutenção, disponibilizar tomadas específicas - trifásicas de 32 A (3P+T) – 220 Vca.

Na área externa, deverão ser previstos conjuntos de tomadas (monopolar, bipolar e tripolar) instalados em painel (uso ao tempo).

1.13 Sistema de proteção contra descargas atmosféricas – SPDA

1.13.1 Sala técnica

Na edificação da sala técnica, deverá ser instalado o sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, de acordo com os seguintes itens:

Captore:

- (i) nas edificações, ao nível da cobertura, o método a ser utilizado para proteção será do tipo gaiola de Faraday constituída de condutores metálicos ou até de elementos naturais (coberturas metálicas) de acordo com as definições da norma NBR 5419. Na fixação dos condutores, não será necessária a utilização de espaçadores dotados de isoladores;
- (ii) requisitos mínimos para especificação de materiais dos captore;
 - a. cabo ou barra chata de aço zincado por imersão a quente, de seção nominal mínima de 70 mm².

Descidas:

- (i) os condutores de descidas não naturais e não isolados, salvo quando não recomendado por norma ABNT, poderão ser instalados nas superfícies de pilares, através de condutores metálicos. Os cabos de descida serão protegidos contra danos mecânicos e choques elétricos (eletrodutos Ø2”), acima do nível do piso acabado e, normalmente, ser provido de uma conexão de medição;
- (ii) preferencialmente, em obra de concreto pré-moldado ou moldado in-loco, como alternativa de instalação de condutor de descida, uma barra (vergalhão) exclusiva de aço poderá estar embutida nos pilares com placa de aço inox ou latão (“insert”) nas extremidades (ponto de interligação inferior e superior);
- (iii) requisitos mínimos para especificação de materiais de descidas;



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

- a. cabo ou barra (chata ou vergalhão) de aço zincado por imersão a quente, de seção nominal mínima de 70 mm².

Aterramento:

- (i) os condutores de aterramento serão constituídos de cabo de cobre nu, tempera meio dura, dispostos em anel distante pelo menos a 1 m da estrutura lado externo (diretamente enterrados). Hastes de aterramento deverão ser distribuídas de forma uniforme ao longo do perímetro da malha de aterramento;
- (ii) as conexões de condutores serão por meio de solda exotérmica. Eventuais conectores serão admitidos somente para casos justificados (acesso para medição ou necessidade de isolar o aterramento);
- (iii) prever caixas de inspeção de aterramento, obrigatoriamente em locais de derivação/interligação de condutores de aterramento e em casos de utilização de conectores para medição.
- (iv) para efeito de equalização de potencial, em um ponto comum, a malha de terra do SPDA deverá estar conectada e interligada com malha de terra do sistema elétrico;
- (v) as armaduras de aço embutidas nas fundações da obra civil deverão ser conectadas e interligadas à malha de terra do SPDA;
- (vi) requisitos mínimos para especificação de materiais de aterramento;
 - a. cabo de cobre nu, formado por fios de cobre eletrolítico encordoamento classe 2, tempera meio dura. Seção nominal mínima de 95 mm²;
 - b. haste de aterramento de aço-cobreado, de alta camada, Ø3/4" x 3,00 m (conforme NBR 13571).

1.13.2 Área externa

Na área externa da Subestação ou Cabine, deverá ser instalado o sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, de acordo com os seguintes itens:

Captadores:



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (i) quando existentes, ao nível superior dos pórticos (área de equipamentos externo), o método a ser utilizado para delimitar o volume de proteção dos captores será o eletro-geométrico (esfera rolante). Serão constituídos de captores formados por hastes e condutores metálicos combinados de acordo com as definições da norma NBR 5419 e prescrições da Concessionária de energia local;
- (ii) demais áreas (externa) não protegidas, utilizando-se o mesmo método, deverão ser considerados ou complementados meios de proteção contra descargas atmosféricas visando a segurança das instalações e das pessoas;
- (iii) dependendo da área de risco do volume a ser protegido, outros métodos poderão ser empregados de acordo com a norma ABNT NBR 5419;
- (iv) os cabos guardas das entradas de linhas de alta tensão deverão ser interligados aos captores de proteção contra descargas atmosféricas da Subestação;
- (v) para os engates e as fixações dos captores formados por hastes tubulares e cabos de aço, deverão ser utilizadas as furações ortogonais previstas nos topos dos pórticos;
- (vi) requisitos mínimos para especificação de materiais dos captores:
 - a. haste tubular de aço zincado por imersão a quente, sem costura, diâmetro de 50 mm, schedule 40, comprimento conforme PROJETO EXECUTIVO;
 - b. cabo de aço zincado por imersão a quente, de diâmetro nominal mínimo Ø3/8", com formação de 7 fios de diâmetro nominal 3,05 mm, com peso aproximado de 0,406 kg/m e com carga de ruptura mínima de 6986 daN.

Descidas:

- (i) na superfície (lado externo) de cada coluna, deverá ser instalado condutor metálico de descida através de cabo ou barra de aço zincado por imersão a quente;
- (ii) os condutores de descida para fins de proteção contra descargas atmosféricas deverão ser exclusivos para essa finalidade e independentes dos condutores para fins de aterramento;
- (iii) os cabos de descidas, logo acima do nível do piso acabado, deverão ser providos de conexões para fins de isolamento ou medição da malha de terra;



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (iv) nas superfícies das colunas, equipadas com porcas alinhadas na vertical e devidamente espaçadas, serão instalados conectores para fixação exclusiva dos condutores de descidas do SPDA;
- (v) nas abas de reforço das colunas (pórticos estruturais), no caso específico de seção duplo T, os condutores de descidas passarão através das furações alinhadas na vertical;
- (vi) em pórtico estrutural, como alternativa de instalação de condutor de descida, uma barra (ou vergalhão) de aço poderá estar embutida no pórtico e a mesma ser dotada de placas de aço inox ou latão (com duas porcas 2 NEMA para conexão) nas extremidades do condutor (pontos de interligações na base inferior e no topo);
- (vii) requisitos mínimos para especificação de materiais de descidas:
 - a. Cabo de seção nominal mínima de 70 mm² ou equivalente para barra chata de aço zincado por imersão a quente.

Aterramento:

- (i) a malha de aterramento a ser utilizada para o SPDA da área externa de equipamentos será aquela prevista para o sistema elétrico, conforme item deste documento;
- (ii) nos pontos de descidas, deverão ser previstos rabichos exclusivos através da malha de terra para interligação com os condutores de descidas utilizados para proteção contra descargas atmosféricas;
- (iii) requisitos mínimos para especificação de materiais de aterramento (rabichos):
 - a. Cabo de cobre nu, formado por fios de cobre eletrolítico encordoamento classe 2, têmpera meio dura. Seção nominal mínima de 95 mm².

1.13.3 Documentos Técnicos

Farão parte do projeto elétrico, basicamente, os produtos gráficos e de texto como segue:

- (i) implantação, em escala conveniente, permitindo uma visualização, identificação e localização clara do local de instalação da proteção do SPDA;



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

- (ii) plantas das coberturas das edificações objeto do projeto (sala técnica e área de equipamentos externo), em escalas convenientes, permitindo uma visualização, identificação e localização clara dos materiais (hastes e cabos captadores, etc.) e todos os acessórios de conexão, com respectivos pontos de descidas e aterramentos;
- (iii) cortes e detalhes gerais de instalação do SPDA;
- (iv) memória de cálculo, incluindo nível de proteção, conforme normas da ABNT e Concessionária de energia local;
- (v) memorial descritivo;
- (vi) listas de materiais.

Observações:

- (i) preferencialmente, os condutores a serem utilizados nos captadores e nas descidas (condutores aparentes) deverão ser de material de baixa aceitação comercial, do tipo cabo ou barra de aço zincado por imersão a quente ou equivalente;
- (ii) onde existente e aplicável de acordo com a norma NBR 5419, em instalações dotadas de estrutura metálica, os pilares metálicos poderão ser aproveitados como condutores de descida naturais;
- (iii) os riscos de corrosão de materiais provocados pelo meio ambiente, pela junção de metais diferentes, entre outros fatores presentes, deverão ser cuidadosamente estudados e considerados no projeto e instalação do SPDA;
- (iv) todos os materiais e acessórios deverão possuir características para uso ao tempo;
- (v) instalações não condutoras de energia (massas metálicas como estruturas, postes, portões, etc.) deverão ser interligadas e conectadas ao sistema de aterramento;
- (vi) todos os condutores elétricos (cabos, conectores, etc.), desde os captadores até a malha de terra, deverão ser dimensionados de tal forma a oferecer a menor impedância e resistência elétrica possível;



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (vii) nos casos eventuais não previstos neste documento deverão ser observadas as prescrições que constam da norma NBR 5419;
- (viii) os testes, os ensaios e as inspeções do SPDA deverão ser realizados como prescritos na norma NBR 5419 e instruções da Concessionária de energia local;
- (ix) apresentar laudo técnico da instalação do SPDA, devidamente assinado por engenheiro eletricista responsável.

1.14 Conduto em geral, leito, eletroduto, perfilado, eletrocalha e acessórios

1.14.1 Características Técnicas – Condutos em Geral

Em seguida encontram-se especificados os requisitos gerais a serem observados para os condutos aplicados em instalações elétricas de média e baixa tensão, para fins de proteção e acomodação de condutores em geral, nos casos previstos de acordo com as Normas NBR 5410 e NBR 14039.

Os serviços de instalação de condutos incluem os acabamentos em geral como ligações com buchas, arruelas e flanges; fixações com abraçadeiras e em suportes; execuções de emendas e caixas de passagens; sinalizações de segurança; realização de aberturas e fechamentos em embutidos etc.

Todos os condutos e caixas de passagens metálicos deverão ser adequadamente aterrados.

Todas as partes metálicas envolvidas na instalação de condutos como suportes em geral, parafusos, arruelas, porcas, chumbadores etc., deverão possuir tratamento com processo de zincagem por imersão à quente ou ser de material com características específicas contra corrosão (exemplo: aço inox).

Na área externa da subestação, para cada conjunto de TPs, TCs, chaves seccionadoras e disjuntores, serão previstas caixas de passagens blindadas em alumínio específicas para uso ao tempo. Para os equipamentos de medição da Concessionária de energia, os condutos serão independentes (exclusivos) e as caixas de passagens terão meios para colocação de selo de lacração.

Onde necessários acabamentos através de conexões de eletrodutos aos painéis, aos armários, às caixas, aos equipamentos, entre outras partes recomendadas (juntas de dilatação, locais de vibrações, desníveis, junções de peças móveis etc.), serão utilizados eletrodutos metálicos flexíveis com fita de aço zincado e capa externa de polivinil clorídrico extrudado (PVC),



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

à prova de tempo, dotados de conectores rosqueados zincados por imersão à quente (rosca BSP).

Na área externa, na etapa de montagem e instalação, serão tomados os cuidados para evitar a infiltração de umidade nas junções dos eletrodutos rígidos ou flexíveis (não serão aceitas soluções complementares, como colas de silicone, pinturas etc.).

Quando justificado a instalação de condutores em áreas acessíveis, os mesmos serão colocados fora de alcance, prevendo-se todas as medidas de proteção complementar aplicáveis e necessárias como barreiras, invólucros, fechamentos, compartimentação etc., visando a garantia da segurança na parte exposta da instalação (contrachocos mecânicos, resistência ao fogo, contra perfuração dos condutores etc.).

Em salas técnicas (instalação aparente), visando o aspecto de uniformização, será adotado somente um tipo de eletroduto (alumínio ou zincado) para os diversos subsistemas (iluminação, tomada, detecção de incêndio, telefonia, informática etc.)

1.14.2 Perfilados Metálicos e Acessórios

Aplicação: Instalação elétrica aparente, uso interno, em sala técnica da subestação/cabine.

Os perfilados e acessórios deverão atender as prescrições das Normas NBR 6323, NBR 7008, NBR 7013, NBR 7397, NBR 7398, NBR 7399 e NBR 7400, da ABNT.

Na fabricação dos perfilados e acessórios, serão consideradas no mínimo as seguintes características técnicas:

- (i) os perfilados e as junções serão fabricados em chapas de aço SAE 1008/1010/1020, espessura mínima de 1,98 mm (14 MSG). Com dois furos nas extremidades, tipo liso ou perfurado, conforme PROJETO EXECUTIVO;
- (ii) a tampa de fechamento dos perfilados será por pressão em chapa de aço SAE 1008/1010/1020, espessura mínima de 0,95 mm (20 MSG), de mesmo acabamento que os perfilados. A sua fixação nos dutos poderá ser feita através de travamento interno ou externo;
- (iii) cortes, dobras e furos serão efetuados com máxima precisão sem deixar rebarbas ou irregularidades;
- (iv) os perfilados e os acessórios serão protegidos por zincagem à quente ou por processo contínuo de imersão à quente, revestimento "B" com mínimo de



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

18 micrometros de zinco por face (depósito de 260 g/m²), conforme normas NBR 6323 ou NBR 7008 e NBR 7013, salvo se indicado de outra maneira;

(v) dimensões típicas (largura x altura x comprimento), em milímetros, conforme PROJETO EXECUTIVO:

- a. 38x19x (3000 ou 6000);
- b. 38x38x (3000 ou 6000);
- c. 76x38x (3000 ou 6000).

1.14.3 Leitos Metálicos e Acessórios

Aplicação: Instalação elétrica aparente, uso interno em sala técnica ou uso ao tempo em equipamentos da área externa, incluindo para instalação interna em canaletas ou porão de cabos, da subestação/cabine.

Os leitos e acessórios atenderão as prescrições das Normas NBR 6323, NBR 7008, NBR 7013, NBR 7397, NBR 7398, NBR 7399 e NBR 7400, da ABNT.

Na fabricação dos leitos e acessórios, serão consideradas no mínimo as seguintes características técnicas:

- (i) as travessas dos leitos serão fabricadas em chapas de aço SAE 1008/1010/1020, espessura mínima de 1,98 mm (14 MSG), em perfilado perfurado com abas 38x19 mm, zincadas por processo de imersão à quente;
- (ii) as travessas serão fixadas nos leitos para cabos pelo processo de cravação, alternadamente, com abertura voltada para cima e para baixo, distanciadas de 250 mm;
- (iii) as longarinas dos leitos (aba externa) para cabos serão fabricadas em chapas de aço SAE 1008/1010/1020 de espessura mínima de 2,78 mm (12 MSG), em perfil "U" de 75x19 mm ou 100x19 mm, zincadas por processo de imersão à quente, conforme PROJETO EXECUTIVO. Com dois furos na extremidade, podendo ser reforçados (quatro furos), conforme PROJETO EXECUTIVO;
- (iv) os acessórios para leitos de cabos serão fabricados em chapas de aço SAE 1008/1010/1020 de espessura mínima de 2,78 mm (12 MSG), zincados por processo de imersão quente, de mesmo acabamento empregado nos leitos;
- (v) o acabamento dos leitos será perfeito, sem rebarbas, sinais de abalroamentos, empenamentos, desalinhamentos, imperfeições nos furos ou qualquer



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

irregularidade que possa ocasionar deterioração prematura ou imperfeição na instalação;

- (vi) poderão ser utilizadas chapas pré-zincadas pelo processo contínuo de imersão à quente, revestimento “B” com no mínimo de 18 micrometros por face (260 g/m²), de acordo com as normas NBR 7008 e NBR 7013;
- (vii) cortes, dobras e furos serão efetuados com máxima precisão sem deixar rebarbas ou irregularidades;
- (viii) dimensões típicas (largura x altura x comprimento), em milímetros, conforme PROJETO EXECUTIVO:
 - a. 300x (75 ou 100) x3000;
 - b. 400x (75 ou 100) x3000;
 - c. 500x (75 ou 100) x3000;
 - d. 600x (75 ou 100) x3000;
 - e. 800x (75 ou 100) x3000.

1.14.4 Eletrodutos de PVC Rígido e Acessórios – Classe B

Aplicação: Instalação elétrica embutida em piso, parede e laje de teto, de uso interno em sala técnica da subestação/cabine.

Na fabricação os eletrodutos de PVC – cloreto de polivinila - rígida classe B, tipo roscável, seção circular, seguirão as prescrições da norma NBR 15465, NBR 6233, NBR 5680, NBR 5683 e NBR 5687, da ABNT.

Na fabricação dos eletrodutos de PVC e acessórios, serão consideradas, no mínimo, as seguintes características técnicas:

- (i) os eletrodutos apresentarão superfícies internas e externas isentas de irregularidades, saliências, reentrâncias e não ter bolhas e nem vazios;
- (ii) os eletrodutos serão implantados em barras com comprimento de 3 metros, com rosca externa BSP nas duas extremidades. Para emendas, deverão ser utilizadas luvas com rosca interna BSP em uma das extremidades da barra;



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

- (iii) os eletrodutos, luvas e as curvas serão implantados na cor preta e com a propriedade de auto extinção do fogo. As roscas deverão ser BSP, conforme prescrições da norma NBR NM ISO7-1 da ABNT;
- (iv) as curvas serão fabricadas no mesmo material empregado nos eletrodutos. O diâmetro externo e espessura da parede deverão ser os mesmos adotados para os eletrodutos;
- (v) os eletrodutos trarão marcados, de forma bem visível e indelével, a marca do fabricante, diâmetro nominal, classe e os dizeres: eletroduto de PVC rígido;
- (vi) diâmetros nominais típicos, conforme PROJETO EXECUTIVO:
 - a. 3/4" (20 mm); 1" (25 mm); 1.1/2" (40 mm); 2" (50 mm); 3" (80 mm); 4" (100 mm).

1.14.5 Eletrodutos de Aço e Acessórios

Aplicação: Instalação elétrica aparente e embutida, uso interno em sala técnica ou uso ao tempo em equipamentos da área externa, da subestação/cabine.

Na fabricação os eletrodutos rígidos de aço carbono zincados por imersão à quente, semipesados, atenderão as prescrições da norma NBR 5598 e NBR 5624, da ABNT.

A rosca nos eletrodutos, curvas e luvas deverão ser BSP e de acordo com as prescrições das Normas NBR NM ISO 7-1 e NBR 8133, da ABNT.

Na fabricação dos eletrodutos de aço e acessórios, serão consideradas no mínimo as seguintes características técnicas:

- (i) os eletrodutos poderão ser implantados com rosca BSP ou sem rosca nas extremidades (como definido no PROJETO EXECUTIVO);
- (ii) os eletrodutos com rosca serão isentos de rebarbas, com costura removida, e ser providos de roscas BSP em ambas as extremidades;
- (iii) os eletrodutos com rosca serão implantados com uma luva galvanizada em uma das extremidades, e a outra ser devidamente protegida com material plástico apropriado (tipo tampão). A barra será de comprimento de 3 (três) metros;
- (iv) as luvas serão fabricadas em aço carbono, ser galvanizadas da mesma forma que os eletrodutos e ser isentas de imperfeições superficiais. As faces internas de ambas as extremidades deverão ser chanfradas;



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (v) as curvas serão fabricadas em aço carbono, inclusive com tratamento de galvanização da mesma forma que os eletrodutos, conforme NBR 6600. O diâmetro externo e a espessura da parede deverão ser os mesmos adotados para os eletrodutos;
- (vi) os eletrodutos e as curvas sem rosca terão as mesmas características dos eletrodutos com roscas descritas acima;
- (vii) os eletrodutos e os acessórios serão protegidos por zincagem por imersão à quente, interna e externamente, conforme normas NBR 7008 e NBR 7013, da ABNT;
- (viii) os eletrodutos e as curvas trarão marcados de forma bem visível e indelével a marca do fabricante, diâmetro nominal, nº da norma e tipo do eletroduto;
- (ix) as caixas de passagem (tipo TGVP), tamanho normal ou grande, saídas sem rosca, serão construídas em liga de alumínio fundido e as superfícies tanto internas como externas deverão ser livres de irregularidades e saliências, providas de guarnições em borracha, tampa de alumínio estampada fixada por parafusos, conforme Normas NBR IEC 60670-1 e NBR 5431, da ABNT;
- (x) observação: Para utilização em instalação de condutores classe de tensão 1 kV, as caixas serão necessariamente de tamanho tipo grande;
- (xi) para a fixação de eletrodutos (diretamente em parede/teto), as braçadeiras com respectivos berços serão fabricadas em liga de alumínio fundido com elevada resistência mecânica e a corrosão, sem tratamento superficial, isentas de rebarbas e arestas cortantes;
- (xii) para a fixação de eletrodutos (base em perfilado), as braçadeiras serão do tipo “perfil”, fabricado em chapa de aço galvanizado, com todos os acessórios de fixação;
- (xiii) diâmetros nominais típicos, conforme PROJETO EXECUTIVO:
 - a. 3/4” (20 mm), 1” (25 mm), 1.1/2” (40 mm), 2” (50 mm), 3” (80 mm), 4” (100 mm), 5” (125 mm)

1.14.6 Eletrodutos de Alumínio e Acessórios

Aplicação: Instalação elétrica aparente em sala técnica (uso somente em área interna) da subestação ou cabine.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Na fabricação os eletrodutos de alumínio extrudado e curvas seguirão as prescrições da Norma NBR 14334 da ABNT.

Na fabricação dos eletrodutos de alumínio e acessórios, serão consideradas no mínimo as seguintes características técnicas:

- (i) os eletrodutos e curvas serão de seção circular, fabricados em liga de alumínio resistente a corrosão, extrudados, schedule 40;
- (ii) os eletrodutos apresentarão superfícies internas e externas isentas de irregularidades, saliências, reentrâncias e rebarbas;
- (iii) os eletrodutos serão implantados em barras de comprimento de 3 metros, sem roscas nas extremidades, com tampão de PVC nas extremidades, e para emenda serão utilizadas luvas sem rosca em alumínio;
- (iv) os eletrodutos permitirão confecção de curvas, com facilidade, sem causar estrangulamento na seção interna, utilizando máquinas hidráulicas usuais para esse fim;
- (v) as caixas de passagem (tipo TGVP), tamanho normal ou grande, saídas sem rosca, serão construídas em liga de alumínio fundido e as superfícies tanto internas como externas deverão ser livres de irregularidades e saliências, providas de guarnições em borracha, tampa de alumínio estampada fixada por parafusos, conforme Normas NBR/IEC 60670-1 e NBR 5431, da ABNT;
- (vi) observação: Para utilização em instalação de condutores classe de tensão 1 kV, as caixas serão necessariamente de tamanho tipo grande
- (vii) para a fixação de eletrodutos, as braçadeiras com respectivos berços serão fabricadas em liga de alumínio fundido com elevada resistência mecânica e a corrosão, sem tratamento superficial, isentas de rebarbas e arestas cortantes, com todos os acessórios de fixação;
- (viii) diâmetros nominais típicos, conforme PROJETO EXECUTIVO:
 - a. 3/4" (20 mm); 1" (25 mm); 1.1/2" (40 mm); 2" (50 mm); 3" (80 mm); 4" (100 mm)

1.14.7 Eletroduto Corrugado e Flexível

Aplicação: Instalação embutida no piso (subterrâneo), uso em área externa da



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

subestação/cabine.

Na fabricação os eletrodutos corrugados flexíveis seguirão as prescrições das Normas: NBR 13897 e NBR 13898, da ABNT em vigor.

Na fabricação dos eletrodutos corrugados e acessórios, serão consideradas no mínimo as seguintes características técnicas:

- (i) serão fabricados em polietileno de alta densidade, cor preta, seção circular, com corrugação helicoidal, flexível e impermeável. Serão resistentes a abrasão, a compressão diametral e a impacto, e às substâncias químicas encontradas no solo;
- (ii) as paredes internas e externa do duto serão corrugadas, com as ondulações dispostas de forma espiralada, objetivando diminuir os esforços de puxamento de cabos e aumentar a flexibilidade para curvatura do duto;
- (iii) deverá conter no seu interior, em toda extensão, arame guia de aço galvanizado e revestido em PVC para suportar um esforço de tração mínima de 50 kgf;
- (iv) serão implantados e acompanhados de fitas de aviso “CUIDADO! PERIGO! CABO DE ALTA TENSÃO”;
- (v) tampão, terminal e conexão, de seção roscável, de mesmo material que o eletroduto corrugado;
- (vi) cone em borracha, de seção circular roscável;
- (vii) anel de vedação em borracha, de seção circular;
- (viii) diâmetros nominais típicos, conforme PROJETO EXECUTIVO:
 - a. 2” (50 mm), 3” (75 mm), 4” (100 mm), 5” (125 mm) e 6” (150 mm).

1.15 Obras civis e eliminação de interferências

A implantação da subestação ou cabine, quanto à elaboração e apresentação do PROJETO EXECUTIVO das obras civis, bem como na execução delas, deverá atender o estabelecido no presente documento. Serão abrangentes tanto para projetos novos como remodelações e ampliações.

A Subestação ou Cabine terá “outdoor” e “indoor” do tipo compacto.

O projeto das instalações da Subestação ou Cabine atenderá aos órgãos públicos, tais



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

como a Prefeituras, EMURB, SABESP, TELEFÔNICA etc., e as diretrizes básicas estabelecidas nos itens a seguir.

A CONCESSIONÁRIA será a responsável pela aprovação do projeto e pela obra perante a Prefeitura, EMURB, SABESP, TELEFÔNICA e demais órgãos públicos: Federal e Estadual, bem como da documentação necessária para aprovação e licenciamento junto às autoridades com jurisdição específica. É também de responsabilidade da CONCESSIONÁRIA a obtenção de todas as Licenças, Autorizações, Alvarás e outros documentos necessários para execução da obra e bem como a obtenção de todas as Certidões dos Órgãos: Federal, Estadual (se necessário) e Municipal.

Todo o material utilizado deverá obedecer, quanto à fabricação e testes, às recomendações das Normas ABNT. Para os pontos não abordados pelas Normas ABNT e por este documento, devem ser adotadas as normas das entidades relacionadas na sequência em que se apresentam.

1.15.1 Diretrizes Básicas

O arranjo básico dos equipamentos das subestações/cabines deverá abrigar e atender todos os requisitos operacionais exigidos pelos equipamentos ofertados e especificados neste documento e o PROJETO BÁSICO arquitetônico, acompanhado de memorial descritivo das instalações e materiais a serem empregados.

1.15.2 PROJETO EXECUTIVO

O PROJETO EXECUTIVO abrange a arquitetura, construção civil, hidráulica e compreende, entre outros documentos, a apresentação de:

- (i) levantamento cadastral de ocupação do solo;
- (ii) plano de sondagem;
- (iii) projeto de terraplenagem;
- (iv) projeto do sistema de drenagem;
- (v) plantas de locação dos equipamentos, aberturas e furações, peças metálicas embutidas no concreto primário, prumadas para sistemas elétricos, de comunicação e hidráulicos, canaletas, estruturas, caixas de passagem, dutos, base / bacia coletora / caixa separadora de águas + óleo dos transformadores,



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

trilhos de rolamento até o limite de propriedade do lado externo do pátio da subestação, morto e arruamento;

- (vi) projeto das bases e fundações para os equipamentos da subestação ou cabine, incluindo os pórticos de concreto e metálico;
- (vii) projeto de forma e armação das canaletas, muros de arrimos, caixas de passagem, paredes corta-fogo, base / bacia coletora / caixa separadora de água + óleo dos transformadores, apoio dos trilhos de rolamento / para o arraste do transformador montado até o limite de propriedade do lado externo do pátio da subestação e bem como os pontos de fixação (morto) do equipamento para arraste, nas diversas posições de mudança de direção;
- (viii) projeto arquitetônico dos Edifícios;
- (ix) projeto estrutural dos Edifícios;
- (x) projeto das instalações hidráulicas e sanitárias;
- (xi) projeto de alimentação para iluminação e tomadas indoor e outdoor;
- (xii) projeto de arruamento (interno e externo), muros, grades e portões;
- (xiii) projeto do sistema de detecção, alarme e combate a incêndio;
- (xiv) projeto completo de Sistema de Proteção de Descarga Atmosféricas - SPDA (sala de equipamentos, indoor e outdoor;
- (xv) projeto de forma e armação das caixas de passagem das redes de dutos e dos próprios dutos, inclusive as de interligações externas do pátio da subestação/cabine com a Sala Técnica da Estação;
- (xvi) projeto estrutural, se necessário, para a rede de dutos nas interfaces com outros sistemas tais como Telefônica, COMGÁS etc.;
- (xvii) todas as memórias de cálculo relativas ao dimensionamento dos projetos supracitados, inclusive a de conforto ambiental, levando-se em consideração a elevação de temperatura devido à geração de energia dissipada pelos equipamentos.

1.15.3 Arquitetura

Dentre os critérios a serem observados na elaboração dos projetos serão incluídos:



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (i) utilização de sistema construtivo adequado a uma maior racionalização da construção, considerando as seguintes áreas internas da edificação: sala técnica de equipamentos, sala de ferramentas, sala da manutenção, sala de operação centralizada, copa, vestiário/sanitário/banho masculino e feminino, baterias e depósito;
- (ii) prever somente a utilização de materiais incombustíveis;
- (iii) na elaboração do projeto arquitetônico devem também ser observadas as recomendações da Norma NBR 13231 – ABNT;
- (iv) utilização de materiais de acabamento que viabilizem a instalação de equipamentos futuros sem que estes materiais se danifiquem. Na escolha dos materiais a serem empregados, são desejáveis que eles tenham as seguintes características.

1.15.4 Pisos

O piso no indoor da subestação/cabine será isolante, material de alta resistência, monolítico, com juntas adequadas e antipoeira, e nas áreas molhadas, pisos cerâmicos.

O piso da sala onde serão instalados os cubículos deverão estar totalmente nivelados, para não comprometer a operação dos disjuntores de média tensão e de 3 kVcc que são extraíveis e também os demais painéis e equipamentos. Para obter um bom nivelamento do piso, recomenda-se embutir, no acabamento dele, dois perfis “U”, sendo um na parte frontal e outro na posterior, para auxiliar na execução.

1.15.5 Esquadrias

Perfis extrudados de alumínio do tipo pesado para uso industrial, anodizados, dimensionados para os vãos projetados.

1.15.6 Grades e Fechamentos

Perfis tubulares de aço e tela rígida, acabamento galvanizado por imersão à quente.

1.15.7 Paredes Internas



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Serão revestidas para acabamento a pintura; nas áreas molhadas e salas de baterias, com azulejos até o teto; o concreto aparente será tratado com silicone.

1.15.8 Paredes Externas

Nos casos de panos de revestimentos, eles serão acabados para receber pintura.

Os elementos de concreto aparente serão tratados com silicone.

As paredes onde estão faceadas e ou nas proximidades de transformadores, por ocasião da elaboração do projeto, estas devem ser observadas as recomendações da Norma NBR 13231- ABNT. Será evitada a locação de janela nesta face da subestação.

1.15.9 Cobertura

Será laje de concreto estrutural maciço e cobertura metálica. As telhas devem ser duplas contendo material térmico incombustível entre as duas partes, constituindo um “sanduiche” (telha + isolante + telha), formando uma peça única. No ato da concepção do projeto da cobertura, deve-se evitar o uso de calhas para coleta de águas pluviais sobre a laje de cobertura e serão permitidas somente nos perímetros ou beirais da cobertura. Tanto as calhas e dutos de drenagem de águas pluviais como os telhados não serão executados de modo aparente na edificação (construída em forma de platibanda).

As telhas terão perfil trapezoidal 40 com espessura da chapa de 0,50 mm, serem zincadas por imersão à quente e pintura eletrostática na cor branca nas faces externas.

A estrutura suporte das telhas da cobertura será metálica com acabamento zincado por imersão à quente.

A laje será regularizada, impermeabilizada com manta asfáltica e uma camada de proteção mecânica com argamassa de cimento com 20 mm de espessura. Deverá também ser previsto drenagem desta área impermeabilizada, caso haja um eventual vazamento do telhado.

1.15.10 Elementos Vazados

Que garantam a devida ventilação.

A sala onde serão localizados os equipamentos internos (indoor) será concebida para ventilação natural; deverão ser realizados os cálculos térmicos envolvendo o aquecimento dos equipamentos instalados nesse ambiente, com os necessários volumes de trocas de ar por hora



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

para a ventilação natural; caso não se consiga os resultados satisfatórios deverá ser providenciado um sistema de ventilação forçada da sala (ventiladores, dutos metálicos e grelhas), com respectivo sistema de controle (manual e automático), cujos detalhes serão desenvolvidos durante o PROJETO EXECUTIVO.

Especial atenção será dada quanto à coordenação de espaços entre os sistemas de água fria, esgoto, drenagem e de combate a incêndio com os sistemas de energia, de modo a evitar interferências em caso de acidente.

Para tal, serão previstas prumadas específicas para os sistemas elétricos, independentes dos demais sistemas, bem como evitada a ocupação de espaços próximos entre estes sistemas sem as devidas precauções.

1.15.11 Tampas das Canaletas

No interior da sala elétrica, as tampas serão metálicas antiderrapantes, zincadas por imersão à quente, moduladas com facilidade de extração, e nos pontos de encaixe com o piso de concreto serão executados com inserts metálicos zincados por imersão à quente chumbados nas bordas da canaleta de maneira a garantir um perfeito encaixe / nivelamento entre tampa da canaleta e o piso acabado. Em cada módulo dos inserts metálicos possuirão meios para conexão ao sistema de aterramento.

1.15.12 Sanitário e Vestiários

Serão previstos independentes para os sexos masculino e feminino, com todos os metais e cerâmicas sanitárias.

1.15.13 Portas de acesso

Possuirão portas para acesso de equipamentos e pedestres. As de acesso para equipamentos possuirão dimensões compatíveis com os equipamentos instalados no seu interior, com inclusão de bandeiras removíveis superiores. Todas as portas possuirão abertura no sentido de fuga, ou seja, de dentro para fora.

As portas das salas operacionais como de ferramentais, manutenção, operação (supervisão), copa, vestiários/sanitários/banho possuirão acesso externo independente da sala técnica para equipamentos. Um corredor deverá interligar esse acesso à sala técnica.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

A porta de acesso com venezianas de ventilação para a sala de baterias será pelo lado externo da sala elétrica.

As portas, dobradiças e fechaduras nas paredes externas da edificação serão reforçadas, de padrão industrial.

1.15.14 Plano de Sondagem

As sondagens devem ser, no mínimo, de uma para cada 200 m² de área de projeção da edificação.

Em uma fase preliminar de estudos as sondagens devem ser igualmente distribuídas em toda a área. Na fase de PROJETO EXECUTIVO pode-se localizá-las de acordo com pormenores estruturais.

As sondagens deverão alcançar profundidade onde o solo não seja mais significativamente solicitado pelas cargas estruturais ou quando uma sondagem alcançar uma camada de solo de compacidade ou consistência elevada.

A estimativa da profundidade das sondagens deverá guiar-se pela NBR 8036. A norma complementar à NBR 8036, a ser consultada para apresentação dos resultados, é a NBR 6502.

1.15.15 Terraplenagem

O projeto de terraplenagem deverá estabelecer as cotas a serem atingidas e as inclinações de taludes de eventuais escavações temporárias, compatíveis com as condições dos solos existentes no local.

Serão definidas as áreas de escavação e re-aterro e serão estabelecidos os critérios de sua execução, contemplando as fundações da estrutura.

Para o estabelecimento da terraplenagem será levado em consideração o nível do lençol freático prescrevendo-se a drenagem temporária caso requerida.

Durante a elaboração do PROJETO EXECUTIVO, além do projeto de terraplanagem, devem também ser também obedecidos no detalhamento as seguintes recomendações:

- (i) as inclinações máximas deverão ser: para aterro de 33,7° (2:3) e corte de 45° (1:1). Em ambos os casos deverão receber um tratamento com plantio de vegetação ou outra tecnologia viável e normalizada;



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (ii) muro de arrimo quando o aterro e ou corte oferecerem perigo aos arredores sejam íngremes e com grau de inclinação superior aos valores acima;
- (iii) canaletas de drenagem no aterro/corte serão com redutor de velocidade da lâmina de água (tipo escada); quando o aterro/corte ultrapassarem um desnível superior a 20 m serão projetados um patamar.

1.15.16 Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem deverá assegurar o rápido escoamento das águas pluviais, a fim de evitar que a área fique inundada.

O sistema de drenagem superficial / profunda deverá abranger as instalações prediais do edifício (calhas, canaletas, condutores verticais e caixa de areia), as instalações de captação das águas precipitadas nas vias internas da área (bocas de lobo, canaletas de coleta com grelhas metálicas zincadas por imersão à quente, poços de visitas e condutores horizontais) e ainda, as instalações de descarga das caixas de passagens dos dutos elétricos e deverá cobrir toda a área da subestação/cabine.

Este projeto do sistema de drenagem deve estar compatível com o da drenagem do aterro/corte.

Todo o sistema de drenagem da área será conectado à rede de galerias de águas pluviais da Prefeitura Municipal local, prevendo para as interligações uma declividade tal de modo a evitar o refluxo das águas.

O sistema de drenagem será elaborado atendendo à Norma NBR 10844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais de ABNT e as recomendações da Prefeitura Municipal local e da CETESB sobre sistemas de drenagem urbana.

Para o dimensionamento, será utilizado para a chuva máxima de projeto o tempo de recorrência de 25 anos.

Nos pontos mais baixos da galeria ou caixa de passagem ou canaletas, onde for verificada infiltração e acumulação de água (exemplo: pluvial), se não dispor de meios naturais de drenagem, possuirão bombas e acessórios (painel de comando e controle – modo manual/automático, dutos etc.) para recalque de água.

1.15.17 Arruamento, Muros e Portões

Será previsto o acesso viário à subestação ou cabine, este acesso será entre Rua Municipal local ou Rodovia até a entrada da Subestação ou Cabine, será considerada a



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

necessidade para a passagem da carreta de transporte dos transformadores. As características de pista pavimentada e arruamento interno com piso articulado (largura, raio de curva, carga por eixo) serão fixadas de acordo com os requisitos das carretas e em função dos pesos dos equipamentos transportados. A largura mínima da pista será de 04 (quatro) metros e da faixa livre, de pelo menos 06 (seis) metros nos trechos retos. Para o transporte de equipamentos de menor porte serão previstas passagens para veículos leves, com largura mínima adequada e devidamente pavimentada.

Para a execução do acesso viário/arruamento, deverá ser preparado o subleito do pavimento efetuando, no mínimo, as seguintes operações: acerto do terreno, substituição de solo, compactação, drenagem onde necessário e outras que julgar necessário. No caso de acesso viário, serão executadas guias/sarjetas e drenagem.

Os muros e grades serão suficientemente altos, no mínimo de 2,2 m, de modo a evitar a invasão de pessoas sem auxílio de escada. Terão seu topo de forma triangular de modo a evitar que uma pessoa possa andar sobre os mesmos e serão complementadas e instaladas concertinas e cercas elétricas para evitar invasões.

Os portões serão projetados de forma a apresentar uma estrutura rígida, em duas ou mais folhas de chapas lisas metálicas, com dimensões apropriadas de modo a não obrigar o seu desmonte na entrada ou saída das carretas de transporte dos transformadores, sendo um portão exclusivo para uso operacional (entrada de pessoa) e dois portões para uso de serviços de transportes (no lado do viário e da via do trem). A cor dos portões será no padrão cinza Munsell N6,5.

No lado externo do muro será executado uma calçada de 1,50 m em todo o seu perímetro externo e nos portões de acesso. Esta calçada será no mínimo de 2,00 m e será estendida até em um metro além do raio de abertura dos portões.

1.15.18 Base/Bacia Coletora e Caixa Separadora de Água e Óleo de Transformadores

O projeto do conjunto da base e bacia coletora do transformador de potência será elaborado conforme a seguir descrito:

- (i) base - em concreto estrutural e o projeto de fundação deve atender ao levantamento da sondagem (considerando qualquer condição do solo). O projeto será elaborado de maneira a contemplar: base de apoio dos macacos para elevação do transformador; declividade/abertura para facilitar o escoamento do óleo + água até o ponto de descarga; berço para assentamento e chumbadores



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

zincados à quente para fixação dos trilhos nivelados de rolamento do transformador. Estes trilhos terão continuidade até o lado externo (limite de propriedade) do pátio da subestação e em cada ponto de mudança de direção será previsto um ponto de fixação (morto) do equipamento de arraste;

- (ii) bacia coletora - de óleo + água será abrangente a periferia do transformador, cujas dimensões deverão ser, no mínimo, 500 mm além da projeção do transformador e seus acessórios, inclusive o tanque de expansão:
- a. O fundo e as paredes das bacias serão de concreto armado, com espessura uniforme mínima de 10 cm e possuir um caimento mínimo de 5 %, de modo a assegurar o escoamento rápido de óleo até ponto de descarga, onde será instalada uma grade metálica em aço, com acabamento zincado por imersão quente. A bacia deverá ter capacidade de armazenar, no mínimo, um volume de óleo igual ao transformador e será preenchida até uma altura de 300 mm do topo da bacia com pedras brutas (matacão), 150 mm de brita nº 4 e o restante, até o nível do piso, com brita nº 2.
 - b. Visto a eventual utilização de água para abafamento e resfriamento em caso de incêndio (já com a subestação desenergizada) a instalação deverá atender a estas condições.
 - c. A caixa separadora será composta de duas celas, sendo a primeira de água + óleo e será projetado de maneira que o percurso do óleo + água dentro da caixa seja o mais longo possível no seu interior até o seu destino na parede do septo separador de água e óleo, para propiciar uma melhor separação das moléculas do óleo com a água e a segunda cela de água separada. O sistema separador será duplo (a primeira denominada cela de água + óleo e a segunda na cela de água já separada), sendo o primeiro na parede entre a cela água + óleo e cela com água já separada e a segunda na saída da água para o sistema de drenagem através de um sifão de ferro fundido instalado no interior da cela de água já separada. A caixa separadora de água/óleo será em concreto estrutural, impermeabilizada com material resistente ao óleo do transformador, com capacidade para armazenar a totalidade do óleo contido no equipamento de maior volume cuja bacia esteja nela interligada. Em cada compartimento da caixa deverá existir um rebaixo no fundo, para a instalação da bomba portátil. A



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

tubulação de interligação entre a bacia coletora e a caixa separadora de água e óleo será de ferro fundido e ter uma declividade superior de 5 %.

- d. Na elaboração do projeto e construção da bacia coletora e caixa separadora de água e óleo devem se conforme recomendações da Norma NBR 13231 – ABNT.

1.15.19 Estrutural da Parede Corta-fogo

O projeto estrutural deverá atender a todos os esforços estáticos e dinâmicos representados pelos equipamentos, força da ação dos ventos, elevação de temperatura, no caso de fechamento do vão entre estruturas com alvenaria, os espaços intermoleculares dos tijolos serão preenchidos com materiais resistentes ao calor. O projeto de fundação deve atender ao levantamento de sondagem (considerando qualquer condição do solo).

As paredes corta-fogo serão projetadas de acordo com o "National Fire Protection" e NBR 13231 – ABNT e serão estruturalmente independentes da estrutura da edificação.

No caso da existência de edificações próximas aos transformadores devem ser obedecidas as recomendações da Norma NBR 13231 – ABNT.

1.15.20 Estrutural da Edificação ou Equipamentos

O projeto estrutural deverá atender a todos os esforços estáticos e dinâmicos representados pelos equipamentos, bem como todas as furações necessárias para a passagem de cabos, dutos, eletrodutos e considerar as facilidades necessárias para a implantação do sistema de leitos para cabos no porão de cabos.

Serão considerados no projeto das bases dos equipamentos todas as furações e apoios dos equipamentos necessários para a fixação dos equipamentos e quando for o caso, para a movimentação.

O projeto de fundação deve atender ao levantamento executado na sondagem (considerando qualquer condição do solo).

As estruturas poderão fazer parte do sistema SPDA da subestação ou cabine, devendo neste caso ser considerada a colocação de ferros adicionais independentes da ferragem necessária com fins estruturais, para a conexão dos cabos de descida com o sistema de aterramento/captadores.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Nas áreas de instalação de equipamentos em geral (internamente à sala técnica), serão evitadas a localização de pilares, que são prejudiciais na definição de layout desses equipamentos.

As aberturas utilizadas para passagens de cabos em paredes ou pisos (exemplos: canaletas, condutos etc.) da sala técnica deverão possuir acabamentos e medidas de proteção do tipo compartimentação entre ambientes distintos.

1.15.21 Pedra Britada no Pátio Externo

O pátio externo da Subestação deverá receber uma camada de mínima de 15 centímetros (esta camada será definida no cálculo da malha de aterramento) de pedra britada número 2. Estas pedras devem ser adquiridas de uma mesma jazida, com o objetivo de se manter uma uniformidade na tonalidade das pedras. Antes da distribuição das pedras no pátio externo, deverá ser compactado e acertado o piso para que haja um escoamento das águas pluviais.

Todos os condutos metálicos de instalação nessa área (subterrâneo), deverão estar abaixo dessa camada de brita do piso e ser devidamente protegidos e envelopados em concreto.

1.15.22 Sistemas de Instalações Hidráulicas e Sanitárias Prediais

Os sistemas de instalações de água potável e de esgotos sanitários dos edifícios serão elaborados de acordo com as seguintes normas:

- (i) NBR 5626 - Instalação Predial de água Fria;
- (ii) NBR 8160 - Instalação Predial de Esgotos Sanitários.

Para o dimensionamento dos sistemas, onde previsto, será atender também às diretrizes e padrões da Concessionária de água e esgoto local.

O sistema de água potável será composto do ramal de alimentação da rede pública, caixa d'água sobre a edificação e das instalações (tubos, cerâmicas, peças e conexões) para o abastecimento do sanitário e das torneiras de lavagem na área externa ao prédio.

O sistema de esgotos sanitários será composto de tubos, peças, e caixas de passagem, para a condução das descargas do sanitário até a rede pública.

Na falta desses pontos (água potável e esgoto), deverão ser providenciados métodos adequados visando o abastecimento de água e escoamento/tratamento do esgoto para a área



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

da Subestação ou Cabine.

Na sala de baterias será instalado lava-olho, os pontos de descarte de água do lava-olho e do ralo será descartado em reservatório isolado e impermeabilizado para posterior retirada e descarte.

1.15.23 Infraestrutura de Interligação da Subestação/Cabine com a Sala Técnica da Estação

Deverá ser executada uma infraestrutura, rede de dutos/caixas de passagens, para atender o Sistema de Telecomunicações/Telecomando, interligando a Subestação/Cabine com a Sala Técnica da Estação próxima.

No caso de Cabines Seccionadoras, deverá também ser prevista uma outra infraestrutura independente de alimentação elétrica da Cabine a partir da Sala Elétrica da Estação próxima.

1.15.24 Montagem e Instalação dos Equipamentos

1.15.24.1 Arranjo Físico dos Equipamentos

O arranjo deverá permitir sua clara visualização tanto para os equipamentos instalados nos pórticos de entradas quanto os instalados na sala de equipamentos. O arranjo físico dos equipamentos “outdoor” será disposto de maneira que permita a retirada de algum deles para manutenção sem a desmontagem parcial e também prever área reservada para futura ampliação de equipamentos (exemplos: complementação de cubículos, transformadores).

A ordem dos cubículos no interior da sala elétrica e as seccionadoras nos pórticos externos devem estar dispostos conforme abaixo descrito e definidos no documento Requisitos Específicos - AT 3530-9.

A segurança pessoal será garantida observando os afastamentos mínimos recomendados pela NR 10.

O arranjo físico do pórtico de entrada e a subestação/cabine “outdoor” e “indoor” deverá permitir o acesso de um caminhão provido com braço e gaiola isolante, que é normalmente utilizado para manutenção e limpeza dos equipamentos, isoladores, ferragens etc.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.15.24.2 Canaletas

Serão adotadas no máximo três tipos de canaletas, com largura de 30 cm, 50 cm e 80 cm, entre outros especiais, e profundidade mínima de 40 cm e as suas paredes ser maciças. Para interior de sala elétrica ao longo das bordas das canaletas será instalado um insert metálico chumbado às mesmas que servirá de apoio para as tampas constituídas por chapa de aço xadrez zincadas à quente com capacidade de suportar o peso de pessoas caminhando ou paradas sobre as mesmas; as canaletas não serão passantes sob os equipamentos (retificador, painéis com disjuntor e outros). Para os casos de canaletas do pátio, cada tampa deverá ter massa igual ou inferior a 50 kg, de modo que duas pessoas, com auxílio de ganchos, consigam içá-las (providas de furos nas suas extremidades).

No interior da canaleta será instalado um leito de cabos zincados por imersão à quente ou um estrado construído em perfilados de aço zincado por imersão à quente, convenientemente espaçadas entre si para não permitir que os cabos não toquem o fundo da canaleta ou a outros níveis de leitos, e apoiadas lateralmente em ressalto a serem construídos ao longo de todas as canaletas.

Os perfilados, bem como os estrados de aço das canaletas, serão interligados entre si e adequadamente aterrados.

Em todos os pontos de transição, as canaletas / leito de cabos, do “outdoor” para o “indoor” serão instaladas barreiras isolantes (septos) executadas com material incombustível, conforme solicita a Norma NBR 13.231 – ABNT.

As canaletas deverão estar divididas em três categorias: comando/controle, força de média tensão e força de corrente contínua de 3 kVcc. Na canaleta de comando/controle, deverão estar subdivididas em três categorias através de eletrocalhas/bandejas ou outro recurso que permita segregação entre cabos de controle, alimentação de corrente contínua 125 Vcc e alimentação de 220 Vca.

No caso particular de instalação subterrânea de condutores de alta tensão na área externa de Subestação, classe 145 kV, será prevista galeria subterrânea em concreto armado com acessos para lançamento e inspeção dos cabos. Os cabos serão devidamente acomodados e fixados por abraçadeiras em suportes metálicos zincados por imersão à quente. O acesso será através de tampa de ferro com dispositivo de travamento/cadeado e escada tipo marinho. Ao longo da galeria, prever sistema de iluminação classificada à prova de tempo, gases, vapores e pó (TGVP).

1.15.24.3 Infraestrutura para os cabos de medição da concessionária de energia.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Deve ser prevista uma infraestrutura específica através de eletrodutos zincados por imersão à quente e as caixas de passagens possuirão dispositivo que permitam ser lacradas pela Concessionária de energia local.

1.16 Sistema de alimentação para iluminação e tomadas indoor

Deverão ser previstas a implantação da iluminação e tomadas, toda a infraestrutura necessária para o sistema de telefonia externa, interna, informática e intercomunicador.

1.16.1 Considerações Gerais

A alimentação de energia das luminárias e tomadas deverá atender aos esquemas funcionais específicos de acordo com os critérios e diagramas unifilares dos painéis (PLs) definidos neste documento, considerando as seguintes fontes de energia:

- (i) alimentação Normal: com origem no PDCA;
- (ii) alimentação de emergência: com origem no PDCC.

As luminárias serão implantadas completas com todos os componentes, os materiais e os acessórios definidos no presente documento, bem como os não expressamente especificados, mas necessários ao seu perfeito desempenho e funcionamento, incluindo:

- (i) todos os acessórios de fixação às estruturas de concreto e/ou metálicas;
- (ii) a fiação interna até os bornes terminais ou plugs para conexão externa (rabichos), incluindo o condutor de proteção PE;
- (iii) todos os condutos e acessórios de fixação para acomodação de condutores dos circuitos elétricos;
- (iv) todos os condutores elétricos e acessórios para ligação dos circuitos elétricos.

Para a infraestrutura necessária ao sistema de telefonia externa, serão projetados e instalados todos os materiais e acessórios, conforme segue:

- (i) entrada de telefonia externa;
- (ii) caixa de Distribuição (CD), localizada na sala de equipamentos;
- (iii) ramais de saídas, sendo basicamente: 1 ponto da sala do operador, e 1 ponto na sala de supervisão e 2 pontos para tele medição da Concessionária de energia (caso de medição de energia para fins de faturamento).



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

De forma similar, serão previstos ramais de saídas para telefonia interna (da estação mais próxima) e informática, para os seguintes locais: sala do operador e sala de supervisão.

Também, como complemento ao sistema de iluminação e tomadas, será previsto central de comunicação com vídeo (intercomunicador) na sala técnica (no corredor interno ou na sala do operador), interligados através de pontos de comunicação localizados na área externa (portões de acessos externos operacionais da subestação/cabine – muro de divisa).

A partir dos desenhos executivos de arquitetura e obra civil, serão elaborados os cálculos dos níveis de iluminamentos e, em seguida, consolidar as locações e as distribuições de luminárias e tomadas em área interna e externa.

As luminárias serão distribuídas de forma intercalada, com respectivos circuitos terminais. Na sala técnica, como função de vigia, serão localizadas 2 luminárias na sala de equipamentos e 1 luminária no corredor das salas operacionais.

As tomadas de serviços (ou específicos) e de uso geral deverão ser completas com todos os componentes, os materiais e os acessórios de fixação/instalação definidos no presente documento.

Todas as tomadas devem possuir identificação quanto a tensão de utilização – exemplos: 127 Vca, 220 Vca.

Os condutos em geral a serem considerados no PROJETO EXECUTIVO, do tipo metálico, deverão atender aos requisitos técnicos que constam neste documento.

Todas as partes metálicas não condutoras de energia como ferragens, suportes, condutos etc. serão aterradas.

As ferragens e acessórios de aço (como parafusos, porcas, arruelas, perfis, vergalhões, suportes etc.) utilizados no sistema de iluminação e tomadas serão tratados por processo de zincagem por imersão à quente.

Os condutores isolados de cobre dos circuitos terminais em geral do PROJETO EXECUTIVO, para iluminação e tomadas, deverão atender aos requisitos técnicos que constam neste documento.

Serão dimensionados os condutores e as proteções de circuitos terminais para iluminação e tomadas, assim como dimensionar toda a infraestrutura para acomodação dos condutores, como eletrodutos, perfilados e acessórios em geral.

Os condutores para iluminação e tomadas possuirão seções mínimas não inferiores a 2,5 mm² e o diâmetro mínimo do eletroduto será Ø3/4".



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Realização da compatibilização dos circuitos com os diagramas unifilares dos PLs, no que se referem aos TAGs, às fases e proteções, conforme os requisitos técnicos que constam neste Apenso.

Nos circuitos de iluminação e tomadas, serão previstos aterramentos para proteção dos equipamentos e das pessoas, com a utilização do condutor de proteção (PE) proveniente do painel de iluminação e tomada (PL) correspondente, conforme a Norma NBR 5410.

Prever desligamento automático por relé fotoelétrico em todos os circuitos para iluminação normal localizados em área externa.

O caminhamento de condutos e da cablagem da iluminação de balizamento/emergência será independente dos demais sistemas.

Os circuitos terminais para iluminação de balizamento/emergência terão como origens o painel de iluminação de emergência (PLE). O controle de temporização da iluminação de balizamento/emergência será realizado no painel PDCC.

Todos os equipamentos de iluminação, como luminárias, reatores, lâmpadas e demais acessórios, serão considerados de excelente desempenho e qualidade no que se refere à eficiência funcional, luminosa e energética.

As seguintes áreas, como de pórticos das chaves chifres e média tensão, celas de transformadores de potência, portão de acesso operacional e para equipamentos, e entorno da sala técnica, serão previstas iluminação considerando as atividades periódicas de manutenção.

Os produtos que contém mercúrio, como lâmpadas de descarga, ao fim da sua vida útil, são considerados perigosos ao ser humano e prejudicial ao meio ambiente (classe I), de acordo com a norma NBR 10004. Neste sentido, é imprescindível o prévio conhecimento do adequado manejo, aplicação, armazenamento, transporte e, sobretudo, do descarte correto das lâmpadas em questão.

Para atividades de manutenção, serão previstos pelo menos dois conjuntos de tomadas do tipo blindada (IP 54, sobrepor, com tampa e mola) acompanhadas de respectivos plugs, sendo um próximo ao disjuntor de entrada de linha e outro próximo aos transformadores de potência. Cada conjunto de tomadas montadas em painel metálico (uso externo, com porta, IP 65, cor cinza Munsell N6,5) deverá conter 1 tomada monofásica (2P+T), uma tomada bifásica (2P+T) e uma tomada trifásica (3P+T).

1.16.2 Equipamentos e Materiais



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Todos os componentes, materiais e acessórios utilizados para o sistema de iluminação deverão atender às normas da ABNT e, quando aplicável, com o selo PROCEL e certificados pelo INMETRO.

Todas as luminárias deverão permitir facilidade de acesso para manutenção (lâmpadas, reator, soquete), preferencialmente, sem a necessidade de retirar a luminária da instalação local.

Quando aplicados, as luminárias possuirão dispositivos de abertura e/ou de remoção fácil dos difusores ou refletores para permitir acesso aos equipamentos, sem necessidade de ferramentas.

As chapas metálicas das luminárias, após cortadas, serão trabalhadas para que o produto final apresente em perfeito estado de acabamento, isento de rebarbas ou cantos vivos.

Quando da instalação das luminárias, deverá ser levado em consideração as restrições ou ressalvas do fabricante, por exemplo, alguns reatores somente poderão ser aplicados com as lâmpadas de mesmo fabricante.

As luminárias possuirão ligações, conexões e suportes adequados para sua fixação, tal que permita rápida remoção do conjunto para serviços de manutenção.

Prever interruptores bipolares em todos os circuitos de iluminação normal de salas técnicas e salas operacionais.

1.16.2.1 Luminárias Fluorescentes de Embutir e/ou Pendentes

Luminária projetada, corpo em chapa de aço, refletor destacável, aletas parabólicas, para 1 ou 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de potência de 32 W, tensão de 220 V, apropriada para uso pendente ou sobrepôr, com aletas planas, proporcionando ótimo desempenho luminotécnico. Preferencialmente, de acordo com o estudo luminotécnico, recomendam-se luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes.

Reator simples ou duplo, partida rápida, tipo eletrônico, baixa distorção harmônica, alto fator de potência, tensão em 220 V, frequência de 60 Hz.

Soquete antivibratório, engate rápido e trava de segurança para fixação de lâmpadas e fixação (rabicho) de cobre de seção 3x1,5 mm², com isolamento dupla de material termoplástico, classe de tensão 450/750 V (temperatura 70 °C).

1.16.2.2 Luminárias Fluorescentes de Sobrepôr - IP65



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Luminária projetada, corpo poliéster reforçado com fibra de vidro, refletor em chapa de aço tratada, difusor em policarbonato injetado, fechos em aço inox, para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de potência de 32 W, tensão de 220 V, apropriada para pendente ou sobrepor, hermeticamente fechada, proporcionando ótimo desempenho luminotécnico.

Reator duplo, tipo eletrônico, de partida instantânea, baixa distorção harmônica, alto fator de potência, tensão de 220 V, frequência de 60 Hz.

Soquete antivibratório, engate rápido e trava de segurança para fixação de lâmpadas e fiação (rabicho) de cobre de seção 3x1,5 mm², com isolamento dupla em termoplástico, classe de tensão 450/750 V (temperatura de 70 °C), com plug 2P+T.

1.16.2.3 Luminárias para Iluminação de Emergência

Luminária pendente (em área interna) com corpo em formato tubular de alumínio extrudado, para lâmpada incandescente standard de potência de 100 W, tensão de 220 Vca (alimentada em tensão de 125 Vcc), lâmpada com bulbo claro em formato de pera de Ø 60 mm e rosca E-27, rabicho de cabo 3x1,5 mm². A rosca da lâmpada não deverá ficar fora do corpo do projetor e conexão do eletroduto de diâmetro nominal Ø3/4" no corpo da luminária.

Soquete em porcelana reforçada, rosca E-27, resistente aos eventuais esforços mecânicos na instalação e na substituição da lâmpada, próprio para temperatura de operação constante, isolado na parte externa para evitar contato da parte "viva" com o corpo do projetor.

1.16.2.4 Luminária Blindada à Prova de TGVP

Luminária tipo arandela 45° ou pendente (para uma lâmpada mista de potência de 160 W, tensão de 220 V ou lâmpada incandescente standard 100 W-220 Vca, alimentado em tensão 125 Vcc) blindada, à prova de tempo, gases, vapores e pós, com junta vedadora resistente, entrada de Ø3/4", porta lâmpada reforçada E-27, corpo e grade construídos em alumínio fundido cor cinza martelado; grade fixada ao corpo através de rosca; refrator de vidro temperado rosqueado ao corpo; resistentes a choques térmicos e mecânicos, e grau de proteção IP 65.

1.16.2.5 Luminária Blindada à Prova de Explosão

Luminária blindada a prova de explosão (ambiente classificado), corpo em alumínio de alta resistência, refrator/refletor de aço resistente, grade de proteção em aço, junta vedadora



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

resistente, soquete antivibratório com fiação de rabicho 3x1,5 mm², entrada gás Ø3/4", para uma ou duas lâmpadas fluorescentes 32 W, tensão de 220 V, 60 Hz, cor cinza martelado ou branca, grau de proteção IP 65, conforme NBR IEC 60529 e NBR IEC 60079.

1.16.2.6 Projetor Fechado

Projetor fechado em alumínio, uso externo, com alojamento do equipamento em alumínio injetado acoplado à luminária e conjunto óptico (refletor) também em alumínio anodizado de alto rendimento, soquete E-40, rabicho 3x1,5 mm², selado com lente frontal em vidro temperado resistente a choque térmico e mecânico, para instalação ao tempo, reatores de partida, para lâmpada multivapores metálica tubular.

1.16.2.7 Luminárias para Iluminação Externa

Luminária do tipo fechada, corpo em alumínio injetado, refletor assimétrico de alumínio de alta pureza e brilho, vedação resistente de borracha, fechos de pressão inox, protegida com vidro plano temperado, e alojamento incorporado para abrigar os equipamentos auxiliares de partida, grau de proteção mínimo para a vedação IP65, porta lâmpada E-40 antivibratório, rabicho 3x1,5 mm², própria para instalação no topo de postes metálicos, do tipo reto, reatores e capacitores de partida, para lâmpada vapor de sódio de alta pressão tubular ou ovoide.

1.16.2.8 Componentes das luminárias

1.16.2.8.1 Lâmpadas Fluorescentes

Lâmpada de descarga de vapor de mercúrio a baixa pressão, de forma tubular, na qual a luz é produzida por pós fluorescentes ativados pela radiação ultravioleta da descarga.

Cor extra luz do dia cor 4.000 K.

Potência (tensão): 32 W (220 V).

Fluxo luminoso superior a: 2.700 lm.

Índice de Reprodução de Cor (IRC): de 78 % a 86 %.

1.16.2.8.2 Lâmpadas Incandescentes

Lâmpada incandescente de bulbo ovoide transparente, com filamento de tungstênio



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

reforçado, rosca padrão E-27.

Potência (tensão): 100 W (220 V).

Fluxo luminoso: 1.350 lm.

Observação: Para iluminação de balizamento/emergência, como alternativa, visando melhor eficiência energética, poderá ser utilizada lâmpada tipo "LED", de características e rendimento superior à lâmpada incandescente 100 W (220 V) acima descrita.

1.16.2.8.3 Lâmpada Mista

Lâmpada de descarga de alta intensidade, formato ovoide, rosca E-27.

Potência (tensão): 160 W (220 V).

Fluxo Luminoso: 3.150 lm.

Índice de Reprodução de Cor (IRC) próximo de: 60 %.

Temperatura de cor: 3.600 K.

Vida útil superior a: 9.000 h.

1.16.2.8.4 Lâmpada Vapor de Sódio

Lâmpada de descarga de alta intensidade, bulbo formato ovoide ou tubular, rosca padrão E-40.

Potências (tensão): 160 W ou 250 W (220 V).

Índice de Reprodução de Cor (IRC) próximo de: 25 %.

Fluxo Luminoso superior a: 14.500 lm (para 160 W) ou 26.000 lm (para 250 W).

Temperatura de cor em torno de 1.950 K.

1.16.2.8.5 Reatores para Lâmpadas Fluorescentes

De alta durabilidade e rendimento, leve e compacto, podendo ser simples ou duplos conforme PROJETO EXECUTIVO.

Para partida rápida/instantânea e possuir alto fator de potência (no mínimo 0,95).

Possuir dispositivo de proteção contra condições anormais da lâmpada, como



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

sobretensões e sobrecorrentes, com desligamento automático do circuito.

Eficiência do reator sem alteração sensível com a flutuação da rede na faixa de 220 Vca $\pm 10 \%$, para frequência de 60 Hz.

Distorção harmônica inferior a 20 % e baixas interferências eletromagnéticas.

1.16.2.8.6 Reatores para Lâmpadas Vapor de Sódio

Ser compactos, de alta durabilidade e rendimento, apropriados para utilização em lâmpada a vapor de sódio de alta pressão e para instalação no interior de alojamento incorporado de luminária de iluminação pública.

A temperatura de operação do reator não será superior a 70 °C.

Ser específicos para utilização em lâmpadas vapor de sódio de potência de 160 W ou de 250 W.

Ser do tipo eletromagnético impregnado, fabricados com bobinas de fio de cobre e aço silício laminado com baixas perdas magnéticas, tendo as áreas internas livres preenchidas com resina isolante, que permita uma alta dissipação térmica.

Proporcionar alto fator de potência, de valor igual ou superior a 0,95.

Alimentados na tensão de 220 Vca $\pm 10 \%$, frequência 60 Hz.

Ignitores e capacitores compatíveis com o tipo e a potência das lâmpadas.

O reator será totalmente compatível com a lâmpada e com o ignitor sendo, preferencialmente, do mesmo fabricante. Caso não sejam todos do mesmo fabricante, deverá ser provido, juntamente com o conjunto, um certificado de compatibilidade deste, emitido por laboratório ou órgão idôneo.

1.16.2.9 Postes de Aço

O poste de iluminação em aço galvanizado a fogo, fabricado em chapa de aço SAE 1010/1020, de seção circular, com solda longitudinal e altura conforme PROJETO EXECUTIVO.

Poste reto do tipo cônico contínuo, base flangeada com respectivos chumbadores/porcas/arruelas de fixação zincados por imersão à quente, chapas completamente tratadas por zincagem por imersão à quente, interna e externamente (norma NBR 6323) e fabricado conforme a norma NBR 14744.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Postes implantados com suportes especiais, para instalação no topo do mesmo, que suportarão 1 ou 2 luminárias de iluminação pública. Fixação da luminária através de parafusos de aço inoxidável, com travamento de segurança, que impeçam qualquer rotação ou desprendimento da luminária decorrente de oscilações sofridas pelo poste ou pelo vento.

A entrada da fiação de alimentação elétrica se dará pela base do poste, passando pela janela, caminhando pelo seu interior até a extremidade superior.

Poste equipado com janela de inspeção com tampa aparafusada, base com instalação de fusíveis de corrente de 10 A, terminal de aterramento da carcaça e dimensões mínimas de 80 mm de largura e 250 mm de altura.

1.16.2.10 Interruptores

Interruptores bipolares, corrente de 10 A, tensão da rede 220 V, bifásicos mais condutor de proteção - PE, com polos de ação simultânea e contatos de prata com caixa de passagem de alumínio para sua instalação.

1.16.2.11 Tomadas

Tomadas para utilização em tensão 127 V, corrente de 10 A ou 16 A, tipo 2P+T universal.

Tomadas para utilização em tensão 220 V, corrente de 20 A, tipo 2P+T.

Tomadas para utilização em tensão 220 V, corrente de 32 A, tipo 3P+T.

1.16.2.12 Tomada Blindada

Tomada e plug (127 V e 220 V – 16 A ou 32 A – 2P+T, 3P+T), resistente a impactos, sobrepor com tampa e respectivo plug, blindada à prova de tempo, umidade, gás, vapor e pó, para conexões de aparelhos elétricos nas áreas externas.

Corpo e a tampa da tomada em composto termoplástico poliamida, chama autoextinguível, vedações e guarnições em PVC flexível, contatos em latão, parafusos em aço inoxidável, orelhas para fixação com 4 furos e dispositivo de travamento de plug inserido.

Onde aplicado, furo para a entrada do eletroduto com rosca BSP, diâmetro Ø3/4".

Tensão máxima de trabalho de 600 V, temperatura máxima de operação contínua de 60 °C, tensão de isolamento até 750 V, rigidez dielétrica de 2500 V, e grau de proteção IP65.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

À prova de corrosão contra ações dos agentes químicos e radiações ultravioletas.

Plug com pinos de latão maciço de alta precisão, contido em invólucro de plástico poliamida, chama autoextinguível, vedação e guarnições em PVC flexível e polarização permanente assegurada por diâmetros diferentes dos pinos para fases e terra.

1.16.2.13 Pannel de Iluminação

Este item descreve as especificações técnicas para os Painéis de iluminação (PL), para sistema de iluminação e tomadas da área interna e externa da Subestação ou Cabine.

1.16.3 Características Construtivas Gerais

Os painéis enquadrados neste item serão para instalação encostada na parede, aparentes com porta frontal, fechados por todos os lados por chapas metálicas, sendo os componentes internos montados em chassis ou chapas de montagens (cor laranja) fixadas na parte traseira do painel e fechados por meio de espelho metálico frontal interno com dobradiça e fecho rápido com acesso aos acionamentos de disjuntores. A porta metálica frontal externa será provida de dobradiças e fechadura tipo Yale (trinco com chave), previsto para instalação de componentes de comando e/ou controle (botões, chaves, sinalizadores). As aberturas de ventilação serão protegidas por grades metálicas (tela inoxidável) à prova de corrosão, eficientes para proteção dos equipamentos contra a entrada de poeiras, insetos ou animais (manter o mesmo grau de proteção especificado).

Os painéis PLs serão construídos para atender grau de proteção IP 50, de acordo com a NBR IEC 60529.

Os painéis deverão apresentar, construtivamente, o maior grau possível de segurança para o pessoal da manutenção e operação. Todas as partes vivas deverão ficar completamente protegidas por chapas metálicas, de modo a não poderem ser tocadas quando energizadas.

As entradas e saídas dos cabos de alimentação serão possíveis tanto pela parte inferior como superior dos painéis. Para tanto, serão previstas, nestas partes, chapas metálicas dotadas de guarnição de borracha sintética, presas à estrutura por meio de parafusos, de modo a permitir sua retirada na obra, para a execução dos furos necessários para a conexão de eletrodutos. Serão previstos blocos terminais e todos os acessórios de fixação para os cabos de força e controle de entrada e saída previstos para os painéis.

As fiações para ligações internas dos painéis serão claramente identificadas com



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

etiquetas ou tubos plásticos transparentes e impermeáveis; gravadas com caracteres indelévels, em cada extremidade, com as mesmas designações dos bornes terminais e diagramas construtivos. Estes condutores correrão em canaletas não propagadoras de chama especialmente previstas para este fim (salvo nas portas, onde as fiações serão agrupadas e acabadas em fitas plásticas espiraladas), não devendo ser colocadas na mesma canaleta os cabos de força e de comando. A ocupação na canaleta será no máximo de 40 %, com fiação devidamente acabada e com comprimento adequado.

As ligações aos painéis serão realizadas por meio de blocos terminais, (corrente nominal de 20 A), dotada de separadores e postes de travamento, clara e igualmente identificadas, a fim de eliminar a possibilidade de erro quando da ligação na obra. Não serão ligados mais que um condutor em cada ponto de ligação do borne. Serão previstas para cada quadro e painel, 20 % de bornes adicionais de reserva.

A execução da fiação de controle será executada com cabos de cobre trançados com seção não inferior a 1,5 mm². Para os circuitos no secundário de TCs, a seção dos cabos não será inferior a 4 mm². Para os circuitos de alimentação cc e ca, a seção dos cabos não será inferior a 4 mm².

Os cabos, internamente aos painéis, deverão ter isolamento compatível com a tensão de trabalho, de material não propagante a chamas e resistente a umidade. Poderão ser utilizados condutores específicos, tipo antichama BWF, encordoamento classe 5, flexível, temperatura de operação 70 °C.

Os painéis e todos os dispositivos neles montados possuirão placas de identificação legíveis e indelévels com as mesmas designações dos desenhos técnicos, de modo a permitir fácil identificação e manutenção.

As plaquetas de identificação serão de acrílico transparente, de fundo na cor preta, com legendas na cor branca e com 3,0 mm de espessura, e fixadas rigidamente através de rebites de plásticos. A gravação será realizada em baixo relevo, no lado posterior, em língua portuguesa.

Prever etiquetas de advertência quanto ao risco de choque elétrico, a fim de atender ao disposto na Norma NR 10.

1.16.3.1 Dados de Projeto / Características Gerais

Os painéis serão projetados, construídos e ensaiados, de acordo com as prescrições das Normas NBR IEC 60529 e NBR IEC 60439 da ABNT e nos pontos omissos conforme Normas NEMA nas suas edições mais recentes, de acordo com as seguintes características:



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (i) Tensão nominal (PLs): /220 Vca;
- (ii) Corrente nominal do barramento conforme PROJETO EXECUTIVO;
- (iii) Nível de isolamento nominal, tensão suportável a 60 Hz, 1 minuto: 2.500 V;
- (iv) Corrente de curto-circuito de valor eficaz simétrico mínima: 10 kA.

Será prevista uma ou duas barras de aterramento, de cobre eletrolítico, na parte inferior de cada painel, provida de conectores para ligação dos cabos de aterramento de equipamentos alimentados por ele. Esta barra será provida ainda, de conectores adequados, tipo alta pressão, aparafusados, próprios para cabos de cobre nu de seção até 35 mm², para sua conexão à malha de aterramento.

As estruturas metálicas serão construídas com perfis de aço de espessura mínima de 2,66 mm (12 MSG) e fechadas com chapas de aço de 2 mm (14 MSG) de espessura. As chapas de aço utilizadas nas portas dos painéis serão de espessura de 2 mm. As chapas traseiras dos painéis serão previstas com reforços estruturais e furos, a fim de permitir uma fixação firme e segura.

Os barramentos serão construídos de barras de cobre eletrolítico, de alto grau de pureza e condutividade, adequadamente fixadas para resistir aos esforços eletrodinâmicos de correntes das máximas correntes de curto-circuito especificadas. Para as correntes nominais, a máxima elevação de temperatura do barramento será de 30 °C sobre uma temperatura ambiente de 40 °C. Os barramentos, bem como os diversos elementos de ligação aos equipamentos primários, juntas e derivações serão eletricamente isoladas, para classe de tensão 600 V, com material adequado tipo epóxi ou material termo retrátil. As emendas e derivações irão apresentar o mesmo nível de isolamento do barramento. O material isolante a ser utilizado deverá ter propriedades elétrica e mecânica comprovadamente satisfatória, ser não propagador de chamas, de material anti-higroscópico, resistente a formação de depósitos de carbono quando exposto a descarga elétrica e adequado às condições ambientais de instalação.

O tratamento superficial e pintura dos painéis deverão estar de acordo com as prescrições constantes deste documento.

As unidades assinaladas como reserva no PROJETO EXECUTIVO, de acordo com a sua utilização, deverão ser completamente equipadas nos painéis.

Nos painéis, serão previstos o uso de dispositivos diferencial residual (DRs) para proteção contra contatos diretos, indiretos e contra incêndios nos circuitos de saídas em que são necessários esta proteção, de acordo com a NBR 5410.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Nos circuitos de saídas dos painéis, os dispositivos DRs (corrente nominal de 30 mA) serão instalados em série, à jusante dos respectivos dispositivos de proteção termomagnético.

Nos painéis, serão previstos dispositivos de proteção contra surtos (DPSs) em nível secundário, visando a proteção de sobretensões com origem atmosférica, de acordo com a NBR 5410.

Os dispositivos DPSs serão instalados em cada fase e neutro do barramento de entrada ou geral.

1.16.3.2 Critérios Operacionais

A lógica funcional dos painéis deverá atender aos esquemas funcionais específicos de acordo com os critérios definidos neste documento.

No Painel de iluminação (PL), será constituído de uma única entrada, trifásica+neutro+terra, composta de disjuntor em caixa moldada fixa. A entrada deverá alimentar um único barramento, do qual serão derivados os circuitos de saídas, protegidos, basicamente, também por disjuntores termomagnéticos, e, quando necessários, associados aos dispositivos com função diferencial residual (DR) - sensibilidade de 30 mA.

Serão previstos no (PL), ligação através de relés fotoelétricos, contadores por circuitos de saída (grupo de lâmpadas) e chaves seletoras com opções de comando manual – 0 – automático, para iluminação de áreas externas (outdoor) da Subestação ou Cabine.

O Painel de iluminação de balizamento e emergência (PLE), para a área interna e externa da Subestação ou Cabine, será provido de um único disjuntor termomagnético de proteção de entrada, em caixa moldada, uso em corrente contínua, um barramento “+” e “-” e terra, em tensão 125 Vcc. Deste barramento será derivado os circuitos de saídas da iluminação de emergência protegidos por disjuntores com unidades de proteção termomagnéticas fixas.

1.16.3.3 Equipamentos Internos

Disjuntores Tipo Caixa Moldada: Os disjuntores serão do tipo seco, em caixa moldada, com de ionização magnética, equipados com relés térmicos e de sobrecorrente, com comando manual por meio de alavanca própria, bloqueio mecânico do acionamento. Serão projetados, construídos e ensaiados conforme as normas ABNT NBR IEC 60947 e VDE 0660, em suas edições mais recentes.

Dados de Projeto: Tensão máxima de operação de 690 V, Frequência nominal de 60 Hz,



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Corrente nominal e Capacidade de interrupção (valores a serem confirmados no PROJETO EXECUTIVO).

Contatores: Os contatores serão de construção robusta, com contatos prateados, autolimpantes e não soldáveis. Apresentarão uma vida útil de 10 milhões de manobras e serem construídos conforme Normas VDE-0660 e IEC 60947-4-1. Os contatos e bobinas serão facilmente substituíveis, sem a necessidade de remoção do contator. Os contatores deverão operar livres de vibração e ruídos, na condição energizada.

Dados de Projeto: Tensão nominal de isolamento de 600 V, Frequência nominal de 60 Hz, Corrente nominal conforme PROJETO EXECUTIVO. Tensão nominal da bobina 127 Vca e Faixa de operação da bobina 0,85 Vn a 1,1 Vn. Prever supressores de surtos de tensões, com indicações de estado.

Sinaleiros: Serão para furação Ø 22,5 mm, com canoplas coloridas, classe 600 V, grau de proteção frontal IP 54. Os painéis serão previstos com sistema para teste de lâmpadas (teste/Ø/desligado).

Os sinalizadores, com cores compatíveis a cada função, baixa emissão térmica, possuirão lâmpadas de estado sólido, tipo diodo "LED", alto brilho, com base BA9s, de vida útil longa superior a 100.000 h, e imune à vibração mecânica. As lâmpadas possuirão meios adequados para proteção contra queimas indevidas.

Dispositivos de Proteção Contra Surtos (DPS): Nos painéis, conforme prescrito na Norma NBR 5410, serão previstos Dispositivos de Proteção Contra Surtos (DPS): Tensão nominal coordenado de acordo com a tensão máxima de operação, corrente máxima de surto para 20 kA na forma de onda 8/20 µs e tempo de resposta menor que 5 ns. Os dispositivos de proteção serão modulares, possuir indicação de estado, encaixe rápido do tipo "plug in" e de fácil acesso, ser de material antichama/autoextinguível e possuir 1 (um) contato auxiliar reversível.

1.16.4 Normas Aplicáveis

A fabricação, o ensaio e a instalação dos componentes, materiais e acessórios de iluminação e tomadas deverão atender as normas vigentes da ABNT.

1.16.5 Instalação

As luminárias e tomadas, incluindo os componentes e seus acessórios, serão instaladas com o maior esmero e em estrita observância às indicações do PROJETO EXECUTIVO e



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

normas aplicáveis da ABNT.

Além desse serviço, deverá abranger a instalação de condutos, condutores, e acessórios, desde os aparelhos de iluminação e as tomadas até o Pannel de Luz correspondente.

O perfeito estado de cada aparelho será cuidadosamente verificado antes de sua colocação na obra, devendo o mesmo ser novo e não se permitindo quaisquer defeitos decorrentes de fabricação, transporte ou manuseio inadequado. Antes da energização, todos os aparelhos elétricos serão medidos quanto à sua isolação através de instrumentos apropriados.

Exames visuais criteriosos e testes de continuidade também serão imprescindíveis.

Após estes testes, poderão ser energizadas e verificadas as funcionalidades com apresentação dos relatórios de testes e ensaios, contendo as medições de tensões, corrente, isolação etc.

Todos os aparelhos elétricos deverão ter garantias contra defeitos de fabricação e problemas de instalação, de acordo com este documento.

1.16.6 Documentos a Serem Implantados

1.16.6.1 Ficha técnica

Deverá estar disponível, em forma de resumo, a folha de dados das luminárias de tal forma que confirme os requisitos técnicos e construtivos estabelecidos neste documento, no mínimo, como segue:

Luminárias: Fabricante, modelo, tipo, sobrepor ou embutido, curva fotométrica e rendimento mínimo;

Reatores: Fabricante, modelo, tipo, tipo de lâmpada, tensão, distorção harmônica, fator de potência e perdas;

Lâmpadas: Fabricante, modelo, tipo, tensão e potência.

1.16.6.2 Documentação técnica

Deverão estar disponíveis, no mínimo, as seguintes documentações:

Desenhos detalhados de locação e fixações dos eletrodutos, eletrocalhas, tomadas e luminárias em plantas (entre outras necessidades), cortes e detalhes de instalação em escalas convenientes, de modo a possibilitar a clareza na apresentação;



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Diagramas unifilares completos;

Memorial de Cálculo do Nível de Iluminamento;

Memorial de Cálculo do Dimensionamento dos Cabos e das proteções;

Memorial Descritivo;

Listas de Materiais.

Procedimento de inspeção e testes em fábrica e aceitação em campo.

Outros desenhos e publicações que forem julgados necessários.

Para as luminárias, o fabricante deverá apresentar basicamente os seguintes documentos:

Desenhos de fabricação (dimensões, peso, fabricante, data de fabricação etc.).

Lista de materiais da luminária.

Catálogos e folhetos ilustrativos.

Curvas de distribuição de intensidades luminosas e fatores de utilização

.

1.17 Sistema de detecção e alarme de incêndio

1.17.1 Características operacionais e construtivas

A seguir uma breve descrição dos componentes do sistema e de sus instalações

1.17.1.1 Detectores de temperatura endereçáveis

Os detectores de temperatura deverão combinar a detecção de temperatura fixa e termovelocimétrica. Serão endereçáveis e analógicos. Serão microprocessados, com compensação automática de temperatura, umidade, poeira e outros fatores ambientais que interferem negativamente (alarmes falsos) a função de detecção propriamente dita.

1.17.1.2 Detectores ópticos de fumaça endereçáveis

Estes detectores endereçáveis deverão ser do tipo óptico incorporando filtros, contra falsos alarmes produzidos por vibrações ou ruídos elétricos, entre outras alterações de sensibilidade.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Estes detectores deverão apresentar em sua parte externa um "LED" para a indicação de alarme e falha, e trava antirremoção.

1.17.1.3 Detectores de gases

Previstos para área classificada (sala de baterias), estes sensores de gases endereçáveis em aço inox, deverão do tipo com princípio para detectar e monitorar a presença de gases e com unidades para calibração para diferentes gases e ajustes (volume de gases). Terá dispositivo de monitoramento de falha interna e, se aplicado, interface de controle.

1.17.1.4 Geral de detectores

A Concessionaria deverá indicar a entidade homologadora dos detectores a serem implantados.

Os detectores deverão possuir identificação individual e exclusiva, de acordo com a localização da instalação.

A Concessionaria deverá indicar a tensão de operação dos detectores, bem como a vida útil do respectivo equipamento.

1.17.1.5 Base suporte dos detectores

Todas as bases suporte dos detectores deverão ser aparentes, portanto, montadas sobre um adaptador com os furos de passagem dos eletrodutos e dos cabos. Este adaptador será fixado diretamente nas lajes de concreto ou sobre as caixas de passagem de alumínio, quando for instalação aparente.

A base deverá possibilitar encaixe para fácil substituição ou manutenção dos detectores e intercambiável entre os detectores de vários tipos.

1.17.1.6 Acionadores manuais

Os acionadores manuais deverão ser endereçáveis, tipo "quebre o vidro", com resposta inferior a 1 (um) segundo, com cristal que se rompe por pressão, de forma a garantir um funcionamento rápido e seguro, não necessitando de martelo. O cristal deverá ser protegido com uma película plástica de forma a evitar o estilhaçamento, e possuir isoladores de defeito na linha incorporados em cada acionador.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

Deverão ser fabricados em material plástico na cor vermelha e possuir dispositivo para teste, sem a necessidade de abrir o aparelho. Deverá possuir “reset” de acionamento, piloto de alarme (LED vermelho fixo) e piloto de supervisão (LED verde pulsante).

Os acionadores deverão possuir identificação individual e exclusiva, de acordo com a localização da instalação.

1.17.1.7 Alarmes sonoros

As sirenes eletrônicas serão do tipo endereçável, com módulos supervisionados.

O volume do som deverá ser ajustável e ser acionado através da central de alarmes após verificação do dispositivo acionado.

O dispositivo deverá ser na cor vermelha.

Deverá também possuir características de audibilidade e/ou visibilidade compatíveis com o ambiente onde serão instalados.

1.17.1.8 Central de detecção e alarme de incêndio

Deverão consistir em uma central autônoma, interligada a detectores (óticos de fumaça, temperatura e gases) de incêndio, acionadores manuais endereçáveis, avisadores sonoros com módulos e interfaces de comunicação. Prever ampliação para a capacidade extra (futura) de no mínimo 20 %, tanto para laços como para dispositivos.

A central deverá, em modo local ou remoto, detectar, transmitir e sinalizar de imediato a presença de fogo, fumaça, gases, calor e avarias do sistema, ativará sinais audiovisuais, ativará o alarme sonoro setorial de pré-alarme e de abandono e o alarme geral, de forma coordenada e segura.

A sinalização e o alarme deverão ser de fácil entendimento para o pessoal da operação ou manutenção.

A supervisão de falhas e avarias no sistema deverá ser identificada e localizada pela central e deverá constar no mínimo de:

- (i) ausência de rede primária;
- (ii) bateria descarregada;
- (iii) falta ou desconexão de bateria;



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

- (iv) memória RAM desprotegida;
- (v) falha nas linhas de interface;
- (vi) detector fora de especificação;
- (vii) substituição do tipo de detector;
- (viii) circuito de detecção aberto;
- (ix) circuito de detecção em curto.

A central deverá possuir dupla fonte de alimentação. A ausência da rede primária (Vca) deverá ser sinalizada pela central, quando o sistema passa a operar automaticamente pelas baterias.

A falta ou descarga de baterias também deverá ser sinalizada.

A Central deverá possuir compartimento adequado para o alojamento, incluindo as baterias.

Todas as ligações entre os painéis e os demais componentes externos deverão ser executadas através de blocos conectores apropriados e devidamente identificadas. Possuir também borne adequado para aterramento.

A supervisão dos circuitos de detecção deverá ser total. Qualquer anomalia na integridade da fiação “rompimento do circuito, curto-circuito dos condutores entre si, curto-circuito entre um condutor e a malha de aterramento, retirada de um detector da base de montagem” deverá ser identificada pela central, que informará o exato local da avaria.

A supervisão permanente dos elementos de detecção deverá permitir que a central forneça informações do estado de limpeza de cada detector de fumaça.

A memória RAM deverá ser protegida após a programação de todo o sistema. Uma eventual desproteção para futuras alterações que se fizerem necessárias deverá ser indicada pela central, evitando esquecimentos com relação à sua proteção e danos à programação.

Características do Equipamento

A central de alarmes deverá possuir as seguintes características e equipamentos:

- (i) gabinete metálico com acesso frontal para instalação, programação, operação e manutenção, com porta e fechadura com chave para impedir o acesso acidental ou desautorizado aos comandos básicos, e, deverá ser dotado de visor em policarbonato ou vidro transparente para visualização das sinalizações básicas e informações de eventos;



I Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

- (ii) painel de controle e comando com todas as sinalizações e instruções em português (Brasil), com botões para acionamento do alarme geral de incêndio, silenciamento dos alarmes de incêndio e defeito, “reset” do sistema e sinalizações distintas para incêndio, defeitos, rede e bateria;
- (iii) visor de cristal líquido auto iluminado com no mínimo 2 linhas de 40 caracteres, permitindo visualizar todas as informações do sistema com excelente nível de detalhes (localização de laços, localização de dispositivos, mensagens de alarmes, etc.);
- (iv) teclado alfanumérico incorporado para possibilitar através de senhas, o acesso aos recursos de software, em diferentes níveis de informação, controle e comandos, pelo próprio usuário;
- (v) impressora de 40 colunas incorporada e supervisionada, para a impressão de eventos ou relatórios, permitindo o controle e análise de todas as ocorrências, facilitando o rastreamento dos eventos e as interferências do pessoal operativo;
- (vi) fonte de alimentação supervisionada do tipo chaveada, para alimentar todo o sistema, com carregadores de baterias, este totalmente automático e com entrada da rede em tensão de 220 Vca;
- (vii) conjunto de baterias de acumuladores, do tipo selado, sem necessidade de reposição do eletrólito, com autonomia mínima de 24 horas em supervisão na ausência da rede elétrica comercial, e mais 15 minutos de alarme geral a plena carga;

Módulos eletrônicos com as seguintes funções:

- (i) controlador principal: controlador microprocessado, para processamento das informações dos elementos instalados em cada circuito, análise dos dados e comando de dispositivos ou elementos de saída;
- (ii) circuitos de detecção: para a supervisão rápida dos elementos de campo (detectores, acionadores, sirenes, interfaces, etc.);
- (iii) memória RAM: para o armazenamento dos eventos dos circuitos de detecção e comandos do controle principal;
- (iv) comunicações: para a transmissão de todas as informações de eventos para o sistema centralizado de supervisão (CCO), através de cabos de fibras ópticas, deverá ser compatibilizada para utilização em rede com protocolo padrão



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

IEC 61850. As informações a serem enviadas remotamente são as mesmas da Central de Alarmes.

1.17.1.9 Funções

Deverão estar disponíveis na central de detecção e alarme de incêndio as seguintes funções:

- (i) detecção totalmente endereçável, informando de forma confiável, rápida e precisa a localização de cada dispositivo;
- (ii) configuração total do sistema;
- (iii) indicação dos estados de alarme e/ou falha;
- (iv) verificação e ajuste da sensibilidade dos detectores com programação via central;
- (v) verificação do estado de limpeza dos detectores;
- (vi) monitoração em tempo real;
- (vii) iniciação e desligamento de comandos e temporizadores em datas e horas específicas;
- (viii) operação diária e ciclos semanais;
- (ix) registro dos últimos 100 eventos de incêndio;
- (x) registro mínimo dos últimos 200 eventos históricos do sistema;
- (xi) análise das informações individuais dos detectores endereçáveis;
- (xii) atribuição alfanumérica dos nomes dos locais de instalação de cada dispositivo do sistema;
- (xiii) substituição dos nomes atribuídos;
- (xiv) habilitação e desabilitação de setores, detectores, acionadores e avisadores, individualmente. Durante a manutenção dos detectores de um laço, os demais deverão permanecer funcionando normalmente;
- (xv) testes por elemento e por setor, com impressão de registros da identificação do tipo de dispositivo;
- (xvi) proteção por senha;



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

- (xvii) teste dos pilotos e display.
- (xviii) deverão ser apresentadas no display as seguintes informações:
- (xix) indicação de operação normal;
- (xx) incêndio e defeitos com ordem cronológica de ocorrência;
- (xxi) acionamento de alarmes e comandos;
- (xxii) relógio com data e hora;
- (xxiii) dados dos detectores e dispositivos interligados ao sistema;
- (xxiv) falha na alimentação primária (Vca);
- (xxv) falta ou descarga das baterias;
- (xxvi) dados da fonte de alimentação;
- (xxvii) opções de relatório em display e/ou impresso.

1.17.1.10 Programação

A central de alarmes deverá permitir a programação do sistema em campo, através de um teclado alfanumérico completo, tipo “qwerty”, incorporado, ou por “laptop”.

Os recursos de programação deverão considerar a setorização dos circuitos de detecção, a setorização dos alarmes sonoros, o tipo de som (pré-alarme e evacuação) dos alarmes sonoros, a setorização dos comandos auxiliares, o mapeamento dos circuitos e todas as funções disponíveis na central.

O endereçamento dos elementos de campo deverá ser realizado pela central de forma automática, sem necessidade de equipamentos específicos.

A etiquetagem deverá ser realizada através do teclado incorporado ou “laptop”.

Principais dados e informações que deverão estar disponíveis para a integração com o sistema centralizado de supervisão:

- (i) acionamento de sensores e acionadores manuais com a informação da situação de incêndio e o elemento de origem do alarme;
- (ii) falhas de sensores e acionadores com a informação da situação de avaria e o elemento de origem do defeito;



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

- (iii) falhas nas linhas de detecção com a informação da situação de avaria e da linha com defeito;
- (iv) falhas na alimentação com a informação da situação de avaria e o tipo de falha.

Alarmes sonoros na central

Para cada área protegida da subestação ou cabine, deverá existir na Central, a indicação de alarme de incêndio e alarme de anormalidade dos circuitos dos detectores (circuitos à terra, interrupção de circuito, curto-circuito, etc.). Os alarmes acústicos deverão distinguir-se entre si (por ex.: alarme de incêndio, som curto intermitente).

Deverá ser prevista a possibilidade de desligar o alarme acústico, porém o alarme após desligado deverá operar caso haja outra ocorrência.

A supervisão de falhas e avarias deverá ser identificada e localizada pela Central de Alarmes de forma clara e deverá constar no mínimo de:

- (i) ausência de rede primária;
- (ii) bateria descarregada;
- (iii) falta ou desconexão de bateria;
- (iv) detector fora de especificação;
- (v) substituição do tipo de detector;
- (vi) memória RAM desprotegida;
- (vii) circuito de detecção aberto;
- (viii) circuito de detecção em curto;
- (ix) falha interna e nas linhas de interface.

Fonte de alimentação do painel

A alimentação elétrica da Central de Alarme será suprida em tensão de 220/127 Vca – frequência de 60 Hz, com origem no painel PDCA.

Quando houver falta de alimentação normal, deverá entrar, automaticamente, a alimentação de emergência por bateria.

A central deverá ser protegida por fusíveis contra sobrecarga.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

**CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda**

A fonte deverá ser prevista para funcionamento do sistema sem as baterias.

A fonte deverá possuir um sistema de controle, com sinalização individual e interrupção de fornecimento da alimentação normal e tensão fora dos limites especificados.

1.17.1.11 Baterias e carregadores

As baterias para alimentação de emergência deverão alimentar a Central quando houver falta de alimentação normal (Vca). Em condições normais de operação o conjunto de baterias deverá permanecer em regime de carga flutuante, por meio de um carregador de baterias.

As baterias deverão ser do tipo selada, sem necessidade de reposição do eletrólito, com autonomia mínima de 24 horas em regime de supervisão na ausência da rede elétrica comercial, e mais 15 minutos de alarme geral a plena carga com acionamento simultâneo de todas as indicações sonoras e visuais externas à Central.

Controle de fonte de emergência

Este controle deverá sinalizar individualmente a interrupção de fornecimento da alimentação normal.

Identificação

A Central de Alarmes deverá possuir um painel frontal de identificação de alarme ou avaria, seja por meio de “LEDs” e placa de dizeres ou em display eletrônico alfanumérico.

1.17.2 Componentes elétricos do SDAI

1.17.2.1 Condutor elétrico para o sistema SDAI

Os cabos deverão ser blindados com dreno; branco para o positivo, preto para o negativo, de seção mínima de 1 mm².

Conexões

Os cabos deverão possuir terminação e identificação através de luvas/tubos plásticos transparentes e etiquetas plásticas indeléveis gravadas em cada extremidade da ligação com os equipamentos, incluindo blocos terminais, constantes dos esquemas elétrico e funcional.



Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.17.2.2 Condutos

Os eletrodutos exclusivos deverão ser identificados, através da indicação “SDAI” na cor vermelha ou por anéis pintados na cor vermelha e atender as características gerais descritas.

1.17.3 Documentos técnicos

1.17.3.1 Manual de manutenção

O objetivo deste manual é fornecer todos os dados e os procedimentos necessários a manutenção preventiva e corretiva dos sistemas implantados.

Este documento deve detalhar, para todos os equipamentos, as operações necessárias ao seu reparo e recondicionamento dentro das condições de projeto, no que se refere a: desmontagem, ajustes, tratamentos especiais, montagens, testes, equipamentos para testes, instrumentos de medição, dispositivos de montagens, desmontagens e reposição de componentes.

O Manual de Manutenção deverá ser elaborado de forma tal, que os integrantes da equipe de manutenção, estejam habilitados a executar a manutenção periódica e corretiva, seguindo rigorosamente, passo a passo, as instruções nele contidas.

Neste manual deverão estar relacionados os documentos técnicos e desenhos de referência de cada equipamento;

Para elaboração deste documento, deverá estar de acordo com as condições descritas neste documento.

1.17.3.2 Manual de operação

O objetivo deste manual é fornecer todos os dados e procedimentos necessários a operação do sistema.

Este documento resume o conjunto de orientações gerais para a operação do sistema como um todo, indicando o conjunto de instruções e procedimentos existentes que deverão ser observados, para as situações de operação normal e de emergência.

Para elaboração deste documento, deverá estar de acordo com as condições descritas neste documento.



| Secretaria dos Transportes Metropolitanos

CONCORRÊNCIA INTERNACIONAL Nº 01/2020
PROCESSO STM Nº 2907444/2019
Concessão das Linhas 8 - Diamante e 9 - Esmeralda

1.17.3.3 Memorial descritivo

O objetivo deste documento é de fornecer as premissas, resumo de funções dos equipamentos, bases técnicas e justificativas das soluções adotadas. Deverá conter referências de normas que serviram de orientação para o projeto.

Para elaboração deste documento, deverá estar de acordo com as condições descritas neste.