




RELATÓRIO TÉCNICO/TECHNICAL REPORT

Emitente/Issuer	Código interno/Internal Code:
	P0Q10423-PB-XX-ETR-al-CP-001

Título/Title
 EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - CRITÉRIO DE DESIGN - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA DE 69 KV - SE-01 E SE-02 / HIGH AND MEDIUM VOLTAGE EQUIPMENT GENERAL - DESIGN CRITERIA - 69 KV PRIMARY SUBSTATION - SE-01 AND SE-02

Documentos de Referência/Reference Document

Documentos Resultantes/Resulting Documents

Observações/Observations

					/ /
					/ /
					/ /
					/ /
					/ /
0	21/08/19	Emissão Inicial/Initial issue	FTO	SSK	WKK
Rev.	Data/Date	Descrição da Revisão/Review Description	Emitente/Issuer	Verif.	Aprovação/Approval

Emissão Inicial/Initial issue	21/08/19	FTO		21/08/19	SSK		21/08/19	WKK	
	Data/Date	Elaboração/Elaboration	Visto/Visa	Data/Date	Verificação/Verification	Visto/Visa	Data/Date	Aprovação/Approval	Visto/Visa



SUMÁRIO/INDEX

1. OBJETIVO.....	4
2. CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	5
3. SISTEMAS DE UNIDADES.....	6
4. IDIOMA	7
5. REQUISITOS GERAIS.....	8
6. NORMAS E DECRETOS.....	9
7. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	14
8. NÍVEIS DE TENSÃO	15
9. CONCEPÇÃO DO PROJETO	16
10. CRITÉRIOS ADOTADOS PARA AS SUBESTAÇÕES PRIMÁRIAS E SALAS TÉCNICAS	17
10.1. SUBESTAÇÕES.....	17
10.2. SALAS TÉCNICAS	18
11. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS DAS SUBESTAÇÕES PRIMÁRIAS	20
12. CRITÉRIO DOS EQUIPAMENTOS DAS SUBESTAÇÕES PRIMÁRIAS.....	22
12.1. RAMAL AÉREO	22
12.2. PAINEL DE COMANDO E PROTEÇÃO	22
12.3. PAINEL PARA MEDIÇÃO TARIFÁRIA DA CONCESSIONÁRIA	22
12.4. PAINEL DE DISTRIBUIÇÃO DE CORRENTE CONTÍNUA.....	23
12.5. RETIFICADOR CARREGADOR DE BATERIA.....	23
12.6. CAIXA PORTA FUSÍVEIS	23
12.7. BATERIAS.....	24
12.8. CABOS ELÉTRICOS – 22 KV	24
12.9. CUBÍCULOS DE 22 KV	25
12.10. PAINEL DE LUZ	26
12.11. PAINEL DE SERVIÇOS AUXILIARES	26
12.12. PAINEL DE SWITCH	26
12.13. TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 25 MVA 69/22 KV	27
12.14. DISJUNTOR TRIPOLAR 69 KV	28
12.15. CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR 69 KV	29
12.16. TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	29
12.17. TRANSFORMADOR DE CORRENTE	30
12.18. PARA-RAIOS ALTA TENSÃO.....	30
12.19. RESISTOR DE ATERRAMENTO	31



Código/Code		Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001		0
Data/Date	Folha/Page	
21/08/2019	3 de/of 61	

1. OBJECTIVE	32
2. ENVIRONMENTAL CONDITIONS	33
3. UNITS SYSTEM	34
4. LANGUAGE	35
5. GENERAL REQUIREMENTS	36
6. TECHNICAL AND REGULATORY STANDARDS.....	37
7. REFERENCE DOCUMENTS.....	43
8. VOLTAGE LEVELS.....	44
9. CONCEPTUAL DESIGN	45
10. CRITERIA ADOPTED FOR PRIMARY SUBSTATIONS AND TECHNICAL ROOMS.....	46
10.1. SUBSTATIONS	46
10.2. TECHNICAL ROOMS	47
11. ELECTRICAL EQUIPMENT OF PRIMARY SUBSTATIONS.....	49
12. CRITERIA FOR PRIMARY SUBSTATION EQUIPMENT	51
12.1. AERIAL RAMAL	51
12.2. COMMAND AND PROTECTION PANEL.....	51
12.3. PANEL FOR TARIFF MEASUREMENT OF THE CONCESSIONAIRE.....	51
12.4. DC POWER DISTRIBUTION PANEL	51
12.5. BATTERY CHARGER RECTIFIER.....	52
12.6. FUSE BOX.....	52
12.7. BATTERIES	53
12.8. ELECTRICAL CABLES – 22 KV.....	53
12.9. 22 KV CUBICLES	54
12.10. LIGHT DISTRIBUTION PANEL	55
12.11. AUXILIARY SERVICES PANEL	55
12.12. DATA TRANSMISSION SWITCHES PANEL.....	56
12.13. 25 MVA - 69/22 kV POWER TRANSFORMER.....	57
12.14. 69 KV TRIPOLAR CIRCUIT BREAKER.....	58
12.15. 69 KV TRIPOLAR DISCONNECTING SWITCH.....	58
12.16. POTENCIAL TRANSFORMER.....	59
12.17. CURRENT TRANSFORMER	59
12.18. HIGH VOLTAGE LIGHTNING ARRESTERS	60
12.19. GROUNDING RESISTOR	60



Código/Code		Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001		0
Data/Date	Folha/Page	
21/08/2019	4 de/of 61	

1. OBJETIVO

Este documento tem por objetivo definir os critérios e parâmetros básicos adotados no Projeto Básico da Subestação Primária de 69 kV, situados nos bairros de Calçada e Periperi, localizados na cidade de Salvador – BA.

Os critérios apresentados deverão ser seguidos em todas as etapas do projeto. Podem, entretanto, sempre que necessário ou conveniente e sempre de comum acordo com todas as partes envolvidas, serem revisados e atualizados de modo a deixarem registradas todas as modificações e implementos até a entrega da instalação.



2. CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Os locais a que se destinam os equipamentos apresentam as seguintes condições ambientais:

Dados / Informações	Características	Valores
Altitude	Nível do Mar	
Características dos Ventos: Velocidade [km/h] para dimensionamento	Média	15 km/h
Temperatura [°C]	Média das máximas	30°
	Média das mínimas	25°
Umidade relativa do Ar [%]	Máxima	81%
Precipitação pluviométrica mensal		164 mm/mês



Código/Code		Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001		0
Data/Date	Folha/Page	
21/08/2019	6 de/of 61	

3. SISTEMAS DE UNIDADES

Todas as unidades de medidas adotadas deverão obrigatoriamente constar do Sistema Internacional de Unidades (SI) ou ser abrangidas pelo decreto-lei nº 62.292 de 22 de fevereiro de 1968 e pelo nº 63.233 de 12 de setembro de 1968.

No caso de aplicação em tecnologia de informação, de acordo com a norma IEC, alguns símbolos ou nomes de unidades, equivalentes com o (SI), devem adotar prefixos numéricos em quantidades binárias, em vez de decimal.



Código/Code		Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001		0
Data/Date	Folha/Page	
21/08/2019	7 de/of 61	

4. IDIOMA

Para a apresentação de toda a documentação técnica a ser enviada, deverá ser utilizado o idioma português e traduzidos para o Inglês no mesmo documento.



Código/Code		Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001		0
Data/Date	Folha/Page	
21/08/2019	8 de/of 61	

5. REQUISITOS GERAIS

Este documento define as características técnicas a partir das quais deverá ser desenvolvido o Projeto Básico de Instalações Elétricas, visando uniformizar os materiais e métodos de instalações com a utilização de documentos padronizados.

O projeto deverá ser executado considerando-se todos os aspectos:

- Segurança pessoal e patrimonial;
- Confiabilidade e flexibilidade das instalações;
- Facilidade de operação e manutenção;
- Facilidade na ampliação ou modificação do sistema;
- Obediência ao sistema de gestão da qualidade, segurança, higiene, trabalho e meio ambiente;
- Obediência às normas técnicas adiante indicadas e normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho.



6. NORMAS E DECRETOS

Este capítulo apresenta a relação de Normas, Leis e decretos utilizados neste documento.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR 5356-1	Transformadores de potência Parte 1: Generalidades
NBR 6855	Transformadores de potencial indutivos
NBR 6856	Transformador de corrente
NBR 7277	Transformadores e reatores - determinação do nível de ruído
NBR 7289	Cabos de controle com isolamento extrudada de PE ou PVC para tensões até 1 kV - requisitos de desempenho
NBR 7290	Cabos de controle com isolamento extrudada de XLPE ou EPR para tensões até 1 kV - requisitos de desempenho
NBR 10295	Transformadores de potência secos – especificação
NBR 14039	Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV
NBR IEC 60050-444	Vocabulário eletrotécnico internacional Parte 444: Relés elementares
NBR IEC 60439-1	Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão - Parte 1: Conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA)
NBR IEC 60529	Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP)
NBR IEC 60947-2	Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão - Parte 2: Disjuntores
NBR IEC 60947-4-1	Dispositivo de manobra e controle de baixa tensão - Parte 4-1: Contatores e partidas de motores - contatores e partidas de motores eletromecânicos
NBR IEC 62271-200	Conjunto de manobra e controle de alta-tensão - Parte 200: Conjunto de manobra e controle de alta-tensão em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até e inclusive 52 kV
NBR ISO 9000	Sistemas de gestão da qualidade - fundamentos e vocabulário
NBR NM 247-3	Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750 V, inclusive - Parte 3: Condutores isolado (sem cobertura) para instalações fixas (IEC 60227-3, MOD)

ASTM - American Society for Testing and Materials

ASTM B193-02	Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
ASTM D709-01	Standard Specification for Laminated Thermosetting Materials



CENELEC - European Committie for Eletrotechnical Standardization

EN 50124	Railway applications - insulation coordination
EN 60947-7-1	Low-voltage switchgear and controlgear - part 7-1: Ancillary Equipment - terminal blocks for copper conductors

IEC - International Electrotechnical Commission

IEC 60050-445	International electrotechnical vocabulary - part 445: Time relays
IEC 60050-447	International electrotechnical vocabulary - part 447: Measuring relays
IEC 60068-2-1	Environmental testing - Part 2-1: Tests - test A: cold
IEC 60068-2-2	Environmental testing - Part 2-2: Tests - test B: dry heat
IEC 60068-2-30	Environmental testing - Part 2-30: Tests - test Db: damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)
IEC 60099-4	Surge arresters - Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems
IEC 60146	Semiconductor converters
IEC 60255	Electrical relays, measuring relays and protection equipment
IEC 60255-1	Measuring relays and protection equipment - Part 1: Common requirements
IEC 60255-27	Electrical relays and protection equipment - Part 27: Product safety - requirements
IEC 60255-21-1	Electrical relays - Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment - section one: Vibration tests (sinusoidal)
IEC 60255-21-2	Electrical relays - Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment - section two: Shock and bump tests
IEC 60255-26	Measuring relays and protection equipment - Part 26: Eletromagnetic compatibility requiriments;
IEC 60282	High-voltage fuses
IEC 60297	Mechanical structures for electronic equipment - dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series
IEC 60870-5-101	Telecontrol equipment and systems - Part 5-101: Transmission protocols - companion standard for basic telecontrol tasks
IEC 60870-5-103	Telecontrol equipment and systems - Part 5-103: Transmission protocols - companion standard for the informative interface of protection equipment
IEC 60870-5-104	Telecontrol equipment and systems - Part 5-104: Transmission protocols - network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles
IEC 61000	Electromagnetic compatibility (EMC)



IEC 61000-4-3	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test
IEC 61000-4-4	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – electrical fast transient/burst immunity test
IEC 61000-4-8	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-8: Testing and measurement techniques - power frequency magnetic field immunity test
IEC 61000-4-12	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-12: Testing and measurement techniques - Ring wave immunity test
IEC 61243-1	Live working - voltage detectors - Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1 kV a.c
IEC 61243-5	Live working - voltage detectors - Part 5: Voltage detecting systems (VDS)
IEC 61131	Programmable controllers
IEC 61131-3	Programmable controllers - Part 3: Programming languages
IEC 61508	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
IEC 61850	Communication networks and systems for power utility automation
IEC 61850-1	Communication networks and systems for power utility automation - Part 1: Introduction and overview
IEC 61850-3	Communication networks and systems for power utility automation - Part 3: General requirements
IEC 61850-10	Communication networks and systems for power utility automation - Part 10: Conformance testing
IEC 62271	High-voltage switchgear and controlgear
IEC 62271-100	High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: Alternating current circuit-breakers

IEEE- Institute of Electrical and Eletronic Engineering

IEEE C37.2	Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, And Contact Designations
IEEE C37.20.1	IEEE Standard for Metal-Enclosed Low-Voltage Power Circuit Breaker Switchgear
IEEE C37.90	Relays and relay systems associated with electric power apparatus
IEEE C37.90.1	Surge Withstand Capability (Swc) tests for relays and relay systems associated with electric power apparatus
IEEE C37.90.2	Withstand capability of relay systems to radiated electromagnetic interference from transceivers
IEEE C37.90.3	Electrostatic discharge tests for protective relays
IEEE C37.91	Protecting power transformers



IEEE C37.118.1	IEEE standard for synchrophasor measurements for power systems
IEEE C62.11	Metal-oxide surge arresters for AC power circuits (> 1 kV)
IEEE 802.3	IEEE standard for information technology-- local and metropolitan area networks-- specific requirements-- Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications corrigendum 1: timing considerations for PAUSE operation
IEEE 802.1D	IEEE standard for local and metropolitan area networks: Media Access Control (MAC) bridges
IEEE 802.1Q	IEEE standard for local and metropolitan area networks--Media Access Control (MAC) bridges and virtual bridged local area networks
IEEE 1613	IEEE standard environmental and testing requirements for communications networking devices installed in electric power substations
IEEE 29148	IEEE systems and software engineering -- life cycle processes -- requirements engineering

ISO - International Standardization for Organization

ISO/IEC 25010	System and software engineering - System and software quality requirement and evaluation -- System and software quality models
ISO/IEC/IEEE 90003	Software engineering -- guidelines for the application of ISO 9001:2015 to computer software
ISO/IEC 10746	Information technology - open distributed processing

MIL - Military Standards

MIL DTL 24643	Cables, Electric, Low Smoke Halogen-Free, For Shipboard Use - General Specification For
---------------	---

NES – Naval Engineering Standard

DEFSTAN 07-247	Selection of Materials on the Basis of their Fire Characteristics
----------------	---

The Standard for Interfacing Marine Electronics

TIA	Telecommunications Industry Association
-----	---

EIA - Electronic Industries Association

TIA/EIA 568-B	Commercial building telecommunications cabling standards
---------------	--



Código/Code	Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001	0
Data/Date	Folha/Page
21/08/2019	13 de/of 61

Decretos e normas referentes a conforto acústico e atividades ocupacionais

Estadual:

Decreto nº 16.302 de 27 de agosto de 2015 do Corpo de Bombeiros da Bahia

Federal:

Resolução nº 1 do CONAMA:

- Normas NBR 10151 e NBR 10152 da ABNT
- NR 10 – Instalações e Serviços em Eletricidade
- NR 15 – Atividades e Operações Insalubres
- NR 17 – Ergonomia



7. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

EQ-MG.00.SR_B.AM0-001	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - DIAGRAMA UNIFILAR - SUBESTAÇÃO PRIMARIA DE 69 KV - SE-01
EQ-MG.00.SR_B.AM0-002	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - DIAGRAMA UNIFILAR - SUBESTAÇÃO PRIMARIA DE 69 KV - SE-02
EQ-MG.00.SR_B.AM0-003	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - DIAGRAMA UNIFILAR - SISTEMAS AUXILIARES - SUBESTAÇÃO DE 69 KV - SE-01
EQ-MG.00.SR_B.AM0-004	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - DIAGRAMA UNIFILAR - SISTEMAS AUXILIARES - SUBESTAÇÃO DE 69 KV - SE-02
DE-MG.00.SR_B.AM0-003	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ARRANJO DE EQUIPAMENTOS - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-01 - PLANTA
DE-MG.00.SR_B.AM0-004	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ARRANJO DE EQUIPAMENTOS - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-01 - CORTES
DE-MG.00.SR_B.AM0-005	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ARRANJO DE EQUIPAMENTOS - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-02 - PLANTA
DE-MG.00.SR_B.AM0-006	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ARRANJO DE EQUIPAMENTOS - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-02 - CORTES
DE-MG.00.SR_B.AM0-009	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ILUMINAÇÃO INTERNA E EXTERNA - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-01 - PLANTA E DETALHES
DE-MG.00.SR_B.AM0-010	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ILUMINAÇÃO INTERNA E EXTERNA - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-02 - PLANTA E DETALHES
DE-MG.00.SR_B.AM0-011	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - MALHA DE ATERRAMENTO GERAL - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-01 - PLANTA E DETALHES
DE-MG.00.SR_B.AM0-013	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - MALHA DE ATERRAMENTO GERAL - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-02 - PLANTA E DETALHES
DE-MG.00.SR_B.AM0-015	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - SISTEMA DE SPDA - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-01 - CORTES
DE-MG.00.SR_B.AM0-016	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - SISTEMA DE SPDA - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-02 - CORTES



8. NÍVEIS DE TENSÃO

As tensões do sistema elétrico estão distribuídas nos seguintes níveis:

Entrada da Concessionária: 69 kV – 3Ø - 60 Hz;

Distribuição Secundária:

- 22 kV - 3Ø - 60 Hz - Equipamentos de Média Tensão das Subestações Secundárias;
- 380 V - 3Ø - 60 Hz - Tomadas de Solda e pequenas cargas estáticas;
- 380/220 V - 3Ø + N - 60 Hz - Painéis para Iluminação e tomadas, HVAC e bombas diversas.
- 220 V - 1Ø + N + PE - 60 Hz - Circuitos de iluminação e tomadas;
- 125 Vcc – Circuitos de proteção e comando de painéis de média e baixa tensão, Painel de Switches, Sistema de Telecom e Sistema de Automação Elétrica.
- Secundários do transformador de potencia em 22 kV com conexão em estrela e neutro acessível tem-se tensão de 12,7 kV e aterrado por resistor de aterramento limitando em 600 A – 10 s;

Para média tensão utilizar a formula simplificada para cabo EPR:

$$I \times \sqrt{t} = 122,4 \times S, \text{ onde:}$$

I= corrente de curto circuito fase-terra (sem considerar resistor de aterramento);

t = tempo de extinção da corrente de falha terra $\leq 0,5$ s;

S= secção do cabo em mm².

Para baixa tensão utilizar a tabela 48 da norma NBR-5410/2004.

- Secundários dos transformadores em 380 V com conexão em estrela e neutro acessível tem-se tensão de 220 V e solidamente aterrado.

Para baixa tensão utilizar a tabela 48 da norma NBR-5410/2004.

Tensão de Utilização (kV)	Classe de tensão (kV)	NBI (kV)
69	72,5	350
22	24,0	125
0,38	1,0	n.a.



9. CONCEPÇÃO DO PROJETO

O Sistema de Alimentação Elétrica de Alta Tensão (69 kV) do Monotrilho de Salvador será composto, basicamente, de:

- 1 Subestação Primária em 69 - 22,0 kV denominada Subestação SE-01 localizada no bairro Calçada;
- 1 Subestação Primária em 69 - 22,0 kV denominada Subestação SE-02 localizada no bairro Peri Peri;

As Subestações Primárias SE-01 e SE-02 serão alimentadas na tensão em 69 kV da linha de transmissão de energia da Concessionária (Coelba), sendo que uma receberá da rede principal (L1) e a segunda subestação primária receberá da Coelba a linha redundante (L2).

Cada Subestação Primária tem condições de suprir toda a carga elétrica do sistema elétrico do Monotrilho e será concebido ao tempo com classe de tensão 72,5 kV.

Os cabos aéreos na chegada das Subestações Primárias serão ancorados em pórticos de concreto.

Os equipamentos elétricos montados no pátio da subestação de 69 kV, serão assentados nas colunas e vigas de concreto e as bases de concreto serão dimensionadas para o peso de cada tipo de equipamento. A altura da coluna para equipamento com relação ao piso seguirão rigorosamente as normas ABNT e as normas vigentes da concessionária local.

O barramento de 69 kV, interligações e as descidas para equipamentos será realizado por cabos flexíveis de alumínio com alma de aço devidamente dimensionados para a capacidade do sistema elétrico e para os níveis de curto circuito da concessionária.

A tensão em 69 kV será rebaixada para o nível de 22 kV através de 01 transformador de potência 69/22 kV - 25 MVA, sendo um transformador para cada Subestação Primária. Existe um planejamento no futuro de instalar o segundo transformador em cada Subestação Primária de idênticas características, no qual existe um espaço reservado para esta finalidade.

A tensão em 22 kV fornecida no secundário do transformador de potência, alimentará cubículos de média tensão em 22 kV, que por sua vez alimentarão os grupos transformadores-retificadores em determinados locais definidos, para gerar a tensão retificada nominal de 1500 Vcc destinada a suprir a alimentação elétrica requerida pelo Monotrilho.



10. CRITÉRIOS ADOTADOS PARA AS SUBESTAÇÕES PRIMÁRIAS E SALAS TÉCNICAS

10.1. SUBESTAÇÕES

- Será do tipo “ao tempo” convencional isoladas a ar;
- Os equipamentos de Alta Tensão são próprios para instalação ao tempo;
- Pórtico simples com vão total de 8,0 metros e sustentado por 2 colunas e uma viga de concreto.
- Será considerado afastamento entre fases de 2 metros.
- Será considerado altura mínima em relação ao solo das bases dos equipamentos de no mínimo 2,5 metros.
- Corrente de curto circuito máxima a ser usadas em dimensionamentos eletromecânicos: 31,5 kA.
- Nível básico de isolamento NBI: 350 kV.
- A passagem de cabos no pátio das subestações primárias serão feitas através de canaletas. Serão providas de suportes metálicos para permitir a segregação dos cabos de controle, comunicações, iluminação e força. As canaletas serão aterradas.
- O pátio da subestação receberá uma camada mínima de 15 centímetros de pedra britada número 2 que atingirá a cota do piso da subestação, que será definida oportunamente pela disciplina civil.
- Será construído uma base de concreto para o transformador de potência e terá bacia de contenção de óleo isolante para eventual vazamento e recoberta de brita alojada na grelha perfurada sobre a superfície da base. No fundo da bacia terá uma tubulação interligando a bacia com a caixa separadora de água e óleo, localizado próximo a Sala Técnica.

As bacias coletoras serão projetadas de forma que o nível máximo de óleo (assumindo uma descarga total) fique no mínimo 100 mm abaixo do topo da camada de pedra britada, e a profundidade da camada de pedra britada deve ser no mínimo de 300 mm.

O transformador de potência será isolado através de parede corta fogo contruída conforme “National Fire Protection” e NBR 13231.

- As subestações terão o sistema de drenagem de água pluviais;
- Será contruída na área das Subestações Primárias rede de malha de terra, formada por reticulados de cabo de cobre nu de bitola 95 mm² fazendo interligação com hastes de cobre ligadas a malha.
- A malha de aterramento não terá resistência à terra superior a 5 Ω, serão atendidos os valores admissíveis de passo e toque.
- Será feito a medição de resistividade do solo no local pelo método de quatro pontos de Wenner conforme normas NBR-7117 e IEEE-81. As



medições serão realizadas de preferência no período seco, com o solo tão seco quanto possível, na próxima fase do projeto.

- Todos os equipamentos de alta tensão e estruturas serão aterrados.
- Será projetada caixas de inspeção para medição da resistência do sistema de aterramento.
- Será realizado na área das Subestações Primárias o sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) conforme norma NBR-5419. Nas partes superiores das colunas dos pórticos serão fixados cabos de aço de 3/8 para realizar a proteção contra descargas atmosféricas das subestações 69 kV. Os cabos serão instalados em volta da subestação e interligando com todas as colunas formando uma malha fechada “gaiola de Faraday”.

Os captosres serão fixados no topo de cada coluna.

Os cabos de descidas serão interligados com a malha de aterramento da Subestação.

- A iluminação externa do pátio das subestações serão utilizados luminárias LED de 255 W e projetores de LED 150 W. As luminárias e projetores serão próprios para instalação ao tempo.
Serão alimentados alimentados a partir do painel de luz.
- Serão afixadas placas de sinalização indicando o risco ao entrar nas instalações. As placas deverão ser confeccionadas em material não condutor elétrico, resistente e indelével às intempéries.
- A Subestação Primária terá uma cerca perimetral construída com tijolo e colunas de concreto com altura de 3,5 metros.
- Haverá um portão de acesso de veículos e passagem de equipamentos e outro portão para acesso de pessoas, conforme indicado no desenho de arranjo DE-MG.00.SR_B.AM0-003 e DE-MG.00.SR_B.AM0-005.

10.2. SALAS TÉCNICAS

- Serão construídas em alvenaria e com cobertura com laje e telhado. O pé direito será de 5 metros.
- As salas técnicas abrigarão os seguintes equipamentos/edificações:
 - Paineis de média tensão;
 - Paineis de baixa tensão;
 - Paineis de serviços auxiliares;
 - Painéis de automação/comunicação (sala exclusiva);
 - Carregador de baterias;
 - Sala de baterias (sala exclusiva);
 - Sala de medição tarifária da Concessionária (sala exclusiva);
 - Transformador de Serviços Auxiliares(sala exclusiva);



- Banheiro com pia, sanitário e chuveiro;

- As salas técnicas serão climatizadas com a temperatura de 27°C.
- Os cabos de interligação dos medidores aos transformadores de medição devem ser fornecidos e instalados pela Concessionária de Energia. As seções desses cabos são determinadas pelo método da queda de tensão.
- A sala que abrigará os bancos de baterias serão equipadas com instalações e componentes à prova de explosão, exaustor, lava olhos, piso anti-ácido, revestimento cerâmico e com ralo com interligação ao tanque de coleta fora da sala de baterias.

Os bancos de baterias serão instalados em estantes metálicas com tratamento para resistir a ação do eletrólito.

- Para manter a vida útil das baterias, o ambiente será climatizado através de ar condicionado para temperatura 25° graus.
- Nos painéis de automação e comunicação será implementado rede de comunicação do sistema de supervisão, proteção e controle das Subestações Primárias.
- No sistema de iluminação da Subestações Primárias serão previstos iluminação normal e iluminação de emergência. O sistema de iluminação normal será alimentado em CA e o de emergência em CC.
- A iluminação interna das salas técnicas serão composta por luminárias pendentes, instaladas em perfilado, grau de proteção IP-65. As lâmpadas serão tipo tubular de LED 37 W.

A iluminação externa das salas técnicas serão utilizados projetores de 77 W de LED.

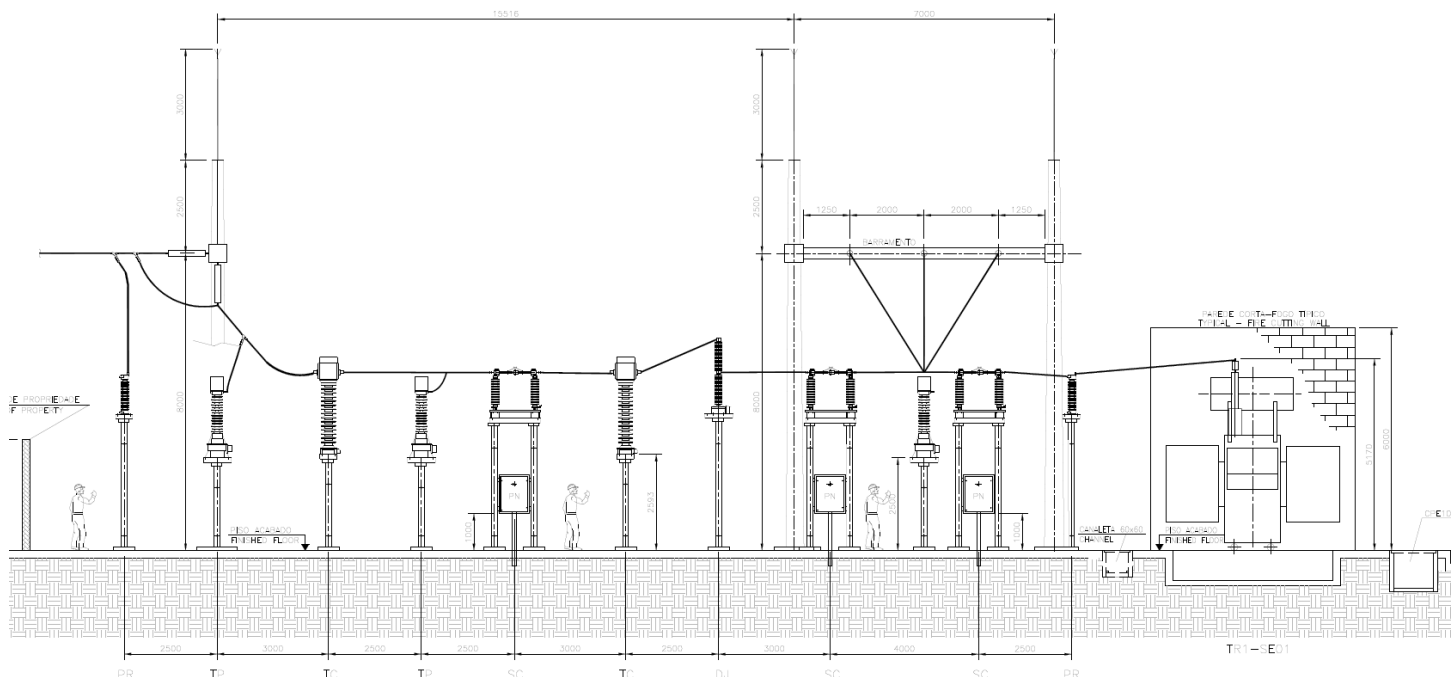
Serão alimentados alimentados a partir do painel de luz.

- Nas salas técnicas serão utilizados tomadas 2P+T (F+N+T) de 20 A – 220 V.
- É previsto tomadas de solda 3P+T – 32 A – 380 V.

11. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS DAS SUBESTAÇÕES PRIMÁRIAS

As Subestações Primárias de 69 kV serão concebidas no Pátio das Subestações da seguinte forma na sequencia tendo como referencia os cabos aéreos da concessionária de energia:

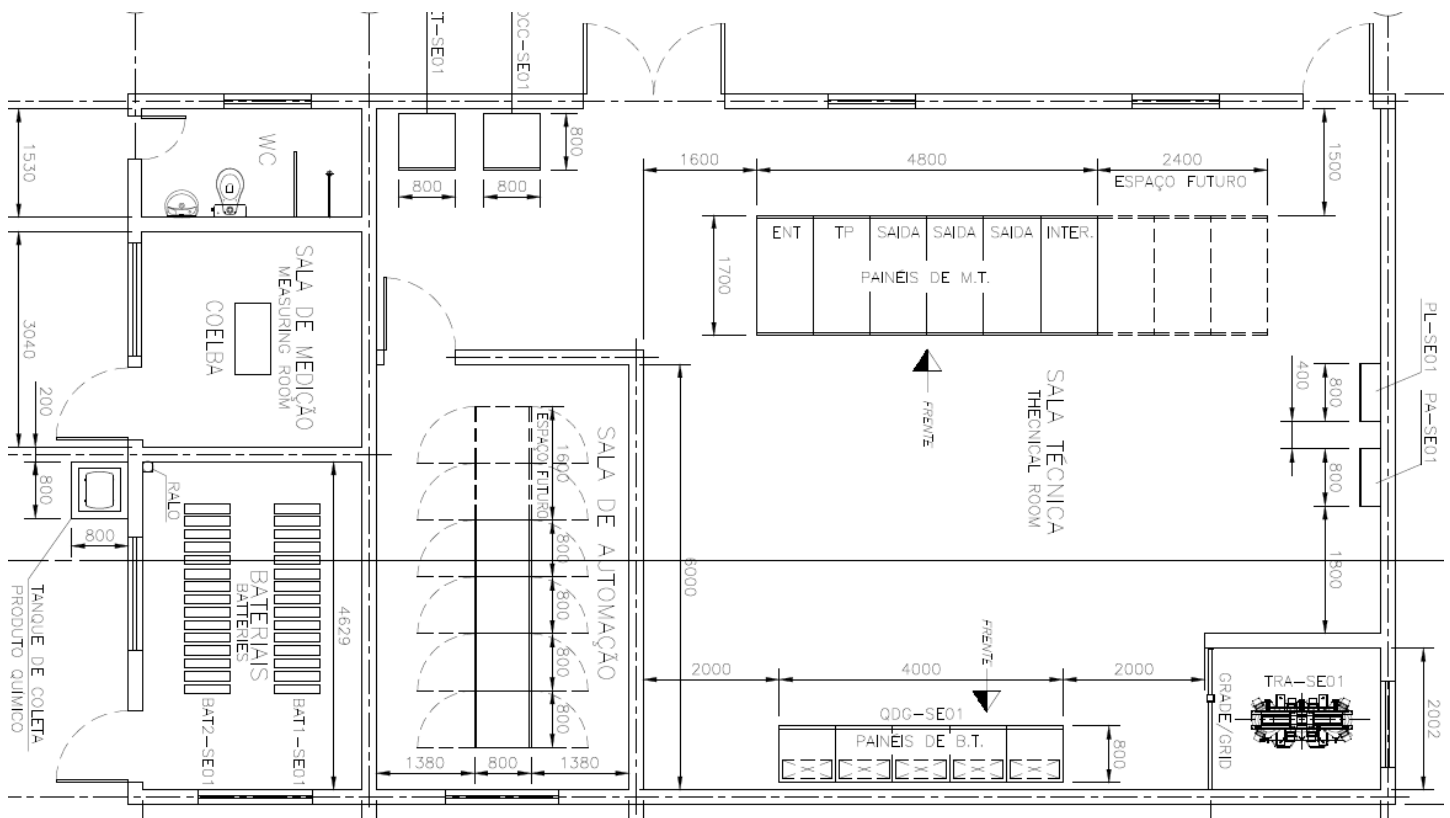
- 03 Pára Raios 10 kA – 72,5 kV;
- 03 Transformadores de corrente da Concessionária de Energia para medição tarifária;
- 03 Transformadores de potencial da Concessionária de Energia para medição tarifária;
- 01 Chave Seccionadora tripolar com lamina de terra – 1250 A – 72,5 kV;
- 01 Disjuntor tripolar SF6 – 1250 A – 72,5 kV;
- 01 Chave Seccionadora tripolar com lamina de terra – 1250 A – 72,5 kV;
- 01 Barramento comum com cabo aéreo – 1250 A – 72,5 kV;
- 01 Chave Seccionadora tripolar – 1250 A – 72,5 kV;
- 03 Pára Raios 10 kA – 72,5 kV;
- 01 Transformador de Potencia – 25MVA – 69/22 kV;
- 01 Resistor de Aterramento – 600 A – $22/\sqrt{3}$ kV;





Na Sala Técnica estarão instalados os equipamentos de média tensão em 22 kV e sistema auxiliar em 380/220 V. São seguintes equipamentos:

- Quadro Principal de Média Tensão – QPMT – 22 kV – 60Hz - 3Ø;
- Quadro Geral de Distribuição – QPD – 380/220V;
- Painel Auxiliar – PA – 380/220V;
- Quadro de Distribuição de Corrente Contínua – QDCC – 125 Vcc;
- Retificador Carregador de Bateria – RET – 125 Vcc;
- Banco de Bateria Chumbo Ácida – BAT – 62 elementos – 280Ah;
- Painel de Luz – PL – 220V





12. CRITÉRIO DOS EQUIPAMENTOS DAS SUBESTAÇÕES PRIMÁRIAS

12.1. RAMAL AÉREO

- Cabo tipo CAA;
- Flexíveis de alumínio com alma de aço;
- Alta resistência mecânica;
- Bitola: MCM 336;
- Cadeia de isoladores para ancoragem;
- Pórtico simples com vão total de 8 metros e sustentado por 2 colunas e uma viga de concreto.

12.2. PAINEL DE COMANDO E PROTEÇÃO

- Composto por duas colunas (01 coluna para circuito do bay da linha 69 kV e 01 coluna para circuito do transformador de força);
- Auto portantes;
- Grau de proteção IP-4x;
- Com relé inteligente (IED);
- Medidor de grandezas elétricas;
- Chave de comando com retorno automático à posição central;
- Chave de seleção local/remoto;
- Sinais tipo led;
- Sinótico.

12.3. PAINEL PARA MEDIÇÃO TARIFÁRIA DA CONCESSIONÁRIA

- Composto por 01 coluna para cada Subestação Primária;
- Sala específica para medição tarifária;
- Auto portantes;
- Grau de proteção IP-4x;
- Porta com viseira fixa com vidro temperado com guarnição de borracha sintética;
- Dimensões conforme padrão da Concessionária de Energia;
- Bitola dos condutores de interligação entre equipamentos (TPs e TCs) e o painel de medidores = mínimo 6 mm²;
- Com medidores de energia fornecidos pela Concessionária.



12.4. PAINEL DE DISTRIBUIÇÃO DE CORRENTE CONTÍNUA

- Composto por 01 coluna para cada Subestação;
- Auto portantes;
- Grau de proteção IP-4x;
- Tensão Nominal = 125 Vcc;
- Corrente nominal barramento = 100 A;
- Corrente de curto circuito mínima = 10 kA;
- Barra de cobre eletrolítico no interior do painel para aterramento;
- Capacidade mínima dos disjuntores de saída caixa moldada = 25 A;
- Barramento principal/derivação em cobre eletrolítico revestido com material termo contrátil;

12.5. RETIFICADOR CARREGADOR DE BATERIA

- Composto por 01 unidade completa para cada Subestação;
- Alimentação = trifásica em 380 V;
- Frequência = 60 Hz;
- Fator de potência mínimo = 0,92 indutivo;
- Rendimento = >90%;
- Capacidade = 80 kVA;
- Tensão nominal = 125 Vcc;
- Com diodo de queda para evitar sobretensões;
- Tensão de ripple = <2% com bateria desacoplada;
- Tempo de carregamento das baterias = máximo 5 horas;
- Unidade de controle inteligente e digital;
- Protocolo de comunicação: Modbus RTU.

12.6. CAIXA PORTA FUSÍVEIS

- Composto por 01 unidade completa para cada banco de baterias;
- Tensão nominal = 125 Vcc;
- Tensão de isolamento maior ou igual a 500 Vcc;
- Com chave seccionadora rotativa sob carga bipolar;
- Providada de fusíveis tipo NH;
- Corrente nominal compatível com a seletividade do sistema.



12.7. BATERIAS

- Composto por 01 banco completo para cada Subestação;
- Tipo = chumbo-ácido convencional ventilada;
- Tensão nominal = 125 Vcc;
- Autonomia do banco de baterias = 3 horas;
- Tempo de recarga do banco de baterias = 5 horas;
- Capacidade = 280 A.h;
- Montada sobre prateleira metálica a prova de corrosão;
- Vida útil = >10 anos;

12.8. CABOS ELÉTRICOS – 22 KV

- Tensão nominal = 22 kV;
- Frequência = 60 Hz;
- Classe de isolamento: 15/25 kV;
- Classe de encordoamento: 2;
- Temperatura máxima no condutor:
 - 90°C em regime permanente;
 - 130°C em sobrecarga;
 - 250°C em regime de curto circuito.
- Blindagem sobre o condutor:
 - Constituída por camada extrudada de composto semicondutor termofixo justaposta sobre o condutor;
 - Espessura média da camada extrudada =>0,4mm;
- Isolação:
 - Tipo sólido, constituído por um composto termofixo de borracha etileno-propileno;
 - Baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.
- Blindagem Semicondutora da Isolação:
 - Termofixa e extrudada simultaneamente com a isolação e com a blindagem do condutor.
- Blindagem Metálica sobre a Isolação:
 - Constituída de fios de cobre;
 - Resistividade máxima = $0,018312 \times \text{mm}^2/\text{m}$ a 20°C.
- Cobertura:
 - Cor preta;
 - Alta resistência mecânica;
 - Constituída de material poliolefínico termofixo ou termoplástico;
 - Baixa emissão de gases tóxicos e fumaça;
 - Isenta de halogênios.



- Terminais para Cabos de 22 KV:
 - Material termocontrátil ou contráteis a frio;
 - Com tubo defletor de campo elétrico para área externa quando aplicável;
- Temperatura de operação conexões = 250°C (condição de curto-circuito);
- Terminais:
 - Tipo polimérico;
 - Material termocontrátil ou contráteis a frio;
 - Com tubo defletor de campo elétrico;
 - Temperatura de operação conectores = 250°C (condição de curto-circuito);
- Construção Bloqueada Longitudinalmente:
 - Resistente a passagem de água;
 - Espessura plena ou coordenada;
 - Com bloqueio no condutor e na blindagem metálica da isolação.

12.9. CUBÍCULOS DE 22 KV

- Tipo LSC2B;
- Auto portantes;
- Grau de proteção IP-4x;
- Instalação abrigada;
- Tensão nominal = 22 kV;
- Frequência = 60 Hz;
- Classe de tensão: 24 kV;
- Corrente suportável nominal de curta duração (1s) – 34,5 kA;
- Tensão suportável nominal a impulso atmosférico – 125 kV;
- Tensão suportável nominal a frequência industrial – 50 kV;
- Circuito de controle: CC – 125 V / CA – 220 V;
- Sistema de exaustão de gases por dutos;
- Provido de dispositivo para proteção contra incidência de arco elétrico interno nas celas dos cubículos (detector por corrente e flash), categoria IAC AFLR;
- Providos de lâmpadas, tomadas, resistores de desumidificação e termostatos;
- Indicadores luminosos de presença de tensão;
- Tensão de comando, proteção e controle = 125 Vcc;
- Barras mímicas representando diagrama unifilar dos circuitos;

Equipamentos Internos dos Cubículos

- Disjuntor tripolar, extraível, a vácuo em 22 kV;



- Transformador de Corrente (TC);
- Transformador de Potencial (TP) onde aplicável;
- Pára-Raios;
- Detectores e relés de presença de tensão;
- Medidores de grandezas elétricas;
- Chaves de aterramento;
- Relés digitais (IEDs);
- Sinalização por Led;
- Chave de Comando 52 CS;
- Chave de Seleção 43 L/R;
- Sinótico.

12.10. PAINEL DE LUZ

- Composto por 01 unidade completa para cada Subestação;
- Alimentação dos circuitos = 380 V - 3Ø + T + N;
- Tensão nominal = 220 V - 1Ø;
- Frequência = 60 Hz;
- Grau de proteção IP-3x;
- Disjuntor circuito de entrada = Tipo caixa moldada;

12.11. PAINEL DE SERVIÇOS AUXILIARES

- Composto por 01 unidade completa para cada Subestação;
- Tensão nominal = 380/220 V;
- Frequência = 60 Hz;
- Corrente nominal do barramento = 63 A;
- Corrente de curto circuito = 10 kA;
- Grau de proteção IP-4x;
- Disjuntor circuito de entrada = Tipo caixa moldada;
- Capacidade mínima dos disjuntores de saída = 10 A;

12.12. PAINEL DE SWITCH

- Composto por 01 unidade completa para cada Subestação;
- Grau de proteção IP-4x;
- Auto portantes;



- 02 Réguas de 10 tomadas elétricas 2P+T, por rack, com capacidade de 25 amperes e rabicho de 2 metros no mínimo, para ligação em borne;

SWITCHES ÓPTICOS

- Com 24 portas 10/100/1000 UTP, 04 portas 10GBASE-X SFP+ (fibra ótica), PoE;
- Alimentação auxiliar: 125 Vcc;
- 2 portas 10GBASE-X ethernet, full-duplex, para fibras óticas monomodo ou multimodo;
- 24 portas Ethernet 10/100/1000 PoE com autosensing de velocidade e com conectores RJ-45;
- Memória RAM instalada igual ou superior a 4 GB;
- mínimo, 24 portas Ethernet 10/100/1000 (UTP) integradas ao dispositivo de hardware, tendo portas destinadas às funções administrativas da solução, como por exemplo, redes de sincronismo, controle e empilhamento, com suporte a PoE+ (IEEE 802.3at)
- Mínimo 02 portas 10 Giga bit Ethernet (UTP) integradas ao dispositivo de hardware, com suporte ao padrão INCIT/ANSI 10GFC, e suporte a transceivers óticos 10GBASE-SR SFP (Short Range - Small Form-factor Pluggable);
- Suportar o estabelecimento de VLANs através de trunking, conforme o padrão IEEE 802.1q;
- Suportar Link Agregation, conforme o padrão IEEE 802.3ad, em todas as interfaces Ethernet;
- O Sistema Operacional do dispositivo deverá permitir a utilização do recurso "tcpdump" em qualquer das interfaces de rede, para captura e monitoração de pacotes;
- Switching Fabric pelo menos 160Gbps;
- Permitir o uso de utilização de VPN;
- Permitir o gerenciamento remoto através de protocolo HTTP/HTTPS;
- Suporte a IPV4 e IPV6 routing, multicast routing, QoS qualidade de serviços avançados.
- Painel RTU.

12.13. TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 25 MVA 69/22 KV

- Composto por 01 unidade completa para cada Subestação;
- Potencia: 25 MVA (ONAN) – RELAÇÃO: 69 / 22 kV;
- Nível de Isolamento no primário= 72,5 kV – Secundário= 24,2 kV;
- NBI no primário= 350 KV – Secundário= 150 kV;



- Corrente térmica de curta duração de 1,0s no primário= 31,5 kA;
- Meio Isolante= óleo mineral A (105°C);
- Conexão= Delta/Estrela – DY-1n - 30°;
- Comutador automático sob carga (OLTC);
- Derivações comutador sob carga no primário= (+6; -16 x 1,25 %);
- Neutro secundário aterrado= Sim, por resistor de aterramento de 600 A – 10s;
- Referencia para dados de impedância por fabricante= menor igual a 8% na referencia de 69 / 22 kV – 25 MVA - 75°C;
- Conservador de óleo= Sim;
- Quantidade de buchas no primário no superior do tanque= 03;
- Quantidade de buchas no secundário = 04, com caixa metálica flangeada para proteção das buchas secundárias;
- Tensão de alimentação do motor do comutador sob carga= 380 V – 03 fases + PE;
- Proteções intrínsecas, com contatos para alarmes e desligamento;
 - Indicador de nível de óleo (71);
 - Indicador de nível de óleo do comutador (71C);
 - Temperatura do óleo isolante (26);
 - Temperatura do cobre (49);
 - Rele buchholz do tanque (63T);
 - Rele buchholz do comutador de tape (63C);
 - Válvula de alívio de pressão (97).
- Rodas bidirecionáveis;
- Armário de controle local;
- Transformador de corrente no primário (proteção)= 150-300/5-5A – 10B800/10B800;
- Transformador de corrente no secundário= 800/5-5 – 10B200/10B200;
- Transformador de corrente para imagem térmica: a ser dimensionado pelo fabricante;
- Transformador de corrente no neutro da estrela= 300 / 5 A – 10B200;

12.14. DISJUNTOR TRIPOLAR 69 KV

- Composto por 01 unidade completa para cada Subestação;
- Isolação: câmara de arco com gás SF6 – disjuntor trifásico;
- Tensão nominal/Tensão máxima= 69/72,5 kV;
- Frequência nominal= 60 Hz;
- Corrente nominal= mínima de 1250 A;



- Capacidade de interrupção= 31,5 kA;
- NBI= 375 kV;
- Bobina de abertura/fechamento e motor para carregamento da mola= 125 Vcc;
- Relé anti-pumping em 125 Vcc.

12.15. CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR 69 KV

- Composto por 03 unidades completas para cada Subestação;
- Tipo de operação: tripolar;
- Tensão nominal / tensão máxima= 69 / 72,5 kV;
- Corrente nominal= 1250 A;
- NBI= 375 kV;
- Corrente térmica de curta duração de 1,0s = 40 kA;
- Contatos auxiliares: 12 NA e 12 NF;
- Contatos passantes: 04 NAF e 04 NFA;
- Tipo de lamina dos polos da chave: tubular;
- Tipo de abertura dos polos principais: abertura central;
- Mecanismo de operação: manual e motorizado (125 Vcc);

12.16. TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

- Composto por 06 unidades completas para cada Subestação;
- Tensão máxima= 72,5 kV;
- Tensão Nominal= 69 kV;
- Frequência= 60 Hz;
- Tensão suportável nominal a frequência industrial= 140 kV;
- Tensão de impulso atmosférico = 325 kV;
- Tensão suportável nominal a frequência industrial no secundário= 2,5 kV;
- Corrente térmica de curta duração de 1,0s no primário= 31,5 kA;
- Máxima tensão de radiofrequência a 110% da tensão entre fase-terra de operação normal máxima (300 Ω)= 1000 microV;
- Sobretensão fase-terra para qual o TP é capaz de operar sem que ocorra um acréscimo de temperatura acima de 40°C (NBR-6855 Grupo 2)= 1,2;
- Classe de exatidão= 1,2P200 / 0,3P200;
- Meio Isolante= óleo mineral tipo A (105°C) - Naftênico;



- Grupo de ligação= 2;
- Fator nominal de tensão contínuo= 1,2 – para 30s= 1,5;
- Sobre-elevação de temperatura acima do ambiente no enrolamento e óleo isolante= 55°C;
- Quantidade de núcleos secundários= 02;
- Relação de transformação= $69/\sqrt{3} / 0,115/\sqrt{3} - 0,115\sqrt{3}$;
- Potencia térmica= 400VA – Potencia nominal= 200VA;
- Tipo= indutivo;
- Polaridade = Subtrativa;

12.17. TRANSFORMADOR DE CORRENTE

- Composto por 06 unidades completas para cada Subestação;
- Tensão maxima= 69 kV;
- Tensão Nominal= 72,5 kV;
- Frequência= 60 Hz;
- Fator térmico= 1,2;
- Tensão suportável nominal a frequência industrial= 140 kV;
- Tensão de impulso atmosférico = 325 kV;
- Tensão suportável nominal a frequência industrial no secundário= 2,5 kV;
- Corrente térmica de duração de 1,0 segundo= 31,5 kA;
- Corrente dinâmica de curta duração= 100 kA;
- Máxima tensão de radiofrequência a 110% da tensão entre fase-terra de operação normal máxima (300 Ω)= 500 microV;
- Máxima corona interno a 110% da tensão entre fase-terra de operação normal máxima= 10pC;
- Sobre-elevação de temperatura acima do ambiente no enrolamento e óleo isolante= 55°C;
- Meio Isolante= óleo mineral tipo A (105°C) - Naftênico;
- Polaridade= subtrativa;
- Relação de transformação: 150-300/5 -5 A
- Classe de exatidão: 10B400 / 10B400– Proteção / Proteção (3 un.)
10B400 / 0,3C50– Proteção / Medição (3 un.)

12.18. PARA-RAIOS ALTA TENSÃO

- Composto por 06 unidades completas para cada Subestação;



Código/Code	Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001	0
Data/Date	Folha/Page
21/08/2019	31 de/of 61

- Tensão do Sistema= 72,5 kV;
- Tensão nominal= 69 kV;
- Frequência= 60 Hz;
- Corrente térmica de duração de 1,0 segundo do sistema= 40 kA;
- Corrente de descarga nominal= 10 kA;
- Característica construtiva= varistor de óxido metálico com capa vitrificada e invólucro em fibra de vidro;
- Acessórios: contador de descarga, anel de corona, dispositivo de alívio de pressão interna; base isolante, suporte de fixação e placa de identificação;

12.19. RESISTOR DE ATERRAMENTO

- Composto por 01 unidades completas para cada Subestação;
- Serviço: contínuo;
- Instalação: externa com IP-54
- Tensão do sistema= 22 kV – Tensão fase-terra= 12,7 kV;
- Frequência nominal= 60 Hz;
- Corrente inicial= 600 A – 10,0 segundos;
- Resistência à 25°C= 21,17 Ω ;
- Temperatura máxima admissível para tempo de descarga= 760°C;
- Nível básico de isolamento= 125 kV;
- Material do resistor= aço inox AISI304;



Código/Code		Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001		0
Data/Date	Folha/Page	
21/08/2019	32 de/of 61	

1. OBJECTIVE

This document aims to define the criteria and basic parameters adopted in the 69 kV Primary Substations Basic Design, located in the Calçada and Periperi neighborhoods, in the city of Salvador - BA.

The presented criteria should be followed in all stages of the design. They may, however, whenever necessary or convenient and always in agreement with all parties involved, be revised and updated to record all modifications and implements until the installation is delivered.



2. ENVIRONMENTAL CONDITIONS

The locations for which the equipment is intended have the following environmental conditions:

DATA / INFORMATION	CHARACTERISTICS	VALUES
Altitude	Sea Level	
Wind Characteristics: Speed [km/h] for dimensioning	Average	15 km/h
Temperature [°C]	Average of Maximum Temperatures	30°
	Average of Minimum Temperatures	25°
Relative humidity [%]	Maximum	81%
Monthly Rainfall		164 mm/month



Código/Code		Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001		0
Data/Date	Folha/Page	
21/08/2019	34 de/of 61	

3. UNITS SYSTEM

All adopted measurements units must be included in the International System of Units (SI) or be compliant with the Brazilian laws: decreto-lei nº 62.292 of February 22, 1968 and nº 63.233 of September 12, 1968.

In the case of information technology application, according to the IEC standard, some symbols or unit names, equivalent to (SI), should adopt numerical prefixes in binary quantities instead of decimal.



Código/Code		Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001		0
Data/Date	Folha/Page	
21/08/2019	35 de/of 61	

4. LANGUAGE

For the submission of all technical documentation, the Portuguese language must be used and translated into English in the same document.



Código/Code CS-MG.00.SR_B.AM0-001		Rev. 0
Data/Date 21/08/2019	Folha/Page 36 de/of 61	

5. GENERAL REQUIREMENTS

This document defines the technical characteristics from which the Basic Design of Electrical Installations should be developed, aiming to standardize the materials and methods of installations with the use of standardized documents.

The design should be executed considering all aspects:

- Personal and property safety;
- Reliability and flexibility of installations;
- Easy operation and maintenance;
- Easy expansion or modification of the system;
- Obedience to the quality management system, safety, hygiene, work and environment;
- Obeying the technical standards and regulatory standards of the Brazilian Ministry of Labor presented below.



6. TECHNICAL AND REGULATORY STANDARDS

This chapter lists the standards, laws, and governmental decrees used in this document.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (Brazilian Association of Technical Standards)

NBR 5356-1	Transformadores de potência Parte 1: Generalidades (Power Transformers Part 1: General)
NBR 6855	Transformadores de potencial indutivos (Inductive Power Transformers)
NBR 6856	Transformador de corrente (Current Transformer)
NBR 7277	Transformadores e reatores - determinação do nível de ruído (Transformers and Inductors – Noise Level Determination)
NBR 7289	Cabos de controle com isolamento extrudada de PE ou PVC para tensões até 1 kV - requisitos de desempenho (Control cables with extruded PE or PVC insulation for voltages up to 1 kV - performance requirements)
NBR 7290	Cabos de controle com isolamento extrudada de XLPE ou EPR para tensões até 1 kV - requisitos de desempenho (XLPE or EPR extruded insulation control cables for voltages up to 1 kV - performance requirements)
NBR 10295	Transformadores de potência secos – especificação (Dry Power transformers – Specification)
NBR 14039	Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV (1,0 kV to 36,2 kV Medium Voltage Electrical Installation)
NBR IEC 60050-444	Vocabulário eletrotécnico internacional Parte 444: Relés elementares (International Electrotechnical Vocabulary Part 444: Elementary Relays)
NBR IEC 60439-1	Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão - Parte 1: Conjuntos com ensaio de tipo totalmente testados (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo parcialmente testados (PTTA) (Low Voltage Switchgear and Control Assemblies - Part 1: Fully Tested Type Testing (TTA) Assemblies and Assemblies Fully Tested Type Testing (TTA) Assemblies and Partially Tested Type Testing (PTTA) Assemblies)
NBR IEC 60529	Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP) (Degrees of protection for electrical equipment enclosures (IP code))
NBR IEC 60947-2	Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão - Parte 2: Disjuntores (Low Voltage Switchgear and Control Devices - Part 2: Circuit Breakers)



NBR IEC 60947-4-1	Dispositivo de manobra e controle de baixa tensão - Parte 4-1: Contatores e partidas de motores - contatores e partidas de motores eletromecânicos (Low Voltage Switchgear and Control - Part 4-1: Contactors and Motor Starters - Contactors and Electromechanical Motor Starters)
NBR IEC 62271-200	Conjunto de manobra e controle de alta-tensão - Parte 200: Conjunto de manobra e controle de alta-tensão em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até e inclusive 52 kV (High-Voltage Switchgear and Control Set - Part 200: Metal-enclosed High-Voltage Switchgear and Control Assembly for voltages above 1 kV up to and including 52 kV)
NBR ISO 9000	Sistemas de gestão da qualidade - fundamentos e vocabulário (Quality management systems - fundamentals and vocabulary)
NBR NM 247-3	Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750 V, inclusive - Parte 3: Condutores isolado (sem cobertura) para instalações fixas (IEC 60227-3, MOD) (Polyvinyl chloride (PVC) insulated cables for rated voltages up to and including 450/750 V - Part 3: Insulated conductors (without cover) for fixed installations (IEC 60227-3, MOD))

ASTM - American Society for Testing and Materials

ASTM B193-02	Standard test method for resistivity of electrical conductor materials
ASTM D709-01	Standard Specification for Laminated Thermosetting Materials

CENELEC - European Committie for Eletrotechnical Standardization

EN 50124	Railway applications - insulation coordination
EN 60947-7-1	Low-voltage switchgear and controlgear - part 7-1: Ancillary Equipment - terminal blocks for copper conductors



IEC - International Electrotechnical Commission

IEC 60050-445	International electrotechnical vocabulary - part 445: Time relays
IEC 60050-447	International electrotechnical vocabulary - part 447: Measuring relays
IEC 60068-2-1	Environmental testing - Part 2-1: Tests - test A: cold
IEC 60068-2-2	Environmental testing - Part 2-2: Tests - test B: dry heat
IEC 60068-2-30	Environmental testing - Part 2-30: Tests - test Db: damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)
IEC 60099-4	Surge arresters - Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems
IEC 60146	Semiconductor converters
IEC 60255	Electrical relays, measuring relays and protection equipment
IEC 60255-1	Measuring relays and protection equipment - Part 1: Common requirements
IEC 60255-27	Electrical relays and protection equipment - Part 27: Product safety - requirements
IEC 60255-21-1	Electrical relays - Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment - section one: Vibration tests (sinusoidal)
IEC 60255-21-2	Electrical relays - Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment - section two: Shock and bump tests
IEC 60255-26	Measuring relays and protection equipment - Part 26: Eletromagnetic compatibility requiriments;
IEC 60282	High-voltage fuses
IEC 60297	Mechanical structures for electronic equipment - dimensions of mechanical structures of the 482,6 mm (19 in) series
IEC 60870-5-101	Telecontrol equipment and systems - Part 5-101: Transmission protocols - companion standard for basic telecontrol tasks
IEC 60870-5-103	Telecontrol equipment and systems - Part 5-103: Transmission protocols - companion standard for the informative interface of protection equipment
IEC 60870-5-104	Telecontrol equipment and systems - Part 5-104: Transmission protocols - network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles
IEC 61000	Electromagnetic compatibility (EMC)



IEC 61000-4-3	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test
IEC 61000-4-4	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – electrical fast transient/burst immunity test
IEC 61000-4-8	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-8: Testing and measurement techniques - power frequency magnetic field immunity test
IEC 61000-4-12	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-12: Testing and measurement techniques - Ring wave immunity test
IEC 61243-1	Live working - voltage detectors - Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1 kV a.c
IEC 61243-5	Live working - voltage detectors - Part 5: Voltage detecting systems (VDS)
IEC 61131	Programmable controllers
IEC 61131-3	Programmable controllers - Part 3: Programming languages
IEC 61508	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
IEC 61850	Communication networks and systems for power utility automation
IEC 61850-1	Communication networks and systems for power utility automation - Part 1: Introduction and overview
IEC 61850-3	Communication networks and systems for power utility automation - Part 3: General requirements
IEC 61850-10	Communication networks and systems for power utility automation - Part 10: Conformance testing
IEC 62271	High-voltage switchgear and controlgear
IEC 62271-100	High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: Alternating current circuit-breakers

IEEE- Institute of Electrical and Eletronic Engineering

IEEE C37.2	Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, And Contact Designations
IEEE C37.20.1	IEEE Standard for Metal-Enclosed Low-Voltage Power Circuit Breaker Switchgear
IEEE C37.90	Relays and relay systems associated with electric power apparatus
IEEE C37.90.1	Surge Withstand Capability (Swc) tests for relays and relay systems associated with electric power apparatus
IEEE C37.90.2	Withstand capability of relay systems to radiated electromagnetic interference from transceivers
IEEE C37.90.3	Electrostatic discharge tests for protective relays
IEEE C37.91	Protecting power transformers



IEEE C37.118.1	IEEE standard for synchrophasor measurements for power systems
IEEE C62.11	Metal-oxide surge arresters for AC power circuits (> 1 kV)
IEEE 802.3	IEEE standard for information technology-- local and metropolitan area networks-- specific requirements-- Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications corrigendum 1: timing considerations for PAUSE operation
IEEE 802.1D	IEEE standard for local and metropolitan area networks: Media Access Control (MAC) bridges
IEEE 802.1Q	IEEE standard for local and metropolitan area networks--Media Access Control (MAC) bridges and virtual bridged local area networks
IEEE 1613	IEEE standard environmental and testing requirements for communications networking devices installed in electric power substations
IEEE 29148	IEEE systems and software engineering -- life cycle processes -- requirements engineering

ISO - International Standardization for Organization

ISO/IEC 25010	System and software engineering - System and software quality requirement and evaluation -- System and software quality models
ISO/IEC/IEEE 90003	Software engineering -- guidelines for the application of ISO 9001:2015 to computer software
ISO/IEC 10746	Information technology - open distributed processing

MIL - Military Standards

MIL DTL 24643	Cables, Electric, Low Smoke Halogen-Free, For Shipboard Use - General Specification For
---------------	---

NES – Naval Engineering Standard

DEFSTAN 07-247	Selection of Materials on the Basis of their Fire Characteristics
----------------	---



The Standard for Interfacing Marine Electronics

TIA	Telecommunications Industry Association
-----	---

EIA - Electronic Industries Association

TIA/EIA 568-B	Commercial building telecommunications cabling standards
---------------	--

Government Decrees and Standards Concerning Acoustic Comfort and Occupational Activities

State:

Decreto nº 16.302 de 27 de agosto de 2015 do Corpo de Bombeiros da Bahia
(Decree No. 16,302 of August 27, 2015 of the Bahia Fire Department)

Federal:

Resolução nº 1 do CONAMA (CONAMA - National Council of Environment 0-Resolution # 1):

- Brazilian Standards NBR 10151 an NBR 10152 da ABNT
- NR 10 – Instalações e Serviços em Eletricidade (Electricity Facilities and Services)
- NR 15 – Atividades e Operações Insalubres (Unhealthy Activities and Operations)
- NR 17 – Ergonomia (Ergonomics)



7. REFERENCE DOCUMENTS

EQ-MG.00.SR_B.AM0-001	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - DIAGRAMA UNIFILAR - SUBESTAÇÃO PRIMARIA DE 69 KV - SE-01
EQ-MG.00.SR_B.AM0-002	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - DIAGRAMA UNIFILAR - SUBESTAÇÃO PRIMARIA DE 69 KV - SE-02
EQ-MG.00.SR_B.AM0-003	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - DIAGRAMA UNIFILAR - SISTEMAS AUXILIARES - SUBESTAÇÃO DE 69 KV - SE-01
EQ-MG.00.SR_B.AM0-004	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - DIAGRAMA UNIFILAR - SISTEMAS AUXILIARES - SUBESTAÇÃO DE 69 KV - SE-02
DE-MG.00.SR_B.AM0-003	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ARRANJO DE EQUIPAMENTOS - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-01 - PLANTA
DE-MG.00.SR_B.AM0-004	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ARRANJO DE EQUIPAMENTOS - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-01 - CORTES
DE-MG.00.SR_B.AM0-005	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ARRANJO DE EQUIPAMENTOS - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-02 - PLANTA
DE-MG.00.SR_B.AM0-006	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ARRANJO DE EQUIPAMENTOS - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-02 - CORTES
DE-MG.00.SR_B.AM0-009	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ILUMINAÇÃO INTERNA E EXTERNA - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-01 - PLANTA E DETALHES
DE-MG.00.SR_B.AM0-010	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - ILUMINAÇÃO INTERNA E EXTERNA - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-02 - PLANTA E DETALHES
DE-MG.00.SR_B.AM0-011	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - MALHA DE ATERRAMENTO GERAL - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-01 - PLANTA E DETALHES
DE-MG.00.SR_B.AM0-013	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - MALHA DE ATERRAMENTO GERAL - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-02 - PLANTA E DETALHES
DE-MG.00.SR_B.AM0-015	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - SISTEMA DE SPDA - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-01 - CORTES
DE-MG.00.SR_B.AM0-016	EQUIP. DE ALTA E MÉDIA TENSÃO GERAL - SISTEMA DE SPDA - SUBESTAÇÃO PRIMÁRIA 69 KV - SE-02 - CORTES



8. VOLTAGE LEVELS

The electrical system voltages are distributed at the following levels:

Input from the power distribution company: 69 kV - 3Ø - 60 Hz;

Secondary Distribution:

- 22 kV - 3Ø - 60 Hz - Medium Voltage Equipment of Secondary Substations;
- 380 V - 3Ø - 60 Hz - Electrical outlets for weld and small static loads;
- 380/220 V - 3Ø + N - 60 Hz - Lighting and sockets panels, HVAC and various pumps.
- 220 V - 1Ø + N + PE - 60 Hz - Lighting and sockets circuits;
- 125 Vdc - Protection and control circuits of medium and low voltage panels, Data Communication Switches Panel, Telecom System and Electrical Automation System.
- Secondary of the 22 kV power transformer with accessible star connection and neutral has voltage 12.7 kV and it is grounded by earthing resistor limiting at 600 A - 10 s;

For medium voltage use the simplified formula for EPR cable:

$$I \times \sqrt{t} = 122.4 \times S, \text{ where:}$$

I = phase-to-ground short circuit current (excluding earthing resistor);

t = earth fault current extinction time ≤ 0.5 s;

S = cable cross-section in mm².

For low voltage use table 48 of NBR-5410/2004 standard.

- Transformers secondary on 380V with accessible star connection and neutral has voltage of 220 V and solidly grounded.

For low voltage use table 48 of NBR-5410/2004 standard.

Nominal Voltage (kV)	Voltage Class (kV)	NBI (kV)
69	72.5	350
22	24.0	125
0.38	1.0	n.a.



9. CONCEPTUAL DESIGN

The Salvador Monorail's High Voltage (69 kV) Power Supply System will consist basically of:

- One (1) (69 - 22.0) kV Primary Substation called SE-01 Substation located in the Calçada neighborhood;
- One (1) (69 - 22.0) kV Primary Substation called SE-02 Substation located in the Peri Peri neighborhood.

The SE-01 and SE-02 Primary Substations will be fed by the 69 kV voltage from the Concessionaire's power transmission line (Coelba). One of primary substations will receive power from the main network (L1) and the second primary substation will receive power from Coelba redundant line (L2).

Each Primary Substation is able to supply all the electrical load of the Monorail electrical system and will be designed to operate directly exposed to the environment with voltage class 72.5 kV.

The overhead cables arriving in the Primary Substations will be anchored to concrete porticos.

The electrical equipment installed in the 69 kV substation yard will be laid on concrete columns and beams and the concrete bases will be sized for the weight of each type of equipment. The height of the equipment column relative to the floor will strictly follow ABNT standards and power distribution company (Coelba) standards.

The 69 kV bus, interconnections and downway conductors towards the equipment will be composed by flexible steel core aluminum cables properly sized for the electrical system capacity and the power distribution company (Coelba) short circuit levels.

The 69 kV voltage will be lowered to the 22 kV level through one 69/22 kV - 25 MVA power transformer, one transformer for each Primary Substation. There is a plan for future installation of a second transformer on each primary substation with similar characteristics. There will be reserved room for this purpose.

The 22 kV voltage from the power transformer secondary will feed the 22 kV medium voltage cubicles, which in turn will feed the transformer-rectifier groups at defined locations, to generate the nominal 1500 Vdc rectified voltage intended to power the trains.



10. CRITERIA ADOPTED FOR PRIMARY SUBSTATIONS AND TECHNICAL ROOMS

10.1. SUBSTATIONS

- The Substations will be directly exposed to the environment and insulated by air;
- High voltage equipment is suitable for external installation;
- Simple portico with a total span of 8.0 meters and supported by 2 columns and a concrete beam;
- It will be considered spacing of 2 meters between phases;
- The minimum base height of the equipment shall be 2,5 m from the ground;
- Maximum short circuit current to be used for electromechanical sizing: 31.5 kA;
- Basic Insulation Level (NBI): 350 kV;
- Cable routing in the yard of the primary substations will be through cable's channels. They will be provided with metal supports to allow segregation of control, communications, lighting and power cables. The channels will be grounded;
- The substation yard will receive a minimum layer of 15 cm of crushed stone number 2 that will reach the substation floor quota, which will be defined in due course by civil discipline;

A concrete base will be constructed for the power transformer and will have an insulating oil containment basin for eventual leakage and gravel covering housed in the perforated grid on the base surface. At the bottom of the basin there will be a pipe connecting the basin with the water and oil separator box, located next to the Technical Room.

The collecting basins will be designed so that the maximum oil level (assuming a full discharge) is at least 100 mm below the top of the crushed stone layer, and the depth of the crushed stone layer must be at least 300 mm.

The power transformer will be isolated through a built-in fire wall according to "National Fire Protection" and NBR 13231;

- The substations will have a rainwater drainage system;
- A ground mesh network, consisting of lattices of 95 mm² bare copper cable interconnecting with meshed copper rods will be built in the area of the Primary Substations;
- The grounding loop will not have ground resistance greater than 5 Ω , permissible step and touch values will be met;
- Wenner four-point soil resistivity measurement on site will be done according to NBR-7117 and IEEE-81 standards. Measurements will preferably be taken in the dry season, with the soil as dry as possible in the next phase of the design;
- All high voltage equipment and structures will be grounded;



- Inspection boxes will be designed to measure the resistance of the grounding system;
- A lightning protection system (SPDA) according to NBR-5419 will be installed in the Primary Substations area. On the upper parts of the portico columns will be fixed 3/8 steel cables for the 69 kV substations lightning protection. The cables will be installed around the substations and interconnecting with all columns forming a closed loop “Faraday cage”;

The pickups will be fixed at the top of each column;

The descent cables will be interconnected with the Substation grounding network;

- For the outdoor lighting of the substation yard will be used 255 W LED luminaires and 150 W LED projectors. The luminaires and projectors will be suitable for outdoor installation.
They will be fed from the light distribution panel.
- Signposts will be affixed indicating the risk when entering the installed area. The plates should be made of weatherproof and indelible non-conductive material.
- The Primary Substation will have a perimeter protection wall with 3.5 m height, built of brick and concrete columns;
- There will be a gate for vehicle access and equipment passage and another access gate as indicated in the arrangement drawing DE-MG.00.SR_B.AM0-003 and DE-MG.00.SR_B.AM0-005;

10.2. TECHNICAL ROOMS

- They will be built in masonry and covered with slab and roof. The ceiling height will be 5 meters.
- The technical rooms will house the following equipment / buildings:
 - Medium voltage panels;
 - Low voltage panels;
 - Panels of auxiliary services;
 - Automation / communication panels (exclusive room);
 - Batteries charger;
 - Battery room (exclusive room);
 - Tariff measurement room of the Concessionaire (exclusive room);
 - Auxiliary Services Transformer (exclusive room);
 - Bathroom with sink, toilet and shower;
- The technical rooms will have air conditioning with a temperature of 27°C;
- The interconnection cables between the meter and the metering transformers must be supplied and installed by the Power Supply



Código/Code	Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001	0
Data/Date	Folha/Page
21/08/2019	48 de/of 61

Concessionaire. The sections of these cables are determined by the voltage drop method;

- The room that will house the battery banks will be equipped with explosion-proof installations and components, exhaust fan, eye wash equipment, acid-proof floor, ceramic and drain interconnect with the collection tank outside the battery room;

The battery banks will be installed on metal shelves with treatment to resist the action of the electrolyte;

- To maintain battery life, the environment will be air-conditioned to 25 ° C;
- The devices to link the Primary Substation supervision, protection and control system equipment to the data transmission network will be installed into the automation and communication panels;
- In the lighting system of Primary Substations, normal lighting and emergency lighting will be provided. The normal lighting system will be powered by AC and the emergency by DC.
- The internal lighting of the technical rooms will consist of pendant lamps, installed in profiled structure with IP-65 degree of protection. The lamps will be 37 W LED tubular type;

For the external lighting of the technical rooms will be used 77 W LED projectors.

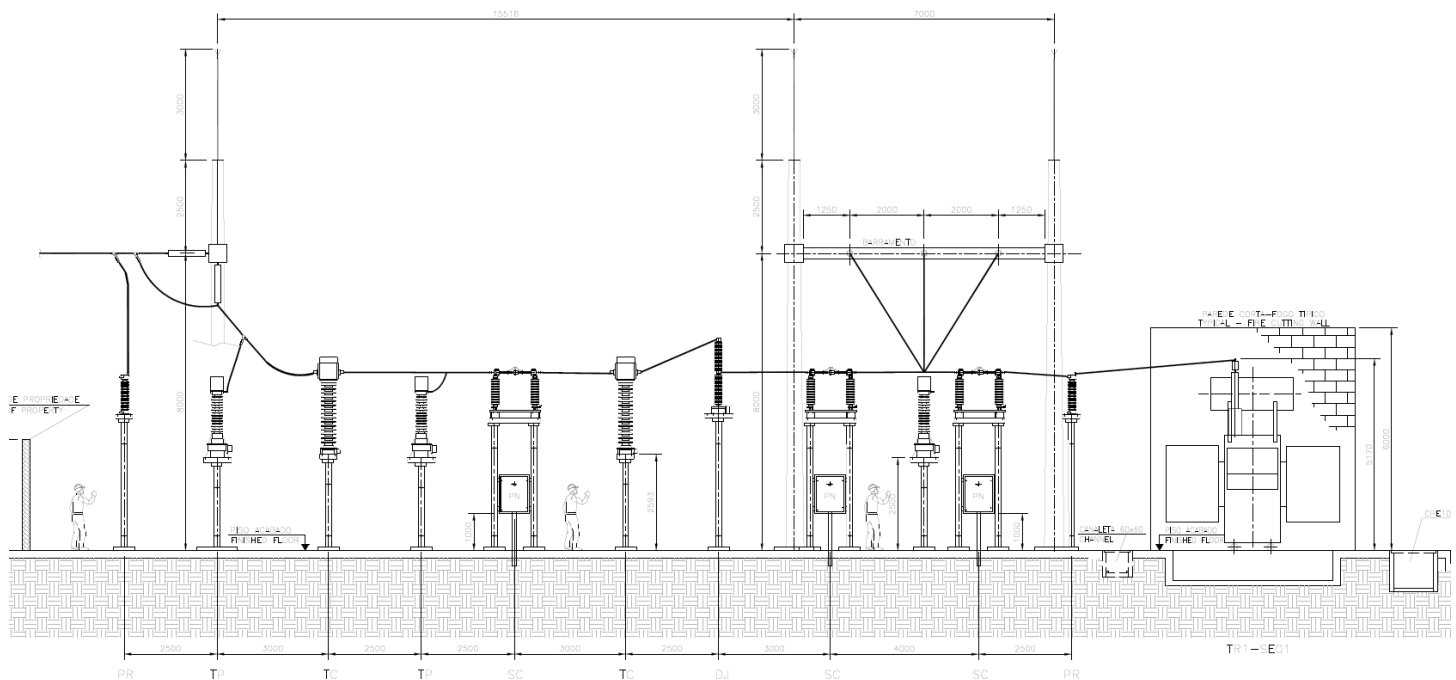
They will be fed from the light distribution panel.

- In the technical rooms will be used 2P + T (F + N + T) outlets of 20 A - 220 V.
- 3P + T - 32 A - 380 V soldering outlets are also provided.

11. ELECTRICAL EQUIPMENT OF PRIMARY SUBSTATIONS

The 69 kV Primary Substations will be designed for its yard area as follows, in sequence, with reference to the power concessionaire overhead cables:

- 03 Lightning Arrester 10 kA - 72.5 kV;
- 03 Current Transformers from the Energy Concessionaire for tariff measurement;
- 03 potential transformers from the Energy Concessionaire for tariff measurement;
- 01 Three-pole electrical disconnection switch with ground blade - 1250 A - 72.5 kV;
- 01 SF6 - 1250 A three-pole circuit breaker - 72.5 kV;
- 01 Three-pole electrical disconnection switch with ground blade - 1250 A - 72.5 kV;
- 01 Common Bus with aerial cable - 1250 A - 72.5 kV;
- 01 three-pole electrical disconnection switch - 1250 A - 72.5 kV;
- 03 Lightning Arrester 10 kA - 72.5 kV;
- 01 Power Transformer - 25MVA - 69/22 kV;
- 01 Grounding Resistor - 600 A - $22/\sqrt{3}$ kV.



In the Technical Room will be installed the medium voltage equipment at 22 kV and auxiliary system at 380/220 V. Following is presented the equipment list:

- Medium Voltage Distribution Board - QPMT - 22 kV - 60Hz - 3Ø;
- General Distribution Board - QPD - 380 / 220V;
- Auxiliary Panel - PA - 380 / 220V;
- Direct Current Distribution Board - QDCC - 125 Vdc;



12. CRITERIA FOR PRIMARY SUBSTATION EQUIPMENT

12.1. AERIAL RAMAL

- Bare Aluminum Cable (CA);
- Flexible steel core aluminum;
- High mechanical strength;
- Wire Gauge: MCM 336;
- Anchor insulator chain;
- Simple portico with total span of 8 meters and supported by 2 columns and a concrete beam.

12.2. COMMAND AND PROTECTION PANEL

- Composed by two columns (01 column for 69 kV line bay circuit and 01 column for power transformer circuit);
- Self-supporting;
- IP-4x degree of protection;
- With smart relay (IED);
- Meter of electrical parameters;
- Key switch with automatic return to central position;
- Local/remote selection switch;
- Led signal lights;
- Synoptic.

12.3. PANEL FOR TARIFF MEASUREMENT OF THE CONCESSIONAIRE

- Composed of 01 column for each Primary Substation;
- Specific room for tariff measurement;
- Self-supporting;
- IP-4x degree of protection;
- Door with with tempered glass fixed visor with synthetic rubber frame;
- Dimensions according to the standard of the Energy Concessionaire;
- Gauge of interconnecting conductors between equipment (TPs and TCs) and meter panel = minimum 6 mm²;
- With energy meters supplied by the Concessionaire.

12.4. DC POWER DISTRIBUTION PANEL



- Composed by 01 column for each Substation;
- Self-supporting;
- IP-4x degree of protection;
- Rated voltage = 125 Vdc;
- Rated busbar current = 100 A;
- Minimum short circuit current = 10 kA;
- Electrolytic copper bar inside the panel for grounding;
- Minimum output of molded case output circuit breakers = 25 A;
- Main busbar/shunt in electrolytic copper coated with thermal contractile material.

12.5. **BATTERY CHARGER RECTIFIER**

- Composed of 01 complete unit for each Substation;
- Input Power = three phase at 380 V;
- Frequency = 60 Hz;
- Minimum power factor = 0.92 inductive;
- Yield => 90%;
- Power = 80 kVA;
- Rated voltage = 125 Vdc;
- With drop diode to avoid overvoltages;
- Ripple voltage = <2% with uncoupled battery;
- Battery charging time = maximum 5 hours;
- Intelligent digital control unit;
- Communication protocol: Modbus RTU.

12.6. **FUSE BOX**

- Composed of 01 complete unit for each battery bank;
- Rated voltage = 125 Vdc;
- Insulation voltage greater than or equal to 500 Vdc;
- With bipolar rotary disconnect switch;
- Provided with NH type fuses;
- Rated current compatible with system selectivity.



12.7. BATTERIES

- Composed of 01 complete bank for each Substation;
- Type = conventional vented lead acid;
- Rated voltage = 125 Vdc;
- Battery bank autonomy = 3 hours;
- Battery bank recharge time = 5 hours;
- Capacity = 280 A.h;
- Mounted on corrosion proof metal shelf;
- Service life => 10 years.

12.8. ELECTRICAL CABLES – 22 KV

- Rated voltage = 22 kV;
- Frequency = 60 Hz;
- Insulation class: 15/25 kV;
- StrandingClasses: 2;
- Maximum conductor temperature:
 - 90°C in steady state;
 - 130°C in overload;
 - 250°C in short circuit regime.
- Shield over the conductor:
 - Consisting of an extruded layer of thermoset semiconductor compound juxtaposed over the conductor;
 - Average thickness of extruded layer => 0.4mm;
- Insulation:
 - Solid type consisting of a thermosetting compound of ethylene-propylene rubber;
 - Low emission of smoke and toxic gases.
- Semiconductor Insulation Shield:
 - Thermosetting and extruded simultaneously with insulation and conductor shielding.
- Metal Shielding over Insulation:
 - Consisting of copper wires;
 - Maximum resistivity = $0.018312 \times \text{mm}^2 / \text{m}$ at 20°C.
- Covering:



Código/Code	Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001	0
Data/Date	Folha/Page
21/08/2019	54 de/of 61

- Black color;
- High mechanical resistance;
- Consisting of thermofixed or thermoplastic polyolefin material;
- Low emission of toxic gases and smoke;
- Halogen free.
- 22 KV Cable Terminals:
 - Thermocontractile or cold contractile material;
 - With electric field deflector tube for outdoor area when applicable.
- Connections Operating temperature = 250°C (at short circuit condition);
- Terminals:
 - polymeric type;
 - Thermocontractile or cold contractile material;
 - With electric field deflector tube;
 - Connectors operating temperature = 250°C (at short circuit condition);
- Longitudinally Locked Construction:
 - Resistant to water passage;
 - Full or coordinated thickness;
 - With lock in the conductor and the metal shield of the insulation.

12.9. 22 KV CUBICLES

- Type LSC2B;
- Self-supporting;
- IP-4x degree of protection;
- Indoor installation;
- Rated voltage = 22 kV;
- Frequency = 60 Hz;
- Voltage class: 24 kV;
- Short term rated withstand current (1s) - 34.5 kA;
- Rated withstand voltage at atmospheric impulse - 125 kV;
- Rated withstand voltage at industrial frequency - 50 kV;
- Control circuit: DC - 125 V / AC - 220 V;
- Gases exhaust system by ducts;
- Provided with a device for protection against the incidence of internal electric arc in the cubicle cells (current and flash detector), category IAC AFLR;



Código/Code	Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001	0
Data/Date	Folha/Page
21/08/2019	55 de/of 61

- Provided with lamps, sockets, dehumidifying resistors and thermostats;
- Voltage presence indicator lights;
- Command, protection and control voltage = 125 Vdc;
- Mimic bars representing single-line circuit diagram;

Cubicle Internal Equipment:

- Withdrawable 22 kV three-phase vacuum circuit-breaker;
- Current Transformer (TC);
- Potential Transformer (TP) where applicable;
- Lightning arrester;
- Detectors and voltage presence relays;
- Meters of electrical parameters;
- Earthing switches;
- Digital relays (IEDs);
- Led signaling;
- 52 CS Command Switch;
- 43 L/R Selection Switch;
- Synoptic.

12.10. LIGHT DISTRIBUTION PANEL

- Composto por 01 unidade completa para cada Subestação;
- Alimentação dos circuitos = 380 V - 3Ø + T + N;
- Tensão nominal = 220 V - 1Ø;
- Frequência = 60 Hz;
- Grau de proteção IP-3x;
- Disjuntor circuito de entrada = Tipo caixa moldada;
- Composed of 01 complete unit for each Substation;
- Input power = 380 V - 3Ø + T + N;
- Rated voltage = 220 V - 1Ø;
- Frequency = 60 Hz;
- IP-3x degree of protection;
- Input circuit breaker = Molded case type.

12.11. AUXILIARY SERVICES PANEL



- Composto por 01 unidade completa para cada Subestação;
 - Tensão nominal = 380/220 V;
 - Frequência = 60 Hz;
 - Corrente nominal do barramento = 63 A;
 - Corrente de curto circuito = 10 kA;
 - Grau de proteção IP-4x;
 - Disjuntor circuito de entrada = Tipo caixa moldada;
 - Capacidade mínima dos disjuntores de saída = 10 A;
-
- Composed of 01 complete unit for each Substation;
 - Rated voltage = 380/220 V;
 - Frequency = 60 Hz;
 - Rated busbar current = 63 A;
 - Short circuit current = 10 kA;
 - IP-4x degree of protection;
 - Input circuit breaker = Molded case type;
 - Minimum output circuit breaker capacity = 10 A.

12.12. DATA TRANSMISSION SWITCHES PANEL

- Composed of 01 complete unit for each Substation;
- IP-4x degree of protection;
- Self-supporting;
- 02 Rulers of 10 2P + T electrical outlets per rack, with a capacity of 25 amps and a minimum 2 meter tail, for terminal connection;

OPTICAL SWITCHES:

- With 24 10/100/1000 UTP ports, 04 10GBASE-X SFP + (fiber optic) ports, PoE;
- Auxiliary power: 125 Vdc;
- 2 10GBASE-X full-duplex ethernet ports for single-mode or multimode fiber optics;
- 24 10/100/1000 PoE Ethernet ports with speed autosensing function and RJ-45 connectors;
- Installed RAM equal to or greater than 4 GB;



- Minimum 24 Ethernet 10/100/1000 (UTP) ports integrated into the hardware device, having ports for administrative functions, such as synchronization, control, and stacking networks, with PoE + (IEEE 802.3at) support;
- Minimum 02 hardware integrated 10 Giga Ethernet (UTP) ports compliant to INCIT / ANSI 10GFC standard and 10GBASE-SR SFP (Short Form - Factor Pluggable) optical transceivers support;
- Support the establishment of VLANs through trunking according to IEEE 802.1q standard;
- Support Link Aggregation as per IEEE 802.3ad standard on all Ethernet interfaces;
- The operating system of the device must allow the use of the “tcpdump” feature in any network interface for packet capture and monitoring;
- Switching Fabric at least 160Gbps;
- Allow the use of VPN usage;
- Allow remote management through HTTP/HTTPS protocol;
- Support for IPV4 and IPV6 routing, multicast routing, QoS quality of advanced services;
- RTU panel.

12.13. **25 MVA - 69/22 kV POWER TRANSFORMER**

- Composed of 01 complete unit for each Substation;
- Power: 25 MVA (ONAN) - RATIO: 69/22 kV;
- Isolation Level at primary = 72.5 kV - Secondary = 24.2 kV;
- Primary NBI = 350 KV - Secondary = 150 kV;
- Short term thermal current of 1.0s at primary = 31.5 kA;
- Insulation = mineral oil A (105°C);
- Connection = Delta/Star - DY-1n - 30°;
- Automatic changeover under load (OLTC);
- Primary load tap-changer derivations = (+6; -16 x 1.25%);
- Secondary neutral grounded by 600 A - 10s grounding resistor;
- Impedance = less than 8% at 69/22 kV - 25 MVA - 75°C;
- Oil conservative;
- Number of bushings on primary in tank top = 03;
- Number of secondary bushings = 04, with flanged metal housing to protect secondary bushings;



- Rated voltage for switching motor under load = 380 V - 03 phases + PE;
- Intrinsic protections, with contacts for alarms and shutdown;
 - Oil level indicator (71);
 - Oil level indicator in the switch (71C);
 - Insulating oil temperature (26);
 - Copper temperature (49);
 - Buccholz relay of the tank (63T);
 - Buccholz relay of the tap changer (63C);
 - Pressure relief valve (97).
- Two way wheels;
- Local control cabinet;
- Primary current transformer (protection) = 150-300/5-5A - 10B800/10B800;
- Secondary current transformer = 800/5-5 - 10B200/10B200;
- Current transformer for thermal imaging: to be sized by the manufacturer;
- Star neutral current transformer = 300/5 A - 10B200.

12.14. **69 KV TRIPOLAR CIRCUIT BREAKER**

- Composed of 01 complete unit for each Substation;
- Insulation: SF6 gas arc chamber - three phase circuit breaker;
- Rated voltage / Maximum voltage = 69 / 72.5 kV;
- Nominal frequency = 60 Hz;
- Rated current = minimum 1250 A;
- Interruption capacity = 31.5 kA;
- NBI = 375 kV;
- Opening/closing coil and spring loading motor = 125 Vdc;
- 125 Vdc anti-pumping relay.

12.15. **69 KV TRIPOLAR DISCONNECTING SWITCH**

- Composed of 03 complete units for each Substation;
- Type of operation: three-pole;
- Rated voltage / maximum voltage = 69 / 72.5 kV;
- Rated current = 1250 A;



- NBI = 375 kV;
- Short term thermal current of 1.0s = 40 kA;
- Auxiliary contacts: 12 NO and 12 NC;
- Passing contacts: 04 NOC and 04 NCO;
- Type of pole blade: tubular;
- Type of opening of the main poles: central opening;
- Operation mechanism: manual and motorized (125 Vdc).

12.16. POTENCIAL TRANSFORMER

- Composed of 06 complete units for each Substation;
- Maximum voltage = 72.5 kV;
- Rated voltage = 69 kV;
- Frequency = 60 Hz;
- Rated withstand voltage at industrial frequency = 140 kV;
- Atmospheric pulse voltage = 325 kV;
- Rated withstand voltage at secondary industrial frequency = 2.5 kV;
- Short term thermal current of 1.0s at primary = 31,5 kA;
- Maximum radio frequency voltage at 110% of the maximum normal operating phase-to-ground voltage (300 Ω) = 1000 microV;
- Phase-to-ground overvoltage for which the TP is capable of operating without a temperature increase above 40 ° C (NBR-6855 Group 2) = 1.2;
- Accuracy class = 0.6P200 / 0.6P200 / 0.3P200;
- Insulation = mineral oil type A (105°C) - Naphthenic;
- Link group = 2;
- Rated continuous voltage factor = 1.2 - for 30s = 1.5;
- Over temperature rise above ambient in winding and insulating oil = 55°C;
- Number of secondary nuclei = 02;
- Transformation ratio = $69/\sqrt{3} / 0.115/\sqrt{3} - 0.115\sqrt{3}$;
- Thermal power = 400VA - Nominal power = 200VA;
- Type = inductive;
- Polarity = Subtractive.

12.17. CURRENT TRANSFORMER



- Composed of 06 complete units for each Substation;
- Maximum voltage = 69 kV;
- Rated voltage = 72.5 kV;
- Frequency = 60 Hz;
- Thermal factor = 1.2;
- Rated withstand voltage at industrial frequency = 140 kV;
- Atmospheric pulse voltage = 325 kV;
- Rated withstand voltage at secondary industrial frequency = 2.5 kV;
- Thermal current duration of 1.0 second = 31,5 kA;
- Short-term dynamic current = 100 kA;
- Maximum radio frequency voltage at 110% of the maximum normal operating phase to ground voltage (300 Ω) = 500 microV;
- Maximum internal corona at 110% of maximum normal operating phase-to-ground voltage = 10pC;
- Over temperature rise above ambient in winding and insulating oil = 55°C;
- Insulation = mineral oil type A (105°C) - Naphthenic;
- Polarity = subtractive;
- Transformation Ratio: 150-300/5 -5 A;
- Accuracy class: 10B400 / 10B400 - Protection / Protection (3 pcs.)
10B400 / 0.3C50– Protection / Measurement (3 pcs.)

12.18. HIGH VOLTAGE LIGHTNING ARRESTERS

- Composed of 06 complete units for each Substation;
- System voltage = 72.5 kV;
- Rated voltage = 69 kV;
- Frequency = 60 Hz;
- System current duration 1.0 second = 40 kA;
- Rated discharge current = 10 kA;
- Constructive characteristic = glazed metal oxide varistor with fiberglass casing;
- Accessories: discharge counter, corona ring, internal pressure relief device; insulating base, mounting bracket and nameplate.

12.19. GROUNDING RESISTOR

- Composed of 01 complete units for each Substation;



Código/Code		Rev.
CS-MG.00.SR_B.AM0-001		0
Data/Date	Folha/Page	
21/08/2019	61 de/of 61	

- Service: continuous;
- Installation: external with IP-54;
- Rated voltage = 22 kV - Phase to ground voltage = 12.7 kV;
- Nominal frequency = 60 Hz;
- Starting current = 600 A - 10.0 seconds;
- Resistance at 25°C = 21.17 Ω ;
- Maximum allowable temperature for discharge time = 760°C;
- Basic insulation level = 125 kV;
- Resistor material = AISI304 stainless steel